Coloquio de Investigación Multidisciplinaria

VOLÚMEN 7 Núm. 1 OCTUBRE 2019
Revista Periódica

latindex

JOURNAL CIM - REVISTA DIGITAL

ISSN: 2007 - 8102

DIFUSIÓN VÍA RED DE CÓMPUTO
https://www.cim-tecnm.com/articulos

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM
Science, Technology and Educational Research

VOLUMEN 7, NÚMERO 1, OCTUBRE 2019 **ISSN: 2007-8102**

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Fernando Ortiz Flores
Responsable General

Dr. Mario L. Arrioja Rodríguez
M.C. María Elena García Reyes
Responsables de Logística

Dr. Modesto Raygoza Bello
Ingeniería Administrativa

Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez
Ingeniería Industrial

Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle
Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Dr. Oscar Osvaldo Sandoval González
Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández
Ingeniería en Sistemas Computacionales

Dra. Leticia López Zamora
Ingeniería Química

Dra. Elda Rosario Ruiz
Investigación Educativa

COORDINACIÓN EDITORIAL

M.C. Gabriela Cabrera Zepeda
Dr. Ignacio López Martínez

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM
Science, Technology and Educational Research

VOLUMEN 7, NÚMERO 1, OCTUBRE 2019 **ISSN: 2007-8102**

© D.R. Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Av. Oriente 9 No. 852
C.P. 94320
Orizaba, Veracruz México
http://www.cim-tecnm.com/journal-cim-open-access
http://www.itorizaba.edu.mx

Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, Vol. 7, Núm. 1, octubre 2019, es una publicación anual, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba, Arcos de Belén Núm. 79, Piso 3, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, Ciudad de México, Tel. 5536011000 Ext. 65064, d_vinculacion05@tecnm.mx. Editores Responsables M.C. Gabriela Cabrera Zepeda y Dr. Ignacio López Martínez. Reserva de derecho al Uso Exclusivo NO. 04 - 2013 - 093010380600 – 203, ISSN 2007-8102, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsables de la última actualización de este número M.C. Gabriela Cabrera Zepeda y Dr. Ignacio López Martínez, en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba, Oriente 9, No. 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba Veracruz, México, C.P. 94320, Tel. 012727257056. Fecha de última modificación, 08 de noviembre del 2019.

Su objetivo principal es difundir resultados de proyectos de investigación de personal adscrito a diversas instituciones nacionales y extranjeras.

Para su publicación los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución.

Revista Indexada en LATINDEX

MENSAJE EDITORIAL

La Revista Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, CIM 2019, tiene como finalidad difundir y divulgar hallazgos científicos y tecnológicos que documentan los conocimientos en áreas multidisciplinarias de investigadores procedentes de diversas instituciones tales como Universidades Públicas y Privadas así como Centros Investigación nacionales e internacionales.

En esta Edición del CIM 2019 se presentan 313 artículos que corresponden a diferentes temáticas distribuidas en:

Ingeniería Administrativa
Ingeniería Industrial
Ingeniería Electrónica
Ingeniería en Sistemas Computacionales
Investigación Educativa
Ingeniería Mecatrónica
Ingeniería Química

El Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, 2019, oferto el formato virtual y presencial para la exposición de las ponencias, en dicho evento, participaron ponentes nacionales e internacionales quienes disertaron con mayor detalle los resultados de sus investigaciones permitiendo establecer lazos de colaboración entre las instituciones participantes.

Los artículos plasmados en la revista CIM 2019, fueron revisados y seleccionados por un comité de arbitraje de reconocido prestigio, el cual permitió favorecer a los mejores artículos del conocimiento frontera en diversas disciplinas que impactan en la ciencia y tecnología, que contribuyen al desarrollo tecnológico e innovación en sectores productivos y de servicios.

Esperamos que la contribución al conocimiento a través de la Revista Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, CIM 2019, incorporada al registro LATINDEX, permita difundir el conocimiento científico-tecnológico, obtenido a partir de resultados originales, producto de investigaciones científicas y aplicadas, que representen una contribución para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, favoreciendo la productividad científica del país.

Agradecemos a todos los participantes en el CIM 2019, por sus valiosas aportaciones y comentarios, los cuales nos servirán para mejorar la calidad de nuestro evento.

ATENTAMENTE
COMITÉ ORGANIZADOR

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

Dr. Joel Everardo Valtierra Olivares	Universidad de Guanajuato.
Dr. Daniel Martínez Navarrete	Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz
Dra. Paula Rosalinda Antonio Vidaña	Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz
Dra. Patricia Lyssett Bellato Gil	*Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz*
MIA. Claudia Vazquez Rojas	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Dra. Laura Romo Rojas	Universidad Autónoma de Aguascalientes
M.C. Guillermina Pérez González	Tecnológico Nacional de México /I.T.S. Chimalhuacán
Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya	Tecnológico Nacional de México /I.T. Zitácuaro
MME. Carlos Medina Tello	Tecnológico Nacional de México /I.T. Zitácuaro.
Dra. Misleida Nava Chirinos	Universidad de la Guajira/Colombia
Dr. Guillermo Mejía Méndez	Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla
Dr. Modesto Raygoza Bello	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Mauricio Romero Montoya	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MIA Alicia Agueda Conde Islas	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Guillermo Cortés Robles	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.A.E. Fernando Aguirre y Hernández	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.C. Marcos Salazar Medina	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Eduardo Roldán Reyes	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dra. Edna A. Romero Flores	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.C. Ma. Cristina Sánchez Romero	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MIA Nuria Ortega Petterson	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MA Antonio Ramirez Zepeda	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.A.E. Maricela Gallardo Córdova	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MIA Victor Ricardo Castillo Intriago	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Dra. Citlalli J. Trujillo Romero	Instituto Nacional de Rehabilitación. División de Investigación en Ingeniería Médica
Dra. Argelia Rivera Vargas	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Departamento de Ingeniería Bioquímica
Dra. Nayda Patricia Arias Duque	Universidad de Boyacá, Sede Sogamoso. Departamento de Química y Bioquímica
Dr. Carlos Omar González Morán	Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Gustavo Adolfo Alonso Silverio	Universidad Autónoma de Guerrero
Dr. Mario Ibrahim Gutiérrez Velazco	CONACYT- Instituto Nacional de Rehabilitación
Dr. José Pastor Rodríguez Jarquín	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Juan Manuel Jacinto Villegas	CONACYT -Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Jorge Andres Ramírez Rincón	Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias de Ingeniería
M.C. Fabian Cuadros Segura	Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias de Ingeniería
M.C. Gemima Lara Hernández	Instituto Politécnico Nacional
MIE Oliver Alegría Vázquez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.I.E. Pablo Fernando Grajales Carrillo	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.I.E. J. Carlos Rodríguez Machorro	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Ing. Ingrid Lizette Sánchez Carmona	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Dr. Jesús Martin Cadena Badilla	Universidad de Sonora
Dr. Joel Everardo Valtierra Olivares	Universidad de Guanajuato
Dr. Rubén Posada-Gómez	Tecnológico Nacional de México /CRODE Orizaba
Dra. Elizabeth Eugenia Díaz Castellanos	I.T. Estudios Superiores de Monterrey, CCV
Dra. Karla Díaz Castellanos	Universidad Veracruzana, F.C.Q.
M.C. David Balderas Puga	Tecnológico Nacional de México/I.T. Querétaro
M.C. Luis Enrique García Santamaria	Tecnológico Nacional de México /I.T. Superior de Misantla
M.I.I. Antonio Calderón Jiménez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Superior de Ciudad Serdán
M.I.I. Bruno A. Villalobos Martínez	Tecnológico Nacional de México/I.T. Tuxtla Gutiérrez
M.I.I. César Argüelles López	Tecnológico Nacional de México/I.T.S. Martínez de la Torre
M.I.I. David Jazmín Marín	Tecnológico Nacional de México / I.T. Superior Cd. Serdán
M.I.I. Fernando Ortiz López	Consultor Independiente
M.I.I. Héctor Jesús Juan Santiago	Tecnológico Nacional de México/I.T.S. Poza Rica
M.I.I. José Carlos Hernández González	CIATEQ A.C. | Tabasco
M.I.I. Ma. Antonieta Rosas Trinidad	Universidad Tecnológica de Tehuacán
M.I.I. Missael Alberto Román del Valle	CIATEQ A.C. | Tabasco
M.I.I. Rosa Isela Castro Salas	Facultad de Ciencias Químicas/ Universidad Veracruzana
M.I.I. Sinuhé Ginés Palestino	Tecnológico Nacional de México / I.T. Superior Cd. Serdán
Dr. Luis Carlos Flores Ávila	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Carlos Diaz Ramos	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas
Dr. Carlos Eleazar Pérez Pucheta	I.T. Estudios Superiores de Monterrey, CCV / Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Fernando Ortiz Flores	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Guillermo Cortés Robles	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Gustavo Alvarado Kinnell	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Hilarión Muñoz Contreras	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Mario Leoncio Arrioja Rodríguez	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dr. Mauricio Romero Montoya	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
Dra. Ma. Eloisa Gurruchaga Rodríguez	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
M. C. Constantino Gerardo Moras Sánchez	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
M.C. Jorge Luis Hernández Mortera	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba
M.C. Magno Ángel González Huerta	Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

Dr. Otniel Portillo Rodríguez	Universidad Autónoma Del Estado De México
Dr. Juan Manuel Jacinto Villegas	Cátedras CONACYT
Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle	Cátedras CONACYT
Dr. Paolo Tripicchio	Scuola Superiore Sant'Anna
Dr. Carlos Hernández Santos	Tecnológico Nacional de México /I.T. Nuevo León
Dr. José Luis Bernal Ponce	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Ignacio Herrera Aguilar	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. José Pastor Rodríguez Jarquín	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Gerardo Águila Rodríguez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Albino Martínez Sibaja	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.C. Blanca Estela González Sánchez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

SISTEMAS COMPUTACIONALES

Dr. Manuel Mejía Lavalle	Tecnológico Nacional de México /Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
Dra. Vianey Guadalupe Cruz Sánchez	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Dra. Alejandra García Hernández	Universidad Autónoma de Zacatecas
Dr. Raymundo Buenrostro Mariscal	Universidad de Colima
Dr. Vicente García Jiménez	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Dr. René López Flores	Universidad Autónoma de Yucatán
Dr. Osslan Osiris Vergara Villegas	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Dr. Valentín Trujillo Mora	Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Asdrúbal López Chau	Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. María Karen Cortés Verdín	Universidad Veracruzana
Dr. Raúl Cruz Barbosa	Universidad Tecnológica de la Mixteca
Dr. Fevrier Adolfo Valdez Acosta	Tecnológico Nacional de México /I.T. Tijuana
Dr. Benjamin Moreno Montiel	Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
Dr. Giner Alor Hernández	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Ulises Juárez Martínez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.C. María Antonieta Abud Figueroa	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.C. S. Gustavo Peláez Camarena	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Hilarión *Muñóz Contreras*	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.C.E. Beatriz Alejandra Olivares Zepahua	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.R.T. Ignacio López Martínez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.C. Celia Romero Torres	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dra. Lisbeth Rodríguez Mazahua	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. José Luis Sánchez Cervantes	CONACYT-Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.S.C. Luis Angel Reyes Hernández	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dra. Viviana Yarel Rosales Morales	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
M.S.C Isaac Machorro Cano	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE
INGENIERÍA QUIMICA

Dr. Juan Enrique Ruíz Espinoza	Universidad Autónoma de Yucatán
Dr. Leo Alvarado Perea	Universidad Autónoma de Zacatecas
Dr. Emmanuel Flores Huicochea	CEPROBI. Instituto Politécnico Nacional
Dr. Erasmo Herman Y Lara	Tecnológico Nacional de México /I.T. Tuxtepec
Dra. Ana Laura Martínez Hernández	Tecnológico Nacional de México /I.T. Querétaro
Dr. Carlos Velasco Santo	Tecnológico Nacional de México /I.T. Querétaro
Dr. José Amir González Calderón	Tecnológico Nacional de México /I.T. Celaya
Dr. José Manuel Tejero	Tecnológico Nacional de México /I.T. Veracruz
Dr. Carlos Alberto Gómez Aldapa	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Dra. Miriam Noemí Moreno Montiel	Dpto. de Ingeniería Química Petrolera E S I Q I E - I P N
Dra. Sandra Trinidad del Moral	Tecnológico Nacional de México /I.T. Veracruz
Dr. Javier Gómez Rodríguez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Veracruz
Dr. Alejandro Alvarado Lassman	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dra. Mara Angélica Bello Ramírez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Eusebio Bolaños Reynoso	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Denis Cantú Lozano	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dra. Rosalía Cerecero Enríquez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MC María Elena García Reyes	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dra. Leticia López Zamora	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dra. Guadalupe Luna Solano	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MIA Adrián Reyes Benítez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Galo Rafael Urrea	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MIQ Norma Alejandra Vallejo Cantú	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dr. Dr. Erik Samuel Rosas Mendoza	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Dr. Rosendo Heriberto Martínez Bautista	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Dra. María Guadalupe Balderrabano Saucedo	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MIA. Melissa Renne Muñoz Sánchez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MC. Patricia Quitl González	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MC. Concepción Nava Arteaga	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Mc. Ivette Esperanza Corzas García	Universidad Justo Sierra
M.C.E.C Elvia Osorio Barradas	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
DR. Simón Eduardo Carranco Lozada	Instituto Politécnico Nacional
DR. Marcos Antonio Sánchez Medina	Tecnológico Nacional de México /I.T. Oaxaca
DR. Rodrigo Urcid Puga	Instituto Tecnológico de Monterrey
DR. José Andrés Castillo Hernández	Investigador Independiente
MC. Ignacio Lope Martínez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
DR. Javier Contreras Ruíz	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
MC. Rosa María Vega Valera	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
DR. José Luis Méndez Navarro	Tecnológico Nacional de México /I.T. Tuxtla Gutiérrez
MC. Carlos Pérez Pucheta	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
DR. Tomas Fernández Gómez	Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba

ÍNDICE GENERAL

Ingeniería Administrativa	**1**
Ingeniería Electrónica	**370**
Ingeniería Industrial	**599**
Ingeniería Mecatrónica	**1051**
Ingeniería Química	**1207**
Sistemas Computacionales	**1821**
Investigación Educativa	**2031**

 ISSN 2007-8102

INGENIERIA ADMINISTRATIVA

IA01 **Estrés laboral y sus manifestaciones psicológicas, a nivel motor, de conducta y laborales.** **6**
Porfirio Tamayo Contreras

IA02 ***Intención de abandono en la industria automotriz del estado de Guanajuato, México.*** **14**
Porfirio Tamayo Contreras

IA03 **Evaluación del clima organizacional en una Institución de Media Superior** **22**
José Vianey Ríos Romero, Arturo González Torres, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Fátima Yaraset Mendoza Montero

IA04 **The use of Quality Tools to solve problems in manufacturing companies in Cd.Juarez-Mexico: A meta-analysis study** **30**
Aldo Salcido-Delgado, Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga, Noé Gaudencio Alba Baena, Jesús Andrés Hernández Gómez, Armando Longoria de la Torre

IA05 **Análisis de la problemática de las mipymes en el municipio de Zacapoaxtla** **36**
Guillermo Mejía Méndez, Oscar Javier Zapata Nava and David Gómez Bonilla

IA06 **Estrategias para la reutilización de aguas grises residenciales para proponer una empresa.** **46**
María De Jesús Oregan Silva, Maricarmen Martínez Campos, Ramón Matías López, Miriam Silvia López Vigil, Javier Martín García Mejía

IA07 **Eficiencia de un evaporador de agua salada, mediante energías limpias. Avance de investigación** **54**
José Manuel Torres Arreola, Raúl Alberto Santos Valencia, Oscar Ceh Soberanis

IA08 **Diagnóstico de Responsabilidad Social Empresarial en la microempresa Instawatch** **61**
Sheila Guadalupe Cruz Castro, Limberth Agael Péraza Pérez, Perla Gabriela Baqueiro López, Myrna Delfina López Noriega, Lorena Zalthen Hernández

IA09 **Las Barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor** **69**
Porfirio Tamayo and María Marcela Orozco

IA10 ***Profesionalización de una PYME a través del Diseño Organizacional, caso de estudio*** **77**
Evelin Anahí Torres Torres, Eugenio Guzmán Soria, María Teresa De La Garza Carranza, José Porfirio González Farías and Samuel Rebollar Rebollar

IA11 ***Modelo teórico general sobre los factores que inciden en el sentido de pertenencia*** **84**
Marisol Tejeda Darán, María Evelinda Santiago Jiménez, Lorena Elizabeth Balandra Aguilar and José Bernardo Parra Victorino

IA12 ***Interrelación de la innovación con la responsabilidad social empresarial*** **92**
Myrna Delfina López Noriega, María Guadalupe Aguirre Alemán, Ma. Teresa De La Luz Sainz Barajas, Hugo García Álvarez and Julissa Montalvo González

IA13 ***Compromiso organizacional como estrategia potencializadora en la atención al cliente en las pymes en la ciudad de Barranquila-Colombia.*** **104**
Luis Alfredo Jiménez Rodríguez, Ramiro Gamboa Suarez and Carlos Vera Pirella

IA14 ***Análisis de la disminución de la producción del cacahuate en la región de los Tuxtla*** **101**
Itzel Margarita Sánchez Oliveros, Brenda Cecilia Fiscal Leo, Lizbeth Muñoz Gómez and Rosa María Berea Gutiérrez

IA15 ***Participación actual y futura en supermercados en relación al género de los consumidores*** **116**
Margarita Dávila Hernández, Anabel Martínez Guzmán, Samuel Garrido Roldán, Olga A. Sierra López and Blanca Estela Hernández Bonilla

IA16 ***Análisis de los indicadores del clima laboral que promueven la rotación de personal: Caso empresa restaurantera de Chimalhuacán Estado de México*** **123**
Jonathan González García, Ángel Eduardo Márquez Ortega, Guillermina Pérez González y Luis Enrique Galindo Cano

IA17 ***Análisis para el desarrollo del modelo Canvas en una comunidad artesanal*** **130**
Lucia Trinidad Pérez Cervera, Karen Alejandra López Ruiz, Heber Hernández García and Juan Luis Robert Arias

IA18 ***Diseño de las competencias gerenciales en las microempresas comercializadoras de artículos para decoración*** **138**
Javier Martín García Mejía, Juan Carlos Vásquez Jiménez, Ramón Matías López, Luis Carlos Ortuño Barba and Raúl Alberto Diego Maldonado

IA19 ***Comportamiento ambiental de las empresas en la región centro occidente de México*** **146**
Roberto González Acolt, Manuel Díaz Flores, Bogar García Martínez, Jesús Castillo Rodríguez and Miguel Ángel Roque Regalado

IA20 ***Análisis de factibilidad de una silla móvil para el cuidado del adulto mayor: estudio de mercado en Celaya, México.*** **152**
Carol Saldarriaga Cortés, Alicia Casique Guerrero, Alicia Alma Alejos Gallardo and José Porfirio González Farías.

IA21 ***Relación entre el desarrollo profesional e intención de permanencia en una industria de Guanajuato*** **160**
Lucero Palacios Morgado, José Porfirio González Farías, Eugenio Guzmán Soria and María Teresa de la Garza Carranza

IA22 ***Estrategias empresariales alineadas a la transformación digital de las empresas del municipio de Tecomán, Colima.*** **168**
Arquimedes Arcega Ponce, Oscar Mares Bañuelos, Enrique Macias Calleros, Nancy Tass Salinas y Daniel Parcero Martínez

IA23 ***Actualización de la normativa ISO 17025 para laboratorios de ensayo y calibración*** **176**
María Luisa López-Roa, Rigoberto Reyes Valenzuela, Iván Guadalupe Polanco Valenzuela, Cinthia Vianey García Madero y Alejandra Paola Bórquez López

IA24 ***La innovación como práctica para el desarrollo de la autoestima y habilidades emprendedoras del estudiante*** **183**
Luisa Angélica Viñas Meza y Patricia Ochoa Trujillo

IA25 ***Reducción de scrap y optimización de recursos en la fabricación de componentes para fluidos automotrices*** **191**
Elizabeth Covarrubias Ramírez, Dolores Florina Reynoso Hernández, Martha Gallegos López, Juan Manuel Capetillo Gómez y César Octavio Zambrano de la Torre

IA26 ***Importancia del Coordinador de Operaciones de Recursos Humanos en la selección del personal*** **199**
Daniel Maytorena García, María Luisa López-Roa, Rigoberto Reyes Valenzuela, María Dolores Astorga Ahumada and Gerardo Aguilera Espinoza

IA27 ***Analytic Hierarchy Process (AHP) para toma de decisiones multicriterio en la construcción de producto de medición en cafetales.*** **206**
Blanca Suazo, Edna Araceli Romero, Guillermo Cortes, Manuel Panzi y David Hernández

IA28 ***Análisis de detección de necesidades de capacitación en una empresa constructora*** **214**
Mary Carrillo, Edna Romero, Nuria Ortega, Gabriela Cabrera y Manuel Panzi

IA29 ***Administración armónica; factor a considerar para fomentar la gestión del conocimiento*** **221**
Mata Silvia, González Roberto y Cruz Guadalupe

IA30 ***Gestión de Relación con el Cliente (CRM) Estrategia Competitiva para el Incremento de Ventas*** **229**
Alejandro Lozano Luna, Edna Araceli Romero Flores, Luis Fernando García Zárate, Fernando Aguirre Y Hernández y Nuria Ortega Petterson

IA31 ***Industria de la confección de prendas de vestir de Tekit y su camino hacia la competitividad.*** **236**
Fanny Yolanda Parra Arguello, Rangel Antonio Navarrete Canté, Álvaro José Leal Osorio, Felipe De Jesús Cool Chi y Tatiana Navarrete Castillo

IA32 ***Aprovechamiento de Productos de Valor Agregado a partir de Stenocereus Griseus (Pitaya de Mayo) en la Mixteca Poblana*** **244**
Ramón Matías López, María De Jesús Oregan Silva, Miriam Silvia López Vigil, Héctor Santos Alvarado and Erika Cruz Paz

IA33 ***Programa de factor motivacional para reducir la rotación del personal en la empresa: "Servicios financieros diversificados"*** **252**
María Dolores Coria Lorenzo, Guillermina Pérez González y Ángel Eduardo Márquez Ortega

IA34 ***Modelo emprendedor en contexto de delincuencia en la industria del vestido y la confección Tehuacán*** **260**
Isabel Muñiz Montero, Carlos Muñiz Montero, Atenea Alejandra Amezcua González y Emilce Ocampo Pérez

IA35 ***Análisis de conglomerados para establecer afinidad de competencias laborales y las de la UIPC.*** **267**
Gabriel Sánchez Martínez, Lucila Guadalupe Tobón Galicia y María Del Socorro Flores Serrano

IA36 ***Clima organizacional e incidencia en desempeño laboral para Instituto de Educación Superior, Municipio de Tepetlixpa*** **272**
José Luis Marín Villanueva, Guillermina Pérez González, María Dolores Coria Lorenzo y Ángel Eduardo Márquez Ortega

IA37 ***Movittla una herramienta de innovación tecnológica para la asistencia de geolocalización dentro del ITTLA*** **283**
José Antonio Navarrete Prieto, Hilda Díaz Rincón, Iliana Gabriela Laguna López de Nava, Carlos González Estrada y Reynaldo Olivares Gurrola

IA38 ***La falta cultura financiera en estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico de Querétaro.*** **291**
Mónica Isabel López Aguilera, Margarita Espinosa Arreola, Ma. Elena Montes Almanza, María Luisa Montes Almanza y Ma. Del Consuelo Frías Maldonado

IA39 ***Techo de cristal en la secretaria de salud del departamento de La Guajira en Colombia*** **299**
Edison Perozo, Judeira Batista, Sulmira Medina y Mercedes Rojas

IA40 ***Implementación de CANVAS y tablero de control para una empresa de productos congelados*** **306**
Paul Itai Gómez, Guillermo Cortés Robles, Edna Araceli Romero Flores, Eduardo Roldán Reyes y Gabriela Cabrera Zepeda

IA41 ***Generación de estrategias de marketing digital a partir de la aplicación de minería de opiniones en una empresa de servicios.*** **314**
Diana Josheline Lozada Darío, Eduardo Roldán Reyes, Maricela Gallardo Córdova, Guillermo Cortés Robles y Nuria Ortega Petterson

IA42 ***Diseño de un plan de control interno para una empresa de confección en Teziutlán, Puebla***. **322**
Laura Carreón Romero, María Eugenía Carreón Romero y Roberto Carlos Carreón Romero

IA43 ***Percepción de la calidad en el servicio automovilístico*** **330**
Rosa Del Carmen Sánchez Trinidad, Rodolfo Soto Pérez, Rocío Del Carmen Castillo Méndez, Raymundo Márquez Amaro y Dulce María Jiménez Rosique

IA44 ***Incremento de la Recaudación Fiscal Federal a Través del Apalancamiento Operativo de las TIC´s*** **337**
Humberto Espinosa Vega, Christian Julián Jiménez Ruiz, Juan Carlos Cisneros Rasgado, Kevin García Ramírez y Álvaro Santiago Pineda

IA45 ***Metodología de Apoyo Universitario para reactivar MYPES en la región de Pátzcuaro Michoacán***. **345**
Martín Tapia Salazar, Maricela Villanueva Pimentel y Laura Adame Rodríguez

IA46 ***Análisis de los procesos de servicio en consultorios dentales de Córdoba Ver.*** **354**
Aldo Carlos Pedraza Boza, Modesto Raygoza Bello, Gabriela Cabrera Zepeda, Edna Romero Flores and Maricela Gallardo Córdova

IA47 ***Análisis de las empresas socialmente responsables bajo la norma ISO26000:2010*** **362**
Danae Juárez López, María Teresa De la Garza Carranza y José Porfirio González Farías

 ISSN 2007-8102

Estrés laboral y sus manifestaciones psicológicas, a nivel motor, de conducta y laborales

P. Tamayo Contreras 1
Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de la División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guanajuato. Fraccionamiento el Establo, Guanajuato, Gto. C.P. 36250, aeinegocios1@gmail.com
Área de participación: *Ingeniería administrativa*

Resumen

Las investigaciones realizadas hasta el momento han centrado su atención en las relaciones directas entre estrés laboral y la rotación de personal, así como sus diversas consecuencias organizacionales. Sin embargo, pocos estudios analizan sus manifestaciones psicológicas, a nivel motor, conductual y laboral. El objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre el nivel de estrés de los directivos de la industria de calzado de exportación de la ciudad de León, Guanajuato, México y sus consecuencias psicológicas, a nivel motor, conductual y laboral. Mediante el diseño de un instrumento de medición realizado para el propósito de esta investigación con un alfa de Cronbach de 0.97. Se consideró una muestra de 200 ejecutivos de la industria antes indicada con un margen de error de 0.0189. Los resultados fueron muy significativos, especialmente, entre el nivel de estrés laboral y la variable psicológica de frecuentes olvidos con una correlación de 0.926.

***Palabras clave*:** *Estrés laboral, manifestaciones motoras y conductuales, psicológicas, laborales*.

Abstract

The research carried out so far has focused its attention on the direct relationships between work stress and turn turnover, as well as its various organizational consequences. However, few studies analyze their psychological manifestations, at the motor, behavioral and labor levels. The objective of this investigation was to determine the relationship between the level of stress of the executives of the export footwear industry of the city of León, Guanajuato, Mexico and its psychological consequences, at the motor, behavioral and labor levels. By designing a measurement instrument made for the purpose of this research with a Cronbach's alpha of 0.97. A sample of 200 executives from the industry indicated above was considered with a margin of error of 0.0189. The results were very significant, especially between the level of work stress and the psychological variable of frequent forgetfulness with a correlation of 0.926.

***Key words**: Work stress, motor and behavioral manifestations, psychological, work.*

Introducción

Se reconoce que el estrés laboral es uno de los principales problemas para la salud de los directivos y el buen funcionamiento para las organizaciones donde laboran. El estrés es un fenómeno cada vez más frecuente considerado como un elemento empobrecedor de la salud y la eficiencia, tanto individual como social, y actúa en gran medida en el lugar de trabajo, convirtiéndose en un aspecto principal de la seguridad y la salud laboral [Jeong, Lee & Park, 2018]. La magnitud de las consecuencias relacionados con el estrés va en aumento debido a que el carácter del trabajo ha cambiado radicalmente en las últimas décadas. Tareas de todo tipo, que tradicionalmente requerían fuerza muscular, precisan ahora, muchas veces, un esfuerzo mental motivado en gran medida por la informatización del proceso de producción. Por otro lado, el ritmo de trabajo ha ido incrementándose constantemente, y con un número menor de recursos se deben alcanzar los mismos resultados e incluso mayores [Braig, Berger, Rothenbacher, Schmid, Seufferlein, Brenner, Gündel, 2018; De Sio, Trovato Battagliola, Buomprisco, Perri, & Greco, 2018].

 ISSN 2007-8102

Al aumentar el estrés, pueden mejorar los niveles de salud y rendimiento, siempre que no se dé con excesiva frecuencia e intensidad y supere la capacidad de adaptación. Además, el aburrimiento y la falta de estímulo, producto de un grado insuficiente de estrés, también pueden perjudicar la salud. De aquí que se haga la distinción entre: *Eustress* o estrés "bueno" necesario en vida diaria y ejerce una función de protección del organismo que permite progresar en todos los sentidos. Y *Distress* o estrés negativo que se manifiesta en una demanda muy intensa o prolongada de actividad. Puede afectarnos física y psicológicamente por el exceso de energía que se produce y no se consume. En general se utilizará el termino estrés para referirse al estrés negativo o *distress* [Aguirre, Gallo, Ibarra & García, 2018; Debrot, Siegler, Klumb & Schoebi, 2018]. Sobre el concepto de estrés existen diferentes enfoques, desde una perspectiva integradora el estrés se define como la respuesta fisiológica, psicológica y de comportamiento de un individuo que intenta adaptarse y ajustarse a presiones internas y externas. El estrés laboral surge cuando se da un desajuste entre la persona, el puesto de trabajo y la propia organización. La persona percibe que no dispone de recursos suficientes para afrontar la problemática laboral y aparece la experiencia del estrés [Izzaamirah, Shahrul, Julizaazwani, Norfazira, Nur, Nur Atikah & Nurul Faziemah, 2018].

La adaptación de las personas depende del mantenimiento de un equilibrio dinámico muy complejo, llamado horneoslasis. El organismo reacciona ante las situaciones estresantes poniendo en marcha un conjunto de respuestas adaptativas. cuyo fin es restablecer la homeostasis. Para ello, utiliza un extraordinario repertorio de reacciones fisiológicas (aumento de la frecuencia cardiaca y la presión sanguínea. aumento de la respiración, tensión muscular, aumento de la transpiración. secreción de glúcidos y lípidos al torrente sanguíneo, digestión más lenta, etc.), mentales (percepción y evaluación de la situación y toma de decisiones) y de conducta (enfrentamiento, huida o pasividad). La respuesta de estrés constituye una alerta física y mental, preparando a todo el organismo para una acción potencialmente necesaria. La exposición prolongada a situaciones estresantes y la desadaptación que éstas producen en el organismo van a tener como consecuencia más importante la aparición de determinadas enfermedades [Khavanin, Malakouti, Gharibi, Khanjani, Mokarami & Ebrahimi, 2018].

Los estresores en su gran mayoría son ambientales en el sentido de que son parte del medio ambiente. Algunos aspectos del ambiente son físicos, algunos, sociológicos y otros, psicológicos. Desde esta perspectiva los factores de estrés presentes en situación de trabajo se clasificar en tres grandes grupos: estresores del ambiente físico (iluminación, ruido, temperatura y ambientes contaminados); estresores relativos al contenido de la tarea (carga mental y control sobre la tarea); y estresores relativos a la organización (conflicto y ambigüedad del *ro*l, jornada de trabajo, relaciones interpersonales, así como la promoción y desarrollo de la carrera profesional, entre otras) [Kuruku, & Alao, 2018; Pal & Dhara, 2018]. En la génesis del estrés también interactúan las características del individuo con sus circunstancias ambientales. Es por ello necesario conocer las características relevantes del individuo para poder predecir las posibles consecuencias de determinados estresores del ambiente laboral. Algunas de las características individuales más importantes implicadas en el proceso de estrés serían: los patrones de conducta específicos, el *locus* de control, neuroticismo, ansiedad, introversión y extroversión [Blazejewski & Walker, 2018].

Las posibles manifestaciones del estrés pueden darse en las reacciones psicológicas como la preocupación excesiva; incapacidad para tomar decisiones que puede tener en el ámbito de las organizaciones un costo significativo en forma de disminución de la eficiencia y de la efectividad; sensación de confusión; incapacidad para concentrarse, entre otras más. En el mismo sentido se reflejan a nivel motor y conductual del directivo como hablar rápido, temblores, tartamudeo, etc., así como en el campo laboral mediante la disminución de la producción (calidad, cantidad o ambas), falta de cooperación entre compañeros, empeoramiento de las relaciones humanas, etc., [Hermosa & Perilla, 2015; Oblitas, Turbay, Soto, Borrero, Cortes, Puello & Ucrós, 2017; Soria, Monsalve, Llopis & Fernández, 2018]. El estrés laboral ha sido poco abordado para conocer su asociación con los factores psicológicos, de motor y conductuales, y laborales. En cambio, abunda la literatura con el tema de la intención de abandono considerada como un precursor de la rotación de personal, estimada como un importante problema laboral con consecuencias más negativas que positivas tanto para los trabajadores como para las organizaciones De manera análoga, han surgido estudios que se centran concretamente en el estrés laboral con la satisfacción como una variable con mayor

influencia directa en la rotación de [Lee, 2019; Trusty, Allen & Fabian, 2019]. Por tanto, el objetivo de este trabajo consiste determinar la relación entre el nivel del estrés laboral y sus manifestaciones psicológicas, de motor y conductuales, así como en la variable laboral en los trabajadores que desempeñan cargos directivos de la industria del calzado de la ciudad de León, Guanajuato, México.

Metodología

Participantes

Colaboraron 200 directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector calzado del estado de Guanajuato, México dedicadas a la exportación. La muestra fue seleccionada de manera aleatoria simple de una población de 216 compañías, utilizando como base el registro de la Cámara de la Industria del Calzado del Estado de Guanajuato. Para determinar el tamaño y la composición, se aplicó el método probabilístico. El margen de error fue de 0.0189 con un nivel de confianza del 95% bajo la fórmula de error simplificada. La muestra estuvo conformada por 102 hombres y 98 mujeres con una edad media de 45 años y en su mayoría (92%) casados.

Instrumento

El diseño del instrumento de medición tuvo como apoyo la guía metodológica del proceso recursivo de desarrollo, análisis y comprobación de medida [Ortiz Vancini & Guevara Sanginés, 2001]. se generaron 35 reactivos (e.g., «¿Ha manifestado incapacidad para tomar decisiones como consecuencia del estrés laboral?»). Los reactivos se dividieron en tres áreas las psicológicas, a nivel motor y de conducta, así como laborales. Los *ítems* se construyeron tomando en cuenta la revisión bibliográfica y cuidando el cumplimiento del código deontológico; después fueron sometidos a un análisis de jueces expertos en el tema y a una prueba de comprensión de la población objeto, y se realizaron los ajustes correspondientes. Se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.97, la escala utilizada fue la de Likert, de 1 a 5 con los criterios de: «en ninguna ocasión» con valores de 1, «en pocas ocasiones» 2, «en algunas ocasiones» 3, «en varias ocasiones» 4 y «de manera continua »5. Por último, una pregunta para conocer el nivel de estrés «¿En qué nivel considera que se encuentra su estrés?» con la escala Likert de «bajo» con valores de 1, «medio» 2, y «alto» 3.

Diseño y procedimiento

Se utilizó un diseño de investigación transversal, se contactaron vía telefónica y por correo electrónico a los directores de las organizaciones a quienes se les informó sobre la investigación y sus implicaciones. Los ejecutivos que aceptaron participaron de manera voluntaria y respondieron de forma anónima a los cuestionarios de evaluación. El proceso de aplicación del cuestionario se realizó mediante correo electrónico garantizando la confidencialidad y el anonimato. Asimismo, aclarando en cualquier momento la estructura de la prueba y la forma de responder a cada reactivo. La devolución del instrumento de medición duró en promedio quince días.

Análisis de los datos

El tratamiento estadístico se realizó con el programa SPSS® 25.0 para Windows®. Se efectuó el análisis de alfa Cronbach, de medias, la prueba de discriminación t de *Student* para la igualdad de medias con el fin de conocer el discernimiento de los grupos bajo y alto y la correlación de Pearson.

Resultados y discusión

Las variables obtuvieron una consistencia interna significativa, el coeficiente alfa de Cronbach total para las tres manifestaciones fue de $\alpha = 0.993$ para las psicológicas; para las de nivel motor y de conducta con un $\alpha = 0.989$; y para las laborales de $\alpha = 0.972$ lo que significa que los resultados tienen un alto nivel de confiabilidad. Los coeficientes de consistencia interna si el *ítem* en cuestión se eliminara variaron de $\alpha = 0.992$ a $\alpha = 0.993$ en las consecuencias psicológicas. En cambio, para los

 ISSN 2007-8102

efectos a nivel motor y de conducta de un α =0. 988 a α =0. 989, y para las implicaciones laborales oscilaron de α =0. 960 a α =0. 972 (tabla 1).

Tabla 1.
Análisis descriptivo y de consistencia interna de los *ítems* referentes a las consecuencias del estrés (n = 200).

Manifestaciones psicológicas ***ítems*, α total =0.993, M total = 2.87 y DE total =1.104.**			
Ítems	**Alfa si se elimina el *ítem***	$\overline{X}$	**SD**
1.Preocupación excesiva	0.992	3.75	1.092
2. Incapacidad para tomar decisiones	0.993	2.32	0.884
3. Sensación de confusión	0.992	2.48	1.414
4. Incapacidad para concentrarse	0.992	3.46	1.287
5. Dificultad para mantener la atención	0.992	3.24	1.277
6. Sentimientos de falta de control	0.993	1.90	1.224
7. Sensación de desorientación	0.992	2.04	1.116
8. Frecuentes olvidos	0.992	3.04	1.314
9. Hipersensibilidad a las críticas	0.992	3.71	1.055
10. Mal humor	0.992	2.82	1.155
11. Mayor susceptibilidad a sufrir accidentes	0.992	2.20	1.098
12. Consumo de fármacos, alcohol. tabaco	0.992	3.28	1.378
13. Bloqueos mentales	0.992	3.60	1.236
14.. Trastornos del sueño	0.992	3.61	1.235
15. Ansiedad, miedos y fobias	0.992	3.26	1.085
16. Adicción a drogas y alcohol	0.992	2.44	1.214
17. Depresión y otros trastornos afectivos	0.992	2.41	0.973
18. Alteración de las conductas de alimentación	0.992	2.75	1.172
19. Trastornos de la personalidad	0.992	2.37	1.039
20. Trastornos esquizofrénicos	0.992	2.80	1.195
Manifestaciones a nivel motor y de conducta ***ítems*, α total =0.989, M total = 2.23 y DE total =1.138**			
Ítems	**Alfa si se elimina el *ítem***	$\overline{X}$	**SD**
1. Hablar rápido	0.988	2.46	1.190
2. Temblores	0.989	1.78	1.008
3. Tartamudeo	0.989	1.91	1.269
4. Imprecisión al hablar	0.989	1.92	0.958
5. Precipitación a la hora de actuar	0.988	2.44	1.214
6. Explosiones emocionales	0.988	2.07	1.238
7. Comer excesivamente	0.988	2.53	1.311
8. Falta de apetito	0.988	2.02	1.012
9. Risa nerviosa	0.988	2.69	1.317
10. Bostezos frecuentes	0.988	2.55	1.318
Manifestaciones laborales ***ítems*, α total =0.972, M total = 2.50 y DE total =1.217**			
Ítems	**Alfa si se elimina el *ítem***	$\overline{X}$	**SD**
1. Disminución de la producción (calidad, cantidad o ambas)	0.968	1.98	1.012
2. Falta de cooperación entre compañeros	0.960	2.17	1.261
3. Empeoramiento de las relaciones humanas	0.962	2.86	1.396
4.- Necesidad de una mayor supervisión del personal	0.976	3.34	1.398
5.- Aumento de quejas en los clientes	0.961	2.18	1.313

 ISSN 2007-8102

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de discriminación de los *ítems* arrojó resultados en la dirección esperada, las valoraciones promedio del grupo bajo fueron menores que las otorgadas por el grupo alto, en todos los casos la diferencia fue estadísticamente significativa. La percepción sobre las consecuencias del estrés mostró en los del grupo bajo y alto, que tiene un nivel desde en ninguna ocasión hasta de manera continua [*e.g.*, «en las manifestaciones psicológicas en el *ítem* 13.-. bloqueos mentales»] manifestó en el grupo bajo una $\overline{X}_b$= 1.80; SD = 0.700*,* y en el grupo alto $\overline{X}$a= 5.00; SD=0.000, véase tabla 2.

Tabla 2.
Análisis de discriminación y comparación del grupo bajo con el grupo alto ($n_{\text{Grupo bajo}}$ =50 y $n_{\text{Grupo alto}}$ =50, con 95% de intervalo de confianza y gl =80).

Prueba t para la igualdad de medias (n= 140)					
Manifestaciones psicológicas					
Ítems	$\overline{X}_b$	**SD**	$\overline{X}_a$	**SD**	***t de Student***
1.Preocupación excesiva	2.20	0.756	5.00	0.000	-26.192
2. Incapacidad para tomar decisiones	1.40	0.495	3.40	0.700	-16.499
3. Sensación de confusión	1.00	0.000	4.48	0.505	-48.759
4. Incapacidad para concentrarse	1.52	0.505	4.80	0.404	-35.875
5. Dificultad para mantener la atención	1.40	0.495	4.64	0.485	-33.068
6. Sentimientos de falta de control	1.00	0.000	3.76	0.822	-23.738
7. Sensación de desorientación	1.00	0.000	3.60	0.808	-22.750
8. Frecuentes olvidos	1.32	0.471	4.48	0.505	-32.362
9. Hipersensibilidad a las críticas	2.20	0.756	4.80	0.404	-21.449
10. Mal humor	1.24	0.431	4.28	0.454	-34.340
11. Mayor susceptibilidad a sufrir accidentes	1.00	0.000	3.56	0.760	-23.811
12. Consumo de fármacos, alcohol. tabaco	1.32	0.471	4.80	0.404	-39.643
13. Bloqueos mentales	1.80	0.700	5.00	0.000	-32.332
14.. Trastornos del sueño	1.84	0.738	5.00	0.000	-30.259
15. Ansiedad, miedos y fobias	1.96	0.727	4.64	0.485	-21.680
16. Adicción a drogas y alcohol	1.00	0.000	4.12	0.718	-30.715
17. Depresión y otros trastornos afectivos	1.36	0.485	3.68	0.621	-20.827
18. Alteración de las conductas de alimentación	1.28	0.454	4.32	0.471	-32.867
19. Trastornos de la personalidad	1.16	0.370	3.76	0.591	-26.357
20. Trastornos esquizofrénicos	1.08	0.274	4.16	0.370	-47.273
Manifestaciones a nivel motor y de conducta					
Ítems	$\overline{X}_b$	**SD**	$\overline{X}_a$	**SD**	***t de Student***
1. Hablar rápido	1.00	0.000	4.08	0.274	-79.471
2. Temblores	1.00	0.000	3.28	0.671	-24.017
3. Tartamudeo	1.00	0.000	3.80	0.808	-24.500
4. Imprecisión al hablar	1.00	0.000	3.16	0.934	-16.358
5. Precipitación a la hora de actuar	1.00	0.000	4.12	0.718	-30.715
6. Explosiones emocionales	1.00	0.000	3.92	0.804	-25.679
7. Comer excesivamente	1.00	0.000	4.36	0.485	-49.000
8. Falta de apetito	1.00	0.000	3.44	0.644	-26.792
9. Risa nerviosa	1.22	0.418	4.60	0.495	-36.879
10. Bostezos frecuentes	1.00	0.000	4.28	0.454	-51.136
Manifestaciones laborales					
Ítems	$\overline{X}_b$	**SD**	$\overline{X}_a$	**SD**	***t de Student***
1. Disminución de la producción (calidad, cantidad o ambas)	1.00	0.000	3.40	0.808	-21.000
2. Falta de cooperación entre compañeros	1.00	0.000	4.00	0.808	-26.250
3. Empeoramiento de las relaciones humanas	1.08	0.274	4.64	0.485	-45.197
4.- Necesidad de una mayor supervisión del personal	1.24	0.431	4.80	0.404	-42.587
5.- Aumento de quejas en los clientes	1.00	0.000	4.16	0.792	-28.220

 ISSN 2007-8102

Fuente: Elaboración propia.

La relación entre el nivel de estrés con las manifestaciones psicológicas; a nivel motor y de conducta; y laborales fue muy significativa. La correlación para las consecuencias psicológicas va desde r = 0.721, p < .01 para el *ítem* 10. Sentimientos de falta de control, hasta r =0.926, p < .01 para la pregunta 8. Frecuentes olvidos. Es de considerar que el estrés tiene una fuerte asociación con las conductas psicológicas que pueden manifestarse de diversas maneras tomando en cuenta el contexto en que se encuentre la persona, siendo en algunos casos, manifestaciones leves como la sensación de confusión, mal humor, sentimientos de falta de control, hasta las consideradas graves como el consumo de fármacos, alcohol, tabaco y a la adicción a las drogas. Estos resultados fortalecen las investigaciones de Jeong, Lee & Park (2018), así como las de Braig et al. (2018); y De Sio et al. (2018) de que el nivel de estrés es un fenómeno cada vez más frecuente considerado como un elemento empobrecedor de la salud y la eficiencia, tanto individual como social, y actúa en gran medida en el lugar de trabajo, convirtiéndose en un aspecto principal de la seguridad y la salud laboral.

Para los efectos a nivel motor y de conducta varían desde r = 0.696, p < .01 para la variable 4. Imprecisión al hablar, hasta r =0.896, p < .01 para la pregunta 1. Hablar rápido. Las manifestaciones a nivel motor y de conducta pueden ser tratadas con menor dificultad que las psicológicas. Entre las menos graves pueden encontrarse los bostezos frecuentes, la risa nerviosa, imprecisión al hablar, los temblores entre otras. Lo anterior contribuye a los trabajos de Hermosa & Perilla (2015); Izzaamirah et al. (2018); Oblitas et al. (2017); y Soria et al. (2018) de que las manifestaciones menores a nivel motor y de conducta surgen cuando se da un desajuste entre la persona, el puesto de trabajo y la propia organización. Para el caso, del resultado laboral oscilan desde r = 0.717, p < .01 para el reactivo 1. Disminución de la producción (calidad, cantidad o ambas), hasta r =0.894, p < .01 para las preguntas 3. Empeoramiento de las relaciones humanas y 4.- Necesidad de una mayor supervisión del personal. Es importante atender a tiempo las manifestaciones laborales para evitar el desarrollo de un clima organizacional negativo que afecte de manera severa a la organización. De ahí lo importante de los trabajos de Blazejewski & Walker (2018) y Uziel et al. (2019) de conocer las características del individuo con sus circunstancias ambientales. Es decir, es necesario tener presente las particularidades relevantes del individuo para poder predecir las posibles consecuencias de determinados estresores del ambiente laboral (Tabla 3).

Tabla 3.
Correlación entre el nivel de estrés y las manifestaciones psicológicas; a nivel motor y de conducta; y laborales (n = 200).

Manifestaciones psicológicas	
Ítems	**r**
1.Preocupación excesiva	**.853****
2. Incapacidad para tomar decisiones	**.799****
3. Sensación de confusión	**.842****
4. Incapacidad para concentrarse	**.869****
5. Dificultad para mantener la atención	**.922****
6. Sentimientos de falta de control	**.721****
7. Sensación de desorientación	**.739****
8. Frecuentes olvidos	**.926****
9. Hipersensibilidad a las críticas	**.835****
10. Mal humor	**.866****
11. Mayor susceptibilidad a sufrir accidentes	**.822****
12. Consumo de fármacos, alcohol. tabaco	**.903****
13. Bloqueos mentales	**.889****
14.. Trastornos del sueño	**.897****
15. Ansiedad, miedos y fobias	**.862****
16. Adicción a drogas y alcohol	**.840****

17. Depresión y otros trastornos afectivos	**.844****
18. Alteración de las conductas de alimentación	**.862****
19. Trastornos de la personalidad	**.866****
20. Trastornos esquizofrénicos	**.887****
Manifestaciones a nivel motor y de conducta	
1. Hablar rápido	**.896****
2. Temblores	**.746****
3. Tartamudeo	**.704****
4. Imprecisión al hablar	**.696****
5. Precipitación a la hora de actuar	**.840****
6. Explosiones emocionales	**.721****
7. Comer excesivamente	**.866****
8. Falta de apetito	**.756****
9. Risa nerviosa	**.878****
10. Bostezos frecuentes	**.846****
Manifestaciones laborales	
1. Disminución de la producción (calidad, cantidad o ambas)	**.717****
2. Falta de cooperación entre compañeros	**.744****
3. Empeoramiento de las relaciones humanas	**.894****
4.- Necesidad de una mayor supervisión del personal	**.894****
5.- Aumento de quejas en los clientes	**.724****

** $p < .01$

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo a futuro

Se recomienda realizar investigaciones para conocer el nivel de impacto en el estrés laboral, de las acciones de prevención enfocadas a mantener bajo control las situaciones de estrés, así como aquellas prácticas saludables que ayudan a minimizar las consecuencias que se presentan como reacciones en el organismo tales como la relajación, meditación, música relajante, ejercicios de estiramientos, practica de algún deporte entre otras.

Conclusiones

De acuerdo con las implicaciones teóricas de los resultados obtenidos, desde una perspectiva global se reconoce que complementan las investigaciones sobre el estrés laboral. Se muestra una fuerte relación entre el nivel de estrés con las manifestaciones psicológicas, de motor y conducta, así como con lo laboral. Se afirma que el estrés ejerce una creciente presión en el entorno laboral que puede provocar la saturación física y/o mental del directivo, generando diversas consecuencias que no sólo afectan la salud, sino también su entorno más próximo ya que genera un desequilibrio entre lo laboral y lo personal. Lo que implica para el administrador de una organización considerar que el nivel de estrés es un fenómeno cada vez más frecuente que influye en la salud y la eficiencia, tanto individual como social tornándose en un aspecto significativo de la seguridad y la salud laboral. Por tanto, es relevante conocer las características del individuo y sus circunstancias ambientales para poder predecir las posibles consecuencias de determinados estresores del ambiente laboral. Asimismo, el presente trabajo de investigación aporta un nuevo instrumento de medición sobre el estrés laboral y sus manifestaciones.

Referencias

1. Aguirre Mas, C., Gallo, A., Ibarra, A., & García, J. C. S. (2018). Relación entre estrés laboral y burnout en una muestra de controladores de tráfico aéreo en Chile. *Ciencias Psicológicas*, *12*(2), 239–248. https://doi.org/10.22235/cp.v12i2.1688

2. Blazejewski, S., & Walker, E.-M. (2018). Digitalization in Retail Work: Coping With Stress Through Job Crafting. *Management Revue*, *29*(1), 79–100. https://doi.org/10.5771/0935-9915-2018-1-79
3. Braig, S., Berger, S., Rothenbacher, D., Schmid, S., Seufferlein, T., Brenner, H., … Gündel, H. (2018). Time trends in dyspepsia and association with H. pylori and work-related stress—An observational study in white collar employees in 1996 and 2015. *PLoS ONE*, *13*(6), 1–11. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199533
4. Cámara de la Industria del Calzado (2018). *Directorio*. Recuperado de http://www.ciceg.org/#
5. De Sio, S., Cedrone, F., Trovato Battagliola, E., Buomprisco, G., Perri, R., & Greco, E. (2018). The Perception of Psychosocial Risks and Work-Related Stress in Relation to Job Insecurity and Gender Differences: A Cross-Sectional Study. *BioMed Research International*, 1–6. https://doi.org/10.1155/2018/7649085
6. Debrot, A., Siegler, S., Klumb, P. L., & Schoebi, D. (2018). Daily Work Stress and Relationship Satisfaction: Detachment Affects Romantic Couples' Interactions Quality. *Journal of Happiness Studies*, *19*(8), 2283–2301. https://doi.org/10.1007/s10902-017-9922-6
7. Hermosa R., A. M., & Perilla T., L. E. (2015). Retos investigativos en psicología de la salud ocupacional: el estrés laboral. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, *33*(2), 252–261. https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v33n2a12
8. Izzaamirah Ishak, Shahrul Suhaimi Ab Shokor, Julizaazwani Ibrahim, Norfazira Che Jantan, Nur Atikah Adila Rosli, Nur Atikah Shahidan, & Nurul Faziemah Mohd Fauzik. (2018). Work, Financial, Life Stress and Workplace Mental Health among Manufacturing Workers in Malaysia. *Global Business & Management Research*, *10*, 797–804. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=133618174&site=ehost-live
9. Jeong, I., Cho, Y.-S., Lee, K.-J., & Park, J. B. (2018). Impact of near work on perceived stress according to working hours: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey VI (2013–2015). *PLoS ONE*, *13*(10), 1–9. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204360
10. Khavanin, A., Malakouti, J., Gharibi, V., Khanjani, N., Mokarami, H., & Ebrahimi, M. H. (2018). Using Work Ability Index and work-related stress to evaluate the physical and mental fitness of Iranian telecom tower climbers. *Journal of Injury & Violence Research*, *10*(2), 1–8. https://doi.org/10.5249/jivr.v10i2.996
11. Kuruku, E., & Alao, H. O. (2018). The Impact of Work-Stress on the Psychological Well-Being of Social Workers in a Selected Organization in Makurdi, Benue State. *IFE PsychologIA*, *26*(2), 72–80. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=132458467&site=ehost-live
12. Lee, Y. H. (2019). Emotional labor, teacher burnout, and turnover intention in high-school physical education teaching. *European Physical Education Review, 25*(1), 236–253. https://doi.org/10.1177/1356336X17719559
13. Oblitas Guadalupe, L. A., Turbay Miranda, R., Soto Prada, K. J., Borrero, T. C., Cortes Peña, O. F., Puello Scarpati, M., & Ucrós Campo, M. M. (2017). Incidencia de Mindfulness y Qi Gong sobre el Estado de Salud, Bienestar Psicológico, Satisfacción Vital y Estrés Laboral. *Revista Colombiana de Psicología*, *26*(1), 99–113. https://doi.org/10.15446/rcp.v26n1.54371
14. Ortiz Vancini, C. & Guevara Sanginés, M.L. (2001). *Estudio de opinión: empleadores reales y potenciales sobre la Universidad de Guanajuato / Plan de Desarrollo Institucional 2001*. Guanajuato: Universidad de Guanajuato.
15. Pal, A., & Dhara, P. C. (2018). Work Related Musculoskeletal Disorders and Postural Stress of the Women Cultivators Engaged in Uprooting Job of Rice Cultivation. *Indian Journal of Occupational & Environmental Medicine*, *22*(3), 163–169. https://doi.org/10.4103/ijoem.IJOEMpass:[_]104_18
16. Soria, I. N., Monsalve, B. L., Llopis, J. H., & Fernández, M. R. (2018). *Estrés Laboral, Burnout Y Estrategias De Afrontamiento en Trabajadores Que Intervienen Con Menores en Riesgo De Exclusión Social*. Aposta, (78), 68–96. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=130713725&site=ehost-live
17. Trusty, J., Allen, D. G., & Fabian, F. (2019). Hunting while working: An expanded model of employed job search. *Human Resource Management Review, 29*(1), 28–42. https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2017.12.001

Intención de abandono en la industria automotriz del estado de Guanajuato, México

P. Tamayo Contreras 1
Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de la División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guanajuato. Fraccionamiento el Establo, Guanajuato, Gto. C.P. 36250, aeinegocios1@gmail.com
Área de participación: *Ingeniería administrativa*

Resumen

Las investigaciones realizadas hasta el momento sobre el abandono del puesto de trabajo han centrado su atención en las relaciones directas entre la satisfacción laboral y la rotación de personal, así como sus diversas consecuencias organizacionales. Sin embargo, pocos estudios han analizado el papel de la intención de abandono como precursor de la rotación de personal, a través de la satisfacción laboral. El objetivo de esta investigación es determinar la relación entre la satisfacción laboral y los aspectos no controlables con la intención de abandono en los obreros de la industria automotriz del estado de Guanajuato. En una muestra de 500 trabajadores, con un margen de error de 0.0436 con un nivel de confianza del 95%. Los resultados fueron importantes, la correlación entre satisfacción y la intención de abandono fue estadísticamente significativa con la variable salario y en el mismo sentido para los aspectos no controlables.

Palabras clave: *Intención de abandono, satisfacción laboral, aspectos no controlables y sector automotriz.*

Abstract

The investigations carried out to date on the abandonment of the job have focused their attention on the direct relationships between job satisfaction and staff turnover, as well as its various organizational consequences. However, few studies have analyzed the role of the intention of abandonment as a precursor of the rotation of personnel, through job satisfaction. The objective of this research is to determine the relationship between job satisfaction and non-controllable aspects with the intention of abandonment in the auto industry workers of the state of Guanajuato. In a sample of 500 workers, with a margin of error of 0.0436 with a confidence level of 95%. The results were important, the correlation between satisfaction and the intention of abandonment was statistically significant with the salary variable and in the same sense for the non-controllable aspects.

Key words: *Intention of abandonment, job satisfaction, non-controllable aspects and the automotive sector.*

Introducción

En los últimos años, ha incrementado el interés en las investigaciones en torno al tema de la intención de abandono como un precursor de la rotación de personal, considerada como un importante problema laboral con consecuencias más negativas que positivas tanto para los trabajadores como para las organizaciones [Lee, 2019; Martin, 1979; Trusty, Allen & Fabian, 2019]. De manera equivalente, se han publicado estudios que se concentran en la satisfacción como una variable con mayor influencia directa en la rotación de personal [Elechi, Lambert & Otu, 2018; Hoff, Carabetta & Collinson, 2019; Scanlan & Still, 2019].

A medida que avanza el campo de conocimiento, queda claro que las variables que influyen en la satisfacción son los aspectos del trabajo conocidos también como intrínsecos a la empresa (salario, políticas y procedimientos, reconocimiento al desempeño, libertad de expresión, entre otros) y extrínsecos al lugar del trabajo (situación económica del país, cambio de trabajo de

la pareja, atención a los hijos, entre otras) [Diao, Gotteland & Boulé, 2017]. No obstante, en pocas investigaciones se profundiza en el posible papel de la intención de abandono entre la satisfacción y los aspectos no controlables con la rotación de personal.

En un informe reciente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [2018], se indica que entre un 12 y 22% de los obreros de la industria automotriz abandonan sus trabajos, este sector empresarial constituye uno de los principales generadores de empleo y bienestar económico en la sociedad globalizada actual, y especialmente en el estado de Guanajuato, considerado como el corazón de la industria automotriz y de autopartes.

Se entiende por intención de abandono el deseo del trabajador de dejar la organización donde labora [Ahmad & Omar, 2010]. Y por rotación de personal la salida voluntaria de los trabajadores de una organización de la cual reciben salario y prestaciones laborales conforme a la ley. No se consideran como trabajadores las personas que realizan actividades de servicio social, aunque sea profesional, ni actividades de cualquier otra naturaleza por la cual reciban beneficios temporales [Ley Federal del Trabajo, 2018].

El presente estudio se centra en la intención de abandono como antecedente entre la satisfacción con la rotación de personal, específicamente, en los factores intrínsecos a la empresa, y extrínsecos al puesto de trabajo a los que se les denominará aspectos no controlables por la organización, caracterizadas por tener un claro componente de manifestación psicológico más que físico, y por tener las mayores tasas de prevalencia dentro del contexto de la satisfacción [Altomonte, Schiavon, Kent & Brager, 2019; García Torres, 2019].

La satisfacción laboral se define como el nivel de bienestar y plenitud que experimenta el trabajador en respuesta a los aspectos del trabajo que le ofrece la organización [Parmar, Keevil & Wicks, 2019]. Algunos ejemplos son el beneplácito con la solución de conflictos laborales, contar con los apropiados instrumentos de trabajo o mantener una adecuada relación con los compañeros del trabajo, entre otras [Valencia-DeLara, Escobar-Sierra & Calderón-Valencia, 2018]. Los aspectos extrínsecos incluyen las condiciones que pueden afectar la permanencia en la organización, pero que están fuera del control de la misma, ya sean generadas en el mercado laboral o por los propios trabajadores en virtud de su necesidad de tener un equilibrio entre los entes familia y trabajo [situación económica del país (mejor salario), cambio de trabajo de la pareja, atención a los hijos, iniciar un negocio propio, enfermedad, superación profesional y mejor ambiente laboral] [Bolinger, Klotz & Leavitt, 2018].

Estas variables, cuyas manifestaciones y consecuencias por su misma naturaleza particular son claras para entender su efecto en la satisfacción laboral, se caracterizan por ser fenómenos que de no ser atendidos con la debida prontitud pueden ir acumulando en el tiempo una espiral creciente de formas de insatisfacción cada vez más intensas y preocupantes que a su vez influye en la intención de abandono.

Dentro de lo extrínseco, se concluye que los trabajadores suelen tener reacciones de insatisfacción que pueden afectar a la organización, en aquellos casos en que consideran que la entidad no ofrece las oportunidades que se vislumbran en el mercado laboral. Por el contrario, si la situación es de carácter personal donde la empresa no tiene control alguno, como el cambio de residencia de la pareja por asuntos de trabajo y trabajador decide cambiar, las consecuencias en este caso van a repercutir en la organización.

Otro aspecto personal que puede afectar a la satisfacción laboral es la intensidad de la necesidad de crecimiento del trabajador. Ésta se puede entender como el grado de crecimiento laboral y profesional como resultado de la percepción subjetiva de la capacitación, entrenamiento y estudios [Locke, 1976]. También, se concibe como el cumplimiento de determinadas necesidades y aspiraciones del trabajador, sean de tipo económico, social, de desarrollo, etc., que pueden verse reflejadas en cinco factores: el carácter intrínseco del trabajo, la remuneración, la promoción, la seguridad del empleo y las condiciones de trabajo [Bravo, Peiró & Rodríguez, 1996].

Concretamente la satisfacción laboral al ser un vínculo afectivo con el propio trabajo promueve en los empleados que se sienten a gusto en él menos probabilidad de tener intenciones de abandono. Por el contrario, si los empleados tienen actitudes negativas hacia su situación laboral, buscarán la forma de evitarla con el fin de aliviar sus sentimientos negativos [Hulin, Roznowski & Hachiya, 1985]. Por lo tanto, si un empleado tiene baja satisfacción laboral posiblemente intente cambiarse de organización. En un metaanálisis del tema [Griffeth et al., 2000] se concluyó que, de las diversas actitudes ante el trabajo, la satisfacción laboral es el mejor

predictor de intención de abandono. Ello coincide con lo que sucede con enfermeras: aquellas que habían señalado estar insatisfechas laboralmente tenían un 65% mayor de probabilidad de intención de abandono, que las que estaban satisfechas con su trabajo [Shields &Ward, 2001] lo que coloca a la baja satisfacción laboral como uno de los predictores más fuertes de la intención de abandono, incluso más importante que nuevas e interesantes oportunidades de trabajo. Por tanto, el objetivo de este trabajo consiste en determinar la relación entre la satisfacción laboral y los aspectos no controlables con la intención de abandono en los obreros de la industria automotriz del estado de Guanajuato.

Metodología

Participantes

En el estudio colaboraron 500 obreros pertenecientes a la industria automotriz ubicada en Guanajuato, México. La muestra fue seleccionada de manera aleatoria simple de una población de 52,680 trabajadores, utilizando como base la lista de nómina. Para determinar el tamaño y la composición, se aplicó el método probabilístico. El margen de error fue de 0.0436 con un nivel de confianza del 95% bajo la fórmula de error simplificada. Las empresas se escogieron de manera aleatoria simple utilizando la base de datos del boletín Económico Clúster Automotriz de Guanajuato AC. La muestra de empleados que contestaron el cuestionario estuvo conformada por 332 hombres y 168 mujeres con una edad media de 30.2 años. El nivel académico reflejó una media de 10.8 años de estudio, el 66.2% de los participantes están casados, la religión que predomina es la católica (96.4%) y con un promedio de 2.40 hijos. El 89.6% contaba de 1 a 4 años de antigüedad con una media de 2.48 años.

Instrumento

La Satisfacción laboral se valoró mediante el instrumento “cuestionario de los factores de satisfacción que influyen en la intención de abandono” (Tamayo, 2017). Esta parte del cuestionario agrupa 26 *items* en cinco factores con autovalor mayor de 1: motivación laboral, ambiente laboral, respeto laboral, trabajo en equipo y legalidad administrativa; la varianza acumulada fue de 43.437. Los factores obtuvieron una consistencia interna adecuada, el coeficiente alfa de Cronbach tiene un rango desde 0.665 en < legalidad administrativa > hasta 0.739 en < ambiente laboral >. La cantidad de ítems por factor varió desde tres para legalidad administrativa hasta siete para motivación laboral. Al instrumento antes indicado se le agregaron 3 reactivos más, referentes a: políticas y procedimientos; a las obligaciones laborales con las responsabilidades familiares; y sobre el trato justo por parte de la organización. El alfa de Cronbach de los 29 *items* fue de 0.88.

Para medir el nivel de influencia de los aspectos no controlables se utilizó la medición determinada por Tamayo, Guevara-Sanginés y Sánchez (2016), que integra siete reactivos (e.g., “¿En caso de que tuviera la oportunidad iniciará un negocio propio, en qué grado podría influir en usted para dejar a esta empresa?”) y una escala de tipo Likert de 4 puntos (1= Nada, 2= Poco, 3= Suficiente y 4= Bastante). La escala se validó con una muestra de 447 empleados del sector calzado y se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.80.

Diseño y procedimiento

Se utilizó un diseño de investigación transversal en las empresas de la industria automotriz de Guanajuato, México. Se contactó a los respectivos gerentes de recursos humanos para solicitar su participación en la investigación, y se les explicó puntualmente el objetivo de la investigación y sus fundamentos. Para el proceso de aplicación del cuestionario cada empresa dispuso de un área acondicionada; la calendarización fue acordada según las fechas y los horarios asignados por cada empresa, de manera tal que no se vieran afectadas las jornadas laborales.

Se trabajó con grupos de diez empleados de las empresas participantes; en la sesión correspondiente, se les informó del motivo de la investigación, el carácter confidencial de la

 ISSN 2007-8102

información que fueran a ofrecer, la estructura de la prueba y la forma de responder a cada reactivo. Se concedió un lapso breve para la resolución de dudas. La aplicación del cuestionario duró en promedio veintiún minutos por sesión. Una vez respondidos los cuestionarios, fueron devueltos en sobres cerrados al equipo investigador o bien se depositaban en un lugar habilitado en la organización, con el fin de garantizar la confidencialidad y el anonimato.

Análisis de los datos

El tratamiento estadístico de los datos se realizó con el programa SPSS® 21.0 para Windows®. Se realizaron diferentes tipos de análisis: descriptivos y correlaciones bivariadas de Pearson.

Resultados y discusión

Las variables obtuvieron una consistencia interna significativa, el coeficiente alfa de Cronbach total fue de α=0.88 lo que representa que los resultados tienen un significativo nivel de confiabilidad. Los coeficientes de consistencia interna si el *ítem* en cuestión se eliminara variaron de α =0. 873 en la variable número 12 de <desarrollo personal y profesional > hasta un α = 0.976 para el *item* 18 <vivir cerca del lugar de trabajo>. La percepción de los obreros se encuentra en el rango de poco satisfecho con trabajar horas extras y el salario ($\overline{X}$**=** 2.54; SD = 1.080 y $\overline{X}$**=** 2.60; SD = 0.813), hasta suficientemente satisfecho con el respeto a la religión y las responsabilidades y obligaciones asignadas por parte de la empresa ($\overline{X}$**=** 3.67; SD = 0.585 ($\overline{X}$**=** 3.49; SD = 0.644). Véase tabla 1.

Tabla 1.
Análisis descriptivo y de consistencia interna de los *ítems* referentes a la satisfacción sobre los aspectos laborales y la intención de abandono (n = 500).

***ítems*, α $_{total}$ =0.88, M $_{total}$ = 3.12 y DE =0.415 $_{total.}$**				
Orden	**Variable**	**Alfa si se elimina el ítem**	$\overline{X}$	**SD**
1	Salario	0.878	2.60	0.813
2	Políticas y procedimientos	0.876	2.95	0.868
3	Reconocimiento al desempeño	0.874	2.88	0.984
4	Libertad de expresión	0.874	2.77	1.023
5	Apoyo y comunicación	0.874	3.14	0.862
6	Prestaciones laborales	0.876	3.19	0.834
7	Relaciones con los compañeros de trabajo	0.875	3.25	0.781
8	Entrenamiento y capacitación	0.876	2.88	1.023
9	Condiciones laborales	0.876	3.17	0.854
10	Seguridad laboral	0.876	3.37	0.769
11	Combinar las obligaciones laborales con las responsabilidades familiares	0.877	3.00	0.940
12	Desarrollo personal y profesional	0.873	2.85	0.996
13	Retroalimentación	0.875	3.07	0.879
14	Trato justo por parte de la organización	0.874	3.12	0.850
15	Resolución de conflictos laborales con imparcialidad	0.874	3.03	0.934
16	Bienestar laboral	0.875	3.45	0.702
17	Conocimiento de los objetivos y las metas de la organización	0.877	3.24	0.818
18	Vivir cerca del lugar de trabajo	0.885	2.88	1.094
19	Realizar solo el trabajo para el que fui contratado	0.878	2.98	0.943
20	Trato justo por parte de mi supervisor	0.874	3.20	0.867
21	Instrumentos de trabajo	0.877	3.44	0.745
22	Responsabilidades y obligaciones	0.877	3.49	0.644
23	Religión	0.880	3.67	0.585
24	Autonomía	0.880	3.35	0.746
25	Trabajar horas extras	0.881	2.54	1.080

26	Trabajo con retos	0.877	3.31	0.845
27	Trabajo en equipo	0.877	3.29	0.815
28	Delegación de tareas y funciones	0.875	3.09	0.850
29	Ambiente de trabajo	0.875	3.42	0.770

Fuente: Elaboración propia.

La relación entre la intención de abandonar la empresa y la satisfacción de los diversos aspectos laborales fue negativa y estadísticamente significativa, con coeficientes de -0.048 para las variables religión y autonomía, hasta -0.804 para el salario. Por tanto, las variables que afectan la intención de abandono en orden de importancia se encuentra el salario lo que significa que a un mejor salario mayor satisfacción y menos intención de abandono, lo que apoya la investigación de Flores, Abreu, & Badii (2008) quienes manifiestan que la rotación de personal en las empresas mexicanas se identifica con la existencia de una relación entre la insatisfacción laboral y la baja remuneración al personal. Lo que significa que la presente investigación aporta desde la intención de abandono, precursor de la rotación de personal, tomar en cuenta el salario como una variable significativa en la satisfacción laboral para reducir la rotación de personal.

En seguida las condiciones laborales ($r = -0.218$, $p < .01$); el reconocimiento al desempeño ($r = -0.209$, $p < .01$); la libertad de expresión ($r = -0.175$, $p < .01$); las políticas y procedimientos ($r = -0.174$, $p < .01$); y el apoyo y la comunicación ($r = -0.158$, $p < .01$). Lo anterior implica que la industria automotriz enfoque la administración de recursos humano en atender las variables antes indicadas para reducir o evitar en lo posible la intención de abandono. Lo anterior respalda el trabajo de Francisco & Salazar (2010) en la importancia de conocer el estilo de liderazgo de los supervisores, desde su propia percepción y la de sus subordinados, así como el clima laboral y los indicadores de productividad, ausentismo e intención de abandono (Tabla 2).

Tabla 2.
Correlación de la satisfacción sobre los aspectos laborales y la intención de abandono (n = 500).

Orden	Variable	r
1	Salario	-0.804**
2	Políticas y procedimientos	-0.174**
3	Reconocimiento al desempeño	-0.209**
4	Libertad de expresión	-0.175**
5	Apoyo y comunicación	-0.158**
6	Prestaciones laborales	-0.173**
7	Relaciones con los compañeros de trabajo	-0.050
8	Entrenamiento y capacitación	-0.158**
9	Condiciones laborales	-0.218**
10	Seguridad laboral	-0.064
11	Combinar las obligaciones laborales con las responsabilidades familiares	-0.126**
12	Desarrollo personal y profesional	-0.159**
13	Retroalimentación	-0.158**
14	Trato justo por parte de la organización	-0.191**
15	Resolución de conflictos laborales con imparcialidad	-0.137**
16	Bienestar laboral	-0.078
17	Conocimiento de los objetivos y las metas de la organización	-0.109*
18	Vivir cerca del lugar de trabajo	-0.071
19	Realizar solo el trabajo para el que fui contratado	-0.191**
20	Trato justo por parte de mi supervisor	-0.138**
21	Instrumentos de trabajo	-0.138**
22	Responsabilidades y obligaciones	-0.115**
23	Religión	-0.048
24	Autonomía	-0.048
25	Trabajar horas extras	-0.131**
26	Trabajo con retos	-0.050
27	Trabajo en equipo	-0.084

 ISSN 2007-8102

28	Delegación de tareas y funciones	-0.098*
29	Ambiente de trabajo	-0.090*

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).
Fuente: Elaboración propia.

La relación entre la intención de abandonar la empresa y los aspectos no controlables (Tabla 3) fue estadísticamente significativa en algunos de ellos y en sentido negativo. Los coeficientes van desde el aspecto no controlable «atención a los hijos» ($r = -0.006$, $p < .01$) hasta el aspecto «situación económica del país (mejor salario)» ($r = -0.126$, $p < .01$) así como un mejor «ambiente laboral» ($r = -0.126$, $p < .01$). El salario vuelve surgir como un motivador importante para reducir la intención de abandono. Sin embargo, si la empresa mantiene un adecuado clima organizacional la intención de abandono tiende a reducir, a pesar, de existir salarios atractivos en el mercado laboral. Los resultados son coincidentes con la investigación de Chaparro, Guzmán, Naizaque, L. J., del Pilar & Jiménez (2015) quienes identificaron cuatro categorías de análisis en la intención de abandono: condiciones laborales, socialización en el lugar de trabajo, entorno familiar y falta de incentivos.

Tabla 3.
Correlación de los aspectos no controlables y la intención de abandono (n = 500).

Aspecto	Coeficiente de correlación
1.- Situación económica del país (mejor salario)	-0.126**
2.- Cambio de trabajo de la pareja	-0.055
3.- Atención a los hijos	-0.006
4.- Iniciar un negocio propio	-0.023
5.- Enfermedad	-0.063
6.- Superación profesional	-0.075
7.- Mejor ambiente laboral	-0.138**

** $p < .01$
Fuente: Elaboración propia.

Trabajo a futuro

Es importante en considerar en estudios futuros la agresión y el estrés laboral y su relación con la intención de abandono. Sobre todo, el estrés y la agresividad laboral que se concentra en formas leves o intermedias conocidas bajo diferentes denominaciones: incivismo laboral, abuso verbal, acoso psicológico, abuso emocional, y el abuso generalizado en el lugar del trabajo.

Conclusión

Se identifica que la satisfacción laboral tiene una relación directa con la intención de abandono, y en caso de no ser atendida se concluirá con la rotación de personal. Asimismo, de acuerdo con las implicaciones teóricas de los resultados obtenidos, desde una perspectiva global se reconoce que se complementan investigaciones anteriores sobre la satisfacción [Parmar et al., 2019; Riana, Wiagustini, Dwijayanti & Rihayana, 2018]. En el mismo sentido el salario permanece como un detonador de satisfacción significativo en la motivación para reducir la intención de abandono, lo que confirma aseveraciones previas [Adams, 2018]. De igual manera, y sin restarle importancia, se apoya el marco teórico de que el reconocimiento al desempeño, la libertad de expresión, las políticas y procedimientos, el apoyo y la comunicación, y la retroalimentación hacia el obrero como un intercambio de información continuo y de experiencias, que mediante la revisión y valoración de los procesos y de sus resultados, permite introducir las modificaciones necesarias que le conduzcan al mejor y más eficaz desempeño.

Igualmente, el otorgamiento de unas condiciones labores adecuadas favorecen la realización de una tarea concreta en un cierto entorno, todo lo cual determina no sólo la productividad, sino también la salud y el bienestar del trabajador. En el mismo sentido, mantener un programa de entrenamiento de capacitación para encaminar y proporcionar conocimientos, desarrollar competencias y modificar actitudes del personal promueven la motivación [Calero Valdez, Brell, Schaar & Ziefle, 2018].

En la relación entre los aspectos no controlables con la intención de abandono, se demuestra y apoya las investigaciones [Fletcher, Carter & Lyubovnikova, 2018] de que cuando el mercado laboral ofrece un mejor salario los obreros insatisfechos serán cautivados por el mismo. Y la intención de abandono se incrementará si las empresas consideradas como una adecuada opción de trabajo ofrecen un mejor ambiente laboral.

Referencias

1. Adams, P. (2018, June 9). Quest raising teacher salaries but staff turnover continues. *Journal Star (Peoria, IL)*. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=n5h&AN=2W61510235005&site=ehost-live.
2. Ahmad, A., y Omar, Z. (2010). Perceived family-supportive work culture, affective commitment and turnover intention of employees. *Journal of American Science*, *6*, 839-846.
3. Altomonte, S., Schiavon, S., Kent, M. G., & Brager, G. (2019). Indoor environmental quality and occupant satisfaction in green-certified buildings. *Building Research & Information*, *47*(3), 255–274. https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1383715
4. Boletín Económico Clúster Automotriz de Guanajuato AC (2018) *Sector Automotriz-Autopartes*. Descargado de http://claugto.org/bancotalentos/boletin.php
5. Bolinger, A. R., Klotz, A. C., & Leavitt, K. (2018). Contributing from Inside the Outer Circle: The Identity-Based Effects of Noncore Role Incumbents on Relational Coordination and Organizational Climate. *Academy of Management Review*, *43*(4), 680–703. https://doi.org/10.5465/amr.2016.0333
6. Bravo, M. J., Peiró, J. M. & Rodríguez, I. (1996). Satisfacción laboral. En J. M. Peiró & F. Prieto (Eds.), *Tratado de psicología del trabajo volumen I: La actividad laboral en su contexto* (pp. 343-394). Madrid: Editorial Síntesis.
7. Calero Valdez, A., Brell, J., Schaar, A. K., & Ziefle, M. (2018). The diversity of why: a meta-analytical study of usage motivation in enterprise social networks. *Universal Access in the Information Society*, *17*(3), 549–566. https://doi.org/10.1007/s10209-017-0561-9
8. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2018, 22 de junio). *Ley Federal del Trabajo*. [Versión en línea]. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lfrasp.htm (Ley publicada originalmente en el DOF el 01 de abril de 1970).
9. Chaparro Rintha, D. T., Guzmán Rodríguez, A. L., Naizaque Pérez, L. J., del Pilar Ortiz Figueroa, S., & Jiménez Barbosa, W. G. (2015). Factores que originan la rotación del personal auxiliar de odontología. *Universitas Odontológica, 34*(72), 75–82. https://doi.org/10.11144/Javeriana.uo34-72.forp
10. Diao, M. T., Gotteland, D., & Boulé, J.-M. (2017). How does the sociodemographic profile of the CEO affect a company's market orientation? The case of Senegalese SMEs. *Recherche et Applications En Marketing (English Edition) (Sage Publications Inc.), 32*(1), 21–39. https://doi.org/10.1177/2051570716676243
11. Elechi, O. O., Lambert, E. G., & Otu, S. (2018). Exploring the effects of work environment variables on the job satisfaction of Nigerian correctional staff. *Criminal Justice Studies*, *31*(2), 160–177. https://doi.org/10.1080/1478601X.2018.1437035
12. Fletcher, L., Carter, M., & Lyubovnikova, J. (2018). Congruency of resources and demands and their effects on staff turnover within the English health care sector. *Journal of Occupational & Organizational Psychology*, *91*(3), 688–696. https://doi.org/10.1111/joop.12214
13. Flores, R., Abreu, J. L., & Badii, M. H. (2008). Factores que originan la rotación de personal en las empresas mexicanas. *Revista Daena* (*International Journal of Good Conscience), 3*(1), 65–

99. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=36887428&site=ehost-live
14. Francisco Gerardo Barroso Tanoira, & Salazar Cantón, J. R. (2010). Liderazgo y clima organizacional en maquiladoras textiles de exportación. Estudio de caso. *Anáhuac Journal, 10*(2), 67–96. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=57811506&site=ehost-live
15. García Torres, D. (2019). Distributed leadership, professional collaboration, and teachers' job satisfaction in U.S. schools. *Teaching & Teacher Education*, *79*, 111–123. https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.12.001
16. Griffeth, R. W., Hom, P. W. & Gaertner, S. (2000). A meta-analysis of antecedents and correlates of employee turnover: Update, moderator tests, and research implications for the next millennium. *Journal of Management, 26,* 463-488.
17. Hoff, T., Carabetta, S., & Collinson, G. E. (2019). Satisfaction, Burnout, and Turnover Among Nurse Practitioners and Physician Assistants: A Review of the Empirical Literature. *Medical Care Research & Review*, *76*(1), 3–31. https://doi.org/10.1177/1077558717730157
18. Hulin, C. L., Roznowski, M. & Hachiya, D. (1985). Alternative opportunities and withdrawal decisions: Empirical and theoretical discrepancies and an integration. *Psychological Bulletin, 97*(2), 233-251.
19. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018). *Empleo y ocupación*. descargado de https://www.inegi.org.mx/temas/empleo/
20. Lee, Y. H. (2019). Emotional labor, teacher burnout, and turnover intention in high-school physical education teaching. *European Physical Education Review*, *25*(1), 236–253. https://doi.org/10.1177/1356336X17719559
21. Locke, E. A. (1976). The nature and causes of job satisfaction. En M. D. Dunnette (Ed.), *Handbook of industrial and organizational psychology* (pp. 1297-1349). Chicago: Rand McNally.
22. Martin, J. T. N. (1979). A Contextual Model of Employee Turnover Intentions. *Academy of Management Journal*, *22*(2), 313–324. https://doi.org/10.2307/255592
23. Parmar, B. L., Keevil, A., & Wicks, A. C. (2019). People and Profits: The Impact of Corporate Objectives on Employees' Need Satisfaction at Work. *Journal of Business Ethics*, *154*(1), 13–33. https://doi.org/10.1007/s10551-017-3487-5
24. Riana, I. G., Wiagustini, N. L. P., Dwijayanti, K. I., & Rihayana, I. G. (2018). Managing Work-Family Conflict and Work Stress through Job Satisfaction and Its Impact on Employee Performance. *Jurnal Teknik Industri, 20*(2), 127–134. https://doi.org/10.9744/jti.20.2.127-134
25. Scanlan, J. N., & Still, M. (2019). Relationships between burnout, turnover intention, job satisfaction, job demands and job resources for mental health personnel in an Australian mental health service. *BMC Health Services Research*, *19*(1), N.PAG. https://doi.org/10.1186/s12913-018-3841-z
26. Shields, M. A. & Ward, M. (2001). Improving nurse retention in the National Health Service in England: The impact of job satisfaction on intentions to quit. *Journal of Health Economics, 20,* 677-701.
27. Tamayo, P. (2017). Detección temprana de los factores de satisfacción que influyen en la intención de abandono. *Journal CIM, 5*, 5-13.
28. Tamayo, P., Guevara-Sanginés, M. L., y Sánchez, E. (2016). Diseño y prueba de un cuestionario sobre importancia percibida de las condiciones de trabajo en México. *Journal INNOVAR, 62*, 147-160.
29. Trusty, J., Allen, D. G., & Fabian, F. (2019). Hunting while working: An expanded model of employed job search. *Human Resource Management Review*, *29*(1), 28–42. https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2017.12.001
30. Valencia-DeLara, P., Escobar-Sierra, M., & Calderón-Valencia, F. (2018). Nuevo Modelo De Innovación Para El Contexto Organizacional: Una Relación Entre El Emprendimiento Corporativo Y Las Partes Interesadas. *Revista Trilogía*, *10*(19), 99–114. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=131713526&site=ehost-live

Evaluación del clima organizacional en una Institución de Media Superior

V. Ríos Romero[1], A. González Torres[1], F. Y. Mendoza Montero[1]*,
E. R. Poblano Ojinaga[2], T. Arias Rodríguez[3]
[1]Departamento de Económico Administrativo, TecNM/Instituto Tecnológico de Milpa Alta, Independencia Sur No. 36, Col. San Salvador Cuauhtenco, Alcaldía de Milpa Alta, C.P. 12300, Ciudad de México, México.
[2] Departamento de Ingeniería Industrial, TecNM/Instituto Tecnológico de la Laguna, Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La laguna s/n, Primero de Cobián Centro, 27000 Torreón, Coahuila. México
[3]Instituto Tecnológico Universal de México, Av. Hidalgo No. 39. Chalco. Estado de México, México
*cann_azteca@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
El presente trabajo tiene el propósito de evaluar el clima organizacional en una institución de educación media superior (IEMS) ubicada en el municipio de Chalco, Estado de México. Para la investigación se realizó un estudio empleando una confiabilidad del 100%. Se empleó una metodología descriptiva – analítica con una población de 34 personas. Se utilizó un instrumento validado para medir el clima organizacional. Los resultados, obtenidos ayudaron a poder medir en primera instancia el clima organizacional de la institución, dando como resultado integral un 62.56%; así mismo, para trabajo a futuro se aplicó la técnica de grupo nominal (TGN), la cual ayudo a tener un acuerdo de trabajar en primera instancia el fortalecimiento de una cohesión grupal.

***Palabras clave**: evaluación, clima organizacional, fortalecimiento, cohesión grupal.*

Abstract
The present work has the purpose of evaluating the organizational climate of an institution of higher secondary education (IEMS) located in the municipality of Chalco, State of Mexico. For the study, a study was carried out using 100% reliability. A descriptive - analytical methodology was used with a population of 34 people. A validated instrument was used to measure the organizational climate. The results, obtained helped to measure in the first instance the organizational climate of the institution, giving as an integral result 62.56%; Likewise, for the future work the nominal group technique (TGN) was applied, which helped to have an agreement to work in the first instance to strengthen group cohesion.

***Key words**: evaluation, organizational climate, strengthening, group cohesion.*

Introducción

Las organizaciones se dan cuando un grupo de personas se unen para que, mediante la cooperación, puedan alcanzar objetivos en común (Macedo, 2012). Es importante analizar todos aquellos factores que intervienen en dicho comportamiento, para poder así corregir ciertos errores que impidan alcanzar los objetivos, de la organización, exitosamente (Munive, 2013). Manosalvas et al. (2015) señalan en su artículo que existe una relación significativa entre clima organizacional y satisfacción laboral. El objetivo de este proyecto es evaluar el clima organizacional implementado en una IEMS ubicada en el municipio de Chalco, Estado de México, durante el periodo enero – junio 2018. En la institución de estudio es evidente el compromiso de la parte administrativa hacia sus estudiantes. Desafortunadamente no lo es así hacia sus empleados, los cuales no reciben la capacitación al momento de ser contratados, el personal de apoyo no cuenta con los elementos básicos para realizar sus funciones y se ha detectado una mala comunicación de los administrativos con los docentes y personal de apoyo. Por tal motivo, se desea llevar a cabo este trabajo, para dejar evidencia en este tópic, ya que no se cuenta con un estudio como este; aparte de que ayudará a la IEM a crecer paulatinamente en sus áreas internas con el único fin de ofrecer a sus empleados un servicio de calidad.

Concepto de Clima Organizacional

El clima laboral según Koys y Cotiis (1991) está compuesto por 9 dimensiones las cuales son: Autonomía, Confianza, Cohesión, Presión, Apoyo, Reconocimiento, Justicia e Innovación. Brunet (2004) señala que este concepto fue introducido por primera vez en 1960 dentro de la psicología industrial. El clima organizacional nace de la idea de que los sujetos humanos viven en ambientes complejos y dinámicos, puesto que las organizaciones están compuestas de personas, grupos y colectividades que generan comportamientos diversos y que afectan ese entorno (García, 2009). Brancato & Juri (2011) mencionan que el clima organizacional es clave para el éxito de una empresa, ya que logra condicionar las actitudes y el comportamiento de los trabajadores. Por su parte Ramírez & Domínguez (2012) aluden que el clima organizacional se define como los patrones recurrentes de comportamiento, actitudes y sentimientos que caracterizan la vida en la organización. Visbal (2014) indica que la medición de este concepto permite diagnosticar a las organizaciones, generar reflexión y desencadena consenso entre los trabajadores para permitir el desarrollo de cambios sustentables. Así mismo, Iglesias & Sánchez (2015) señalan que el clima organizacional repercute en las motivaciones y el comportamiento que tienen los miembros de una organización.

Estudios Sobre Clima Organizacional

Vega et al. (2006) realizaron un estudio en este ámbito, el cual permitió identificar las diferentes definiciones y los factores asociados al estudio del clima organizacional. Por su parte Chiang et al. (2008) desarrollaron una investigación en este aspecto y los resultados obtenidos ayudaron a elaborar y validar los instrumentos necesarios para medir las variables del clima organizacional y de la satisfacción laboral de trabajadores de instituciones del sector público. Ortiz & Cruz (2008) realizaron un estudio sobre este tópico dentro una empresa comercializadora. Los resultados obtenidos son satisfactorios para sus trabajadores. Por otro lado, Rangel & Castro (2009) ejecutaron un trabajo del mismo tema, y sus resultados coadyuvaron al planteamiento de la necesidad de articular una propuesta – modelo para la gestión del clima organizacional, con la finalidad de contribuir al bienestar laboral integral de la institución. Así mismo Cortés (2009) realizó un trabajo de investigación de la misma temática y llegó a la conclusión que el clima organizacional general del hospital de estudio, es no satisfactorio. Por lo cual él recomienda que los hospitales deban adaptarse y adecuarse a las nuevas exigencias para mantener su vigencia. Gutiérrez (2012) realizó una investigación sobre este tópico, su objetivo fue la de explicar las percepciones de los empleados y trabajadores de una empresa para detectar la necesidad de cambio organizacional. Jaramillo & Giraldo (2016) en su trabajo estudiaron el clima organizacional en un centro de desarrollo infantil. La investigación arrojó que el clima organizacional es bajo, en el cual las variables a fortalecer son comunicación, cooperación y coordinación, reconocimiento entre compañeros y ejecución-evaluación. Aragón & Ríos (2013) desarrollaron una investigación con el propósito de justificar teóricamente los componentes de un modelo que mida el clima organizacional, el cual servirá para tomar decisiones de gestión. Hernández & Ponce (2016) en su proyecto de investigación encontraron que los resultados con mayor puntación fueron los factores como motivación intrínseca, identidad y autonomía, mientras que los factores que obtuvieron menor ponderación fueron: sueldos y salarios y presión. Cota (2017) en su investigación, él encontró que en la institución donde desarrolló el proyecto, la organización contaba con un clima agradable, estos resultados se ven reflejados en la eliminación la deserción del personal hacia otras fuentes de empleo. Zambrano et al. (2017) desarrollaron un estudio sobre el clima organizacional en docentes dentro de una universidad, destacando que en el factor de liderazgo un 85% de los docentes respondió que las autoridades se preocupan porque entiendan bien su trabajo.

Metodología

Sujetos

El trabajo de investigación se realizó con la población total del personal de la IEMS, la cual consta de personal administrativo, docente y personal de apoyo en sus diferentes modalidades de nombramiento y contratación, la cual está conformada por 34 empleados: 10 personal administrativo, 20 personal docente y 4 personal de apoyo.

Tipo de investigación

Para lograr los objetivos planteados en la investigación, se realizó un estudio descriptivo, dado que los resultados obtenidos del presente trabajo serán utilizados con finalidad descriptiva. Así mismo, Achaerandio (2010) define este tipo de investigación como aquélla investigación que recolecta datos, los ordena, los tabula, los interpreta y los evalúa.

Instrumento

 ISSN 2007-8102

En esta etapa se procedió a aplicar el instrumento utilizado por Tapias (2014), quién midió el clima organizacional en el área administrativa de la Universidad Tecnológica del Chocó. Se eligió esta herramienta debido a que tiene una fiabilidad mayor de 0.9. El cuestionario consiste en 40 preguntas divididas en 8 dimensiones para medir de una forma más escrutinio el clima organizacional de una universidad. Cada pregunta tiene 5 opciones de respuesta: Muy de acuerdo = 5, de acuerdo = 4, no estoy seguro = 3, en desacuerdo = 2, totalmente en desacuerdo = 1. La Figura 1, nos muestra las dimensiones y distribución de las preguntas del instrumento utilizado.

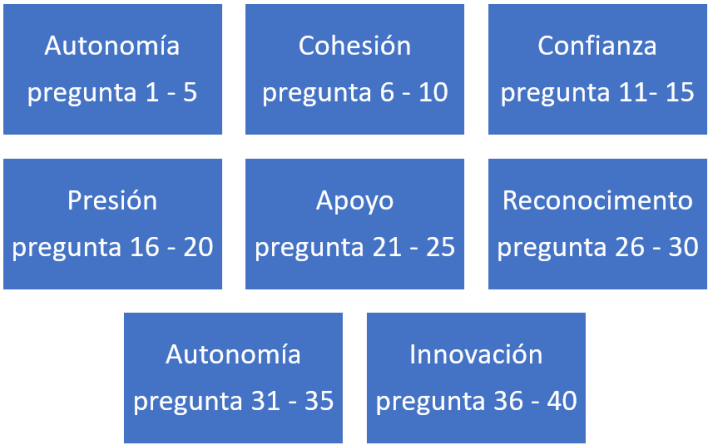


Figura 1. Ejemplo de las dimensiones y distribución de las preguntas del instrumento utilizado en la investigación.

Procedimiento de aplicación del instrumento de investigación

Para el desarrollo del trabajo, la encuesta se desarrolló en la herramienta en Google Drive®, esto con el fin de ahorrar papel y eficientar el tiempo. Se muestra el ejemplo del instrumento a través del siguiente enlace: https://docs.google.com/a/ittlahuac2.edu.mx/forms/d/1ImMF7cX2SjCfeduCcNCFafO3hnv_UbC3u59dfUZV19w/edit

Resultados y discusión

De acuerdo a los datos obtenidos, para la dimensión Autonomía el porcentaje global fue de 62.66%. La figura 3 representa los resultados de la dimensión mencionada.

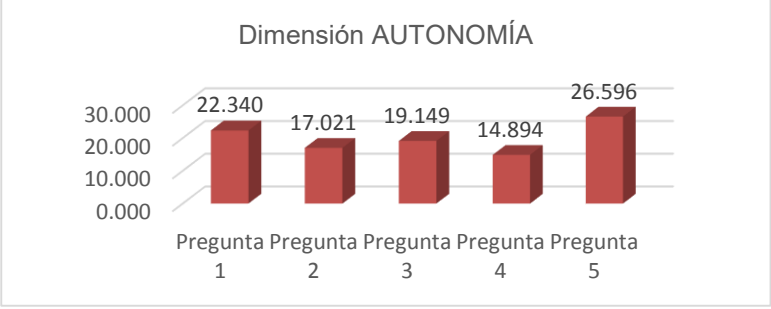


Figura 3. Resultados de la dimensión de Autonomía.

Siguiendo la definición de Chiang et al. (S/A) acerca de esta dimensión, y revisando las preguntas que la conforman, la interrogante 2 y 4 fueron las más bajas. Los trabajadores no sienten tener autonomía y libertad en su trabajo y toma de decisiones.

En la característica de Cohesión, se puede observar el mismo comportamiento de las respuestas, los resultados son muy bajos. El porcentaje global de este ámbito es de 58.66%. La figura 4 representa los resultados de la dimensión citada.

 ISSN 2007-8102

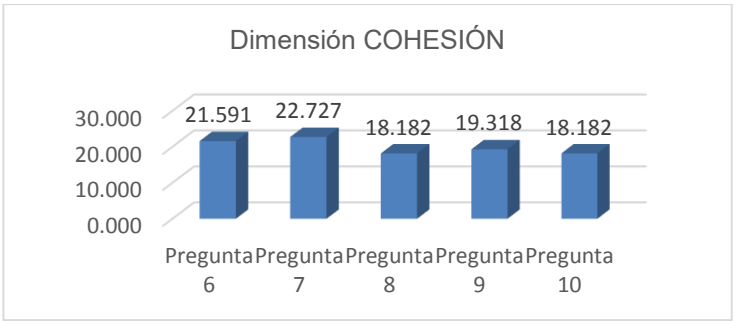


Figura 4. Resultados de la dimensión de Cohesión.

Balaguer et al. (2004) dicen que la variable que ayuda a entender la dinámica del grupo y a desarrollar el buen clima en un equipo de trabajo es la cohesión. De la figura anterior, las cuestiones 8 y 10 son las más bajas. Los empleados no perciben un buen ambiente de trabajo ni el trabajo en equipo.

Por otro lado, la dimensión de Confianza, los resultados se comportan de forma igual que los ámbitos anteriores. El porcentaje global de este rubro es de 62%. La figura 5 representa los resultados de la dimensión mencionada.

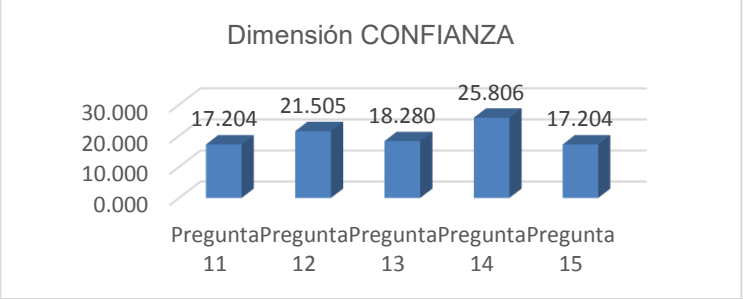


Figura 5. Resultados de la dimensión de Confianza.

Para Góngora et al. (s.f.) señalan en su trabajo, que la Confianza es predominante en todo tipo de Cultura Organizacional y es una variable que permite predecir el comportamiento de gran número de otras variables organizacionales. De los resultados de la figura anterior, las interrogantes con menos puntuación fueron los números 11, 13 y 15. Los trabajadores perciben que dentro del personal se ha perdido la confianza en la alta dirección.

En el ámbito de Presión, el comportamiento de las personas que laboran en la universidad no muestra ninguna diferencia. El porcentaje global de este rubro es de 63.33 %. La figura 6 representa los resultados de la dimensión antedicha.

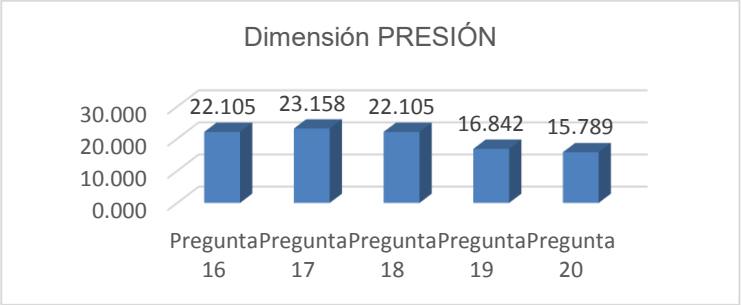


Figura 6. Resultados de la dimensión de Presión.

Chiang et al. (2017) mencionan en su trabajo que el factor presión es un elemento diferenciador en las empresas, ya que causa afectaciones directas en la salud psicológica del trabajador. De la figura anterior, las preguntas con más baja ponderación fueron la 19 y 20. Los empleados perciben un centro de trabajo estresado, lo cual dificulta las actividades diarias a desarrollar.

Para la dimensión Apoyo, el comportamiento es diferente, pero desafortunadamente es para la baja. El porcentaje global de este rubro es de 60.26%. La figura 7 representa los resultados de la dimensión mencionada.

 ISSN 2007-8102

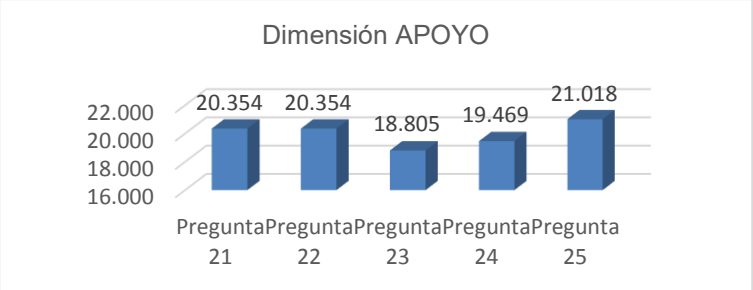


Figura 7. Resultados de la dimensión de Apoyo.

Torrecilla (s.f.) señala que el Apoyo es la ayuda percibida de los gerentes y otros empleados del grupo; énfasis en el apoyo mutuo, desde arriba y desde abajo. De los resultados de la figura anterior, las interrogantes que obtuvieron baja puntuación fueron la 23 y 24. Los trabajadores han perdido la confianza, el apoyo y el grado de autoridad que sentía ante sus superiores.

Para la característica Reconocimiento al igual que en el ámbito anterior, muestra un comportamiento a la baja. El porcentaje global de este rubro es de 61.86 %. La figura 8 representa los resultados de la dimensión aludida.

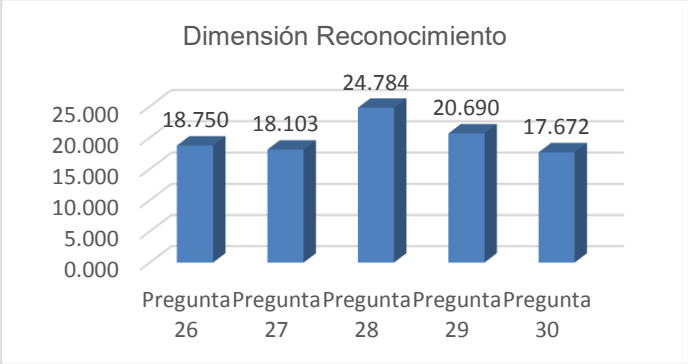


Figura 8. Resultados de la dimensión de Reconocimiento.

Hospinal (2013) menciona en su investigación, que uno de los factores críticos del clima organizacional es el reconocimiento. De la figura anterior, las preguntas que obtuvieron baja calificación fueron la pregunta 30, 26 y 27. Los empleados dentro de la organización no sienten que su trabajo sea reconocimiento bien visto.

La dimensión EQUIDAD, el promedio de las respuestas es bajo. El porcentaje global de este rubro es de 65.60 %. La figura 9 representa los resultados de la dimensión mencionada.

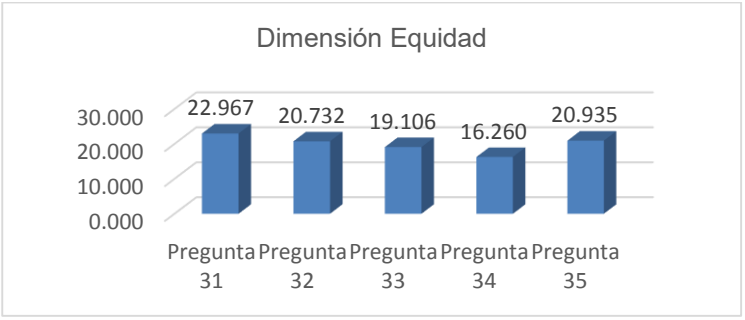


Figura 9. Resultados de la dimensión de Equidad.

De los resultados de la figura anterior, las interrogantes que tuvieron baja ponderación fueron 34 y 33. Los empleados de la organización no sienten que haya la misma igualdad entre ellos.

Por último, en el ámbito de INNOVACIÓN, las tendencias son iguales siendo a la baja. El porcentaje global de este rubro es de 66.13 %. La figura 10 representa los resultados de la dimensión mencionada.

 ISSN 2007-8102

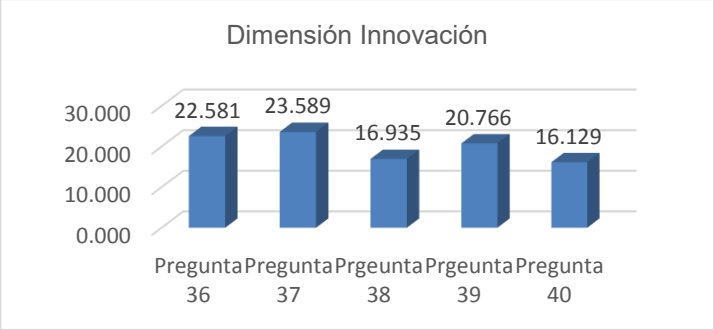


Figura 10. Resultados de la dimensión de Innovación.

De la figura anterior, las cuestiones que tuvieron baja calificación fueron 38 y 40. Los trabajadores de la organización han perdido o no sienten que en su trabajo haya un grado de innovación. La figura 11 representa los porcentajes mencionado junto con su promedio.

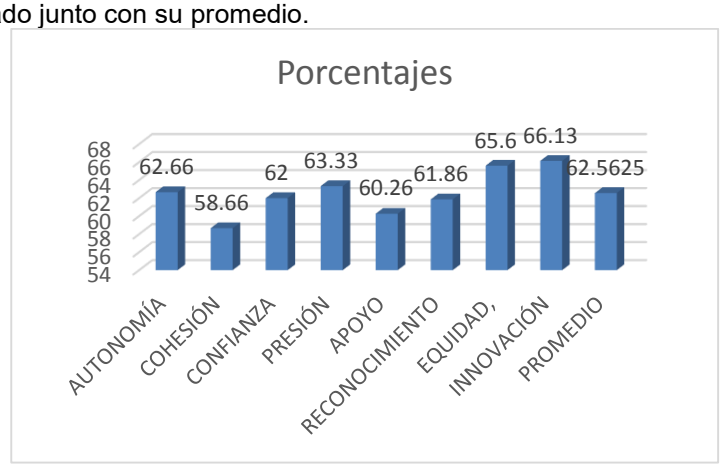


Figura 11. Ejemplo de resumen de promedios del estudio.

Haciendo un recuento del puntaje total de la investigación y juntando los promedios de cada dimensión en que se divide el instrumento de evaluación, se muestra los resultados obtenidos. La figura anterior resume los promedios del estudio. Puede observarse que de un total de 100 % el porcentaje global del estudio es de 62.56 %, lo cual deja ver que el clima organizacional de la universidad tiene áreas de oportunidad.

Trabajo a futuro

Investigadores que deseen seguir indagando en este tópico, se sugiere, por medio del diseño de un instrumento de recolección de información, con el fin de poder obtener datos relevantes en otras IEMS y contrarrestar los resultados con lo ya obtenidos. Profundizar la investigación con la comparación de los resultados obtenidos y conocer qué factores influyen en el clima organizacional y comparar si son iguales a los de esta investigación.

Conclusiones

Se ha encontrado que en las últimas décadas el comportamiento organizacional ha sido objeto de varios estudios, especialmente cuando se quiere analizar algo, con respecto al campo de la Psicología del Trabajo o en las Organizaciones. Y la importancia por el estudio de este tema se ve reflejado en el aumento de investigaciones y de publicaciones (Borges, 2010). Se consiguió cumplir con el objetivo de la investigación. Esta evaluación del clima organizacional servirá a la IEM para conocer qué aspectos necesitan mayor atención; así mismo, es relevante que se analice y apliquen estrategias para mejorar dichas áreas, para lo cual, se debe continuar realizando investigaciones que permitan a los trabajadores involucrados proponer un plan de mejoramiento teniendo en cuenta que los afectados son el mejor recurso para lograr el objetivo de implementar al interior de cada institución un buen clima organizacional, ya que así se podrán alcanzar las metas y objetivos trazados para un mejor servicio educativo. Por último, el tópico abordado en el presente trabajo, es una pieza clave en las decisiones que en el interior de cualquier organización se ejecutan e influyen en las relaciones dentro y fuera de la empresa. Por ello, se requiere contar con mecanismos de medición periódica de su clima organizacional.

Referencias

1. Acherandio, L. (2010) Iniciación a la Práctica de la Investigación. 7ª edición. Guatemala.
2. Aragón Cano, S. D. & Ríos Ramírez, A. (2013). Modelo para evaluar el clima organizacional de innovación desde la perspectiva de grupos de trabajo. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Chihuahua. Recuperado: http://www.chi.itesm.mx/investigacion/wp-content/uploads/2013/11/HUM12.pdf
3. Balaguer, I., Castillo, I., Moreno, Y., Garrigues, V. & Soriano, L. (2004). El clima motivacional y la cohesión en equipos de fútbol. Encuentros en Psicología Social, 2(1), 152-156.
4. Borges, L. O. (2010). A Psicologia do trabalhoe das organizações no Brasil floresce? Estudos de Psicologia, 15(3), 277-279.
5. Brancato, B. & Juri, F. (2011). ¿Puede influir el clima laboral en la productividad? Trabajo de Investigación. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Cuyo. Ciudad de Mendoza. Provincia de Mendoza, Argentina. Recuperado:
6. http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4936/brancato-puedeinfluirclimalaboralenlaproductividad.pdf
7. Brunet, L. (2004). El clima de trabajo en las organizaciones: definición diagnóstica y consecuencias. México: Trillas.
8. Chiang Vega, M. M., Salazar Botello, C. M., Huerta Rivera, P. C. & Núñez Partido, A. (2008). Clima organizacional y satisfacción laboral en organizaciones del sector estatal (Instituciones públicas) desarrollo, adaptación y validación de instrumentos. Revista Universum N: 23 Vol.2: 66-85. Scielo. Recuperado: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-23762008000200004
9. Chiang Vega, M. M., Salazar Botello, C. M. y Núñez Partido, A. (s.f.). Clima y satisfacción laboral en instituciones públicas: adaptación y ampliación de un instrumento. Recuperado: file:///C:/Users/Estudiante20171/Downloads/Dialnet-ClimaYSatisfaccionLaboralEnInstitucionesPublicas-2234840.pdf
10. Chiang, M.M., Heredia, S.A. & Santamaría, E.J. (2017). Clima organizacional y salud psicológica: una dualidad organizacional. Dimensión Empresarial, 15(1), 63-76. Recuperado: http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i1.641
11. Cortés Jiménez, N.M. (2009). Diagnóstico del clima organizacional. Hospital “Dr.LuisF.Nachón”. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. Recuperado: http://www.uv.mx/msp/files/2012/11/coleccion8NelsyCortesJ.pdf
12. Cota Luevano, J. A. (2017). Método para evaluar el clima organizacional del área docente de un centro de bachillerato Tecnológico de Cd. Obregón, Sonora. Ciencias Administrativas| Año 5 | N° 10 Julio – Diciembre. ISSN 2314 – 3738. Recuperado: http://revistas.unlp.edu.ar/CADM
13. Escalante, E. (2010). Seis Sigma. Metodología. Editorial Limusa. Recuperado: https://books.google.com.mx/books?id=viHl0ibn9c4C&printsec=frontcover&dq=libro+de+edgardo+escalante+2013&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwimy8600aHSAhUCrVQKHaxICg8Q6AEIGTAA#v=onepage&q&f=false
14. García Solarte, M. Clima Organizacional y su Diagnóstico: Una aproximación Conceptual. Cuadernos de Administración, núm. 42, julio-diciembre, 2009, pp. 43-61. Universidad del Valle Cali, Colombia. Recuperado: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225014900004
15. Góngora, N. H., Reija, L. S. & Larrivey, M. F. (s.f.). La confianza organizacional en los institutos de investigación. Instituto de Investigaciones Administrativas de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de La Plata. Recuperado: http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/perspe/v03n2a05gongora.pdf
16. Gutiérrez Cruz, R. A. (2012). Evaluación y cambio en la cultura organizacional en una empresa. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas. Instituto Politécnico Nacional. D.F. México. Recuperado de: http://148.204.210.201/tesis/1359572767877EvaluacinyCa.pdf
17. Jaramillo Posada, M. J. & Giraldo Velásquez, V. E. (2016). Diagnóstico y propuesta de intervención del clima organizacional del Centro de Desarrollo Infantil Cosechando Sueños. Maestría en Administración del Desarrollo Humano y Organizacional. Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado: http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6241/658312J37.pdf?sequence=1
18. Hernández Vela, H. & Ponce Telles, C. I. (2016). Evaluación de factores y dimensiones del clima

organizacional percibido por académicos universitarios. Área de investigación: Administración de recursos humanos. XXI Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. Recuperado: http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xxi/docs/3.05.pdf

19. Hospinal Encajadillo, S. (2013). Clima organizacional y satisfacción laboral en la empresa F Y D inversiones S.A.C. Industrial Data, vol. 16, núm. 2, julio-diciembre, pp. 75-78. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Recuperado: http://www.redalyc.org/pdf/816/81632390009.pdf
20. Iglesias Armenteros, A. L. & Sánchez García, Z. T. (2015). Generalidades del clima organizacional. MediSur. vol. 13, núm. 3, junio, pp. 455-457 Universidad de Ciencias Médicas de Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba. Recuperado: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180039699016
21. Koys, D.J., y De Cotiis, T. A. (1991). Inductive measures of psychological climate. Vol. 44, No. 3. Human Relations. Sage Journals. Recuperado: http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/001872679104400304
22. Macedo Rodríguez, V. (2012). Diagnóstico del Clima Organizacional en el Centro Universitario de Valles. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. Recuperado: http://ride.org.mx/1-11/index.php/RIDESECUNDARIO/article/viewFile/8/8
23. Manosalvas Vaca, C. A., Manosalvas Vaca, L. O. & Nieves Quintero, J. (2015). El clima organizacional y la satisfacción laboral: un análisis cuantitativo riguroso de su relación. AD-minister, núm. 26, pp. 5-15 Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. Recuperado: http://www.redalyc.org/pdf/3223/322339789001.pdf
24. Munive Torres, M. A. (2013). Clima Organizacional / Ambiente Laboral de la Institución Educativa Nuestra Señora de las Flores Agustín Codazzi – Cesar. Universidad de San Buenaventura. Fundación Universitaria Católica del Norte. Facultad de Educación. Especialización en Gerencia Educativa. Recuperado: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1555/1/Clima_Organizacional_Ambiente_Munive_2013.pdf
25. Ortiz Serrano, P. y Cruz García, L. (2008). Estudio sobre clima y satisfacción laboral en una empresa comercializadora. Psicología para America Latina. Revista Electronica Internacional de la Union Latinoamericana de Entidades de Psicologia. Recuperado: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-350X2008000200017
26. Ramírez Campos, Á. F. & Domínguez Aguirre, L. R. (2012) El clima organizacional y el compromiso institucional en las IES de Puerto Vallarta. Investigación Administrativa, núm. 109, enero-junio, pp. 21-30 Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Santo Tomás. Distrito Federal, México. Recuperado: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456045214002
27. Rangel Rangel, M., & Castro de Bustamante, J. (2009). Diagnóstico de clima organizacional. Caso de estudio: Universidad de Los Andes Nucleo Universitario “Pedro Rincón Gutiérrez” Tachira - Venezuela. Revista de Investigacion Evaluativa. Universidad de las Andes Venezuela. Recuperado: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/37082/1/articulo1.pdf
28. Tapias Cuadrado, A. (2014). Diagnóstico del clima organizacional en el área administrativa de la Universidad Tecnológica del Chocó (Diego Luis Córdoba). Maestría en Administración. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado: http://www.bdigital.unal.edu.co/47932/1/940968%202015.pdf
29. Torrecilla, O. D. (s.f.). Clima organizacional y su relación con la productividad laboral. Administración I. Material Bibliográfico de Catedra. Publicaciones. Biblioteca y publicaciones. Universidad de Congreso. Recuperado: https://www.ucongreso.edu.ar/biblioteca/matcatedra/Climaorganizacional.pdf
30. Vega, D., Arévalo, A., Sandoval, J., Aguilar, Ma. C. & Giraldo, J. (2006). Panorama sobre los estudios de clima organizacional en Bogotá, Colombia (1994-2005). Diversitas: Perspectivas en Psicología, vol. 2, núm. 2, julio-diciembre, 2006, pp. 329-349. Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia. Recuperado: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67920212
31. Visbal Pérez, E. T. (2014). Clima organizacional para una cultura de calidad. Orbis. Revista Científica Ciencias Humanas, vol. 10, núm. 29, septiembre-diciembre, pp. 121-144. Fundación Miguel Unamuno y Jugo. Maracaibo, Venezuela. Recuperado: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70932556007
32. Zambrano Campoverde, J., Ramón Pineda, M. A. & Espinoza-Freire, E. (2017). Estudio sobre el clima organizacional en docentes de la Universidad Técnica de Machala. Revista Universidad y Sociedad, 9(2), 163-172. Recuperado: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218362020170002000022&lng=es&tlng=es

The use of Quality Tools to solve problems in manufacturing companies in Cd. Juarez - Mexico: A meta-analysis study

A.Salcido-Delgado[1], E. R. Poblano-Ojinaga[2], N. G. Alba Baena[1], J. A. Hernández Gómez[1], A. Longoria de la Torre[2]

*[1]**Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura**, Universidad Autónoma de Cd. Juárez.*
Av. Plutarco Elías Calles #1210 • Fovissste Chamizal, Cd. Juárez, Chih., México, C.P. 32310
*[2]**Tecnológico Nacional de México** / Instituto Tecnológico de la Laguna*
Av. Universidad 1200, Col. Xoco, Delegación Benito Juárez. C.P. 03300 Cd. de México

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
Para resolver los problemas de calidad y productividad, las empresas implementan varias estrategias entre ellas, se destacan Lean Sigma y Six Sigma. Estas estrategias contienen diversas metodologías y técnicas que tienen diferentes usos y enfoques dependiendo del objetivo del proyecto, por lo que es de vital importancia cuando se considera el propósito de un proyecto el seleccionar las herramientas adecuadas para lograr los objetivos designados. Este documento presenta un análisis que utiliza la metodología de metanálisis de 84 proyectos de mejora de manufactura elaborados entre 2006 y 2016 que se aplicaron en diferentes industrias manufactureras ubicadas en Cd. Juárez, señala las herramientas más utilizadas en el entorno de fabricación de Cd. Juárez, buscando de esta manera facilitar la toma de decisiones sobre los tipos de herramientas a utilizar.

Palabras clave: Manufactura Lean Sigma, Herramientas de Calidad, Meta-Análisis.

Abstract.
In order to resolve quality and productivity problems, companies implement several strategies among them; Lean Sigma and Six Sigma stand out. They contain diverse methodologies and techniques which have different uses and approaches depending on the objective of the project, so it is of vital importance when considering the purpose of a project to select the appropriate tools to achieve the designated objectives. This document presents an analysis using the meta-analysis methodology, of 84 manufacturing improvement projects presented between 2006 and 2016 that were applied in some manufacturing industries located in Cd. Juarez, pinpoints the most used tools in the manufacturing environment of Cd. Juarez, seeking in this way to facilitate decision making on the types of tools to be used.

Keywords: Lean Sigma Manufacturing, Quality Tools Practices, Meta-Analysis.

Introduction
To improve the levels of competitiveness, companies develop strategies and implement them throughout the organization. One way to achieve this is through methodologies that use various tools to accomplish a specific purpose, although this is not an easy selection, because there is a large number of tools available for specific scenario that may arise, reason why in many occasions the adequate tools for each stage are not well known and even used erroneously (Tague, 2000), this open the opportunity to external training and consulting that makes the cost of the solution more expensive. Such situation makes it necessary to have a guide that explains not only the applications, but also the purpose of the tool and the precise conditions required for the correct applications. In addition to this, there are occasions when the tools used are not completely efficient, which causes a decrease in the quality of the metrics of the company, as they tend to cause confusion (Abdolshah & Jahan, 2006).

To identify the main tools used successfully in manufacturing companies of Cd. Juarez - Mexico, a systematic review (SR) of the literature was carried out, known as Meta-Analysis (MA). A SR is a review of a clearly formulated question that uses systematic and explicit methods to identify, select and critically evaluate relevant research and to collect and analyze data from studies included in the review (Moher et al., 2009); for Basu (2017), MA is essentially systematic review, but the analysis also numerically pools the results of the studies and

arrives to valid statistical conclusions. MA also is considered as analysis and method of disorganized knowledge, for its integration and organization. It is a process based of statistical analysis of the whole body leading to a valid synthesis. Although the methodologies developed for MA applications have been carried out mainly in the social, medical and psychological areas, some recent MA applications have been in Mexican companies, such as: Kanban and Demand Flow (Valles et al. al., 2006); Manufacturing (Colín, 2007); Cell manufacturing (Noriega et al., 2010); and Competitive Intelligence (Ojinaga, 2018).

There is a great amount of tools that are used in the methodologies for the solution of problems, however the ignorance of the purpose for which each of them is implemented and even the existence of them causes that sometimes they are used erroneously, for different purposes and even they are omitted, this phenomenon creates the need to develop a study to identify the tools that are most used in manufacturing environments in Cd. Juarez. The main purpose of this study is to understand which tools in the manufacturing projects developed in Cd. Juarez aimed at solving problems are the most used and to recognize some pattern that allows us to establish what types of tools are most appropriate for their use in problem solving projects.

Methodology

The way to solve problems is the basis for a successful business administration, however, it is not an easy task because the problems vary in form and complexity and may even have more than one solution, so that decision making could become difficult. It is useful to have the right tools that can provide support to make the right decision.

Materials

For the identification of the tools used successfully in problem solving practices in CD manufacturing companies. Juarez - Mexico, a search was made of Manufacturing Improvement Projects (MIP) related to applications in the Industrial Engineering program of the Autonomous University of Cd Juarez - UACJ between 2006 and 2016, and then a review of the documents found was made based on The reading of the Introduction, Summary and Conclusions.

Method

The eight steps of the MA methodology (Noriega et al., 2010) was applied to generate statistical support and to obtain a high grade of confidence about the papers for the study. The steps of the MA methodology are described as follows:

1. Definition of the problem. In this step, the problem must be defined clearly and precisely. In this case, it was defined as the determination of the problem-solving oriented tools used successfully to increase the levels of different metrics in the manufacturing company.
2. Identification of the sources of information and the studies to analyze. Once the limits of the meta-analysis are determined, all studies that meet those limits will be determined. The purpose of this step is to list the sources of the literature. In this research, the total number of MIP considered was 84, among them.
3. Discrimination of information. In this step, the information is classified according to the degree of scientific rigidity, credibility and trust. For this purpose, a set of inclusion and exclusion criteria is developed that applies to all documents, excluding documents that do not meet the criteria. This is one of the two quality filters. In this step, it was reduced from 84 to 58 projects.
4. Database of publications. The purpose of this step is to generate a database of documents in order to facilitate the management, location and processing of information collection.
5. Evaluation of the manufacturing improvement projects. The purpose of the projects evaluation is to determine, based on the established criteria, whether a project should be included or not for MA. In this stage, a questionnaire was applied to all the documents. Each document is judged and assigned a rating according to a Likert scale of 1 = not important to 5 = more important. In this step, it was reduced from 58 to 32 MIP.
6. Classification and coding of information. In this process, the extraction of data from each study is based on a coding sheet that specifies what data to extract and a key that interprets the various aspects that were performed. The coded information is summarized to identify moderating variables, which will be

used to group studies to perform MA.

7. Statistical analysis. In this step, the objective is the application of statistical methods to the studies that were selected for inclusion in MS. The selection of the appropriate ones depends on the specifications of the comparisons to be made. For this investigation, the statistical treatment began with the normality test applied to the final results. The differences in the means test were made to determine the relative contributions of the Quality Tool and to establish the most important of them.
8. Generation of Conclusions. This is the last step of this methodology, which consists of the interpretation of the results obtained and generates the conclusion for the defined problem. The results of an MA are simply tests that can be used in an attempt to integrate the results of multiple studies. In addition, the assumptions necessary for the MA must be evaluated for the adequacy of the study.

Results

The results obtained from the MA application to the problem-solving tools practices are presented in this section. The flow of information of the different phases of a SR/MA proposed by PRISMA statement (Moher et al., 2009) is shown in Figure 2.

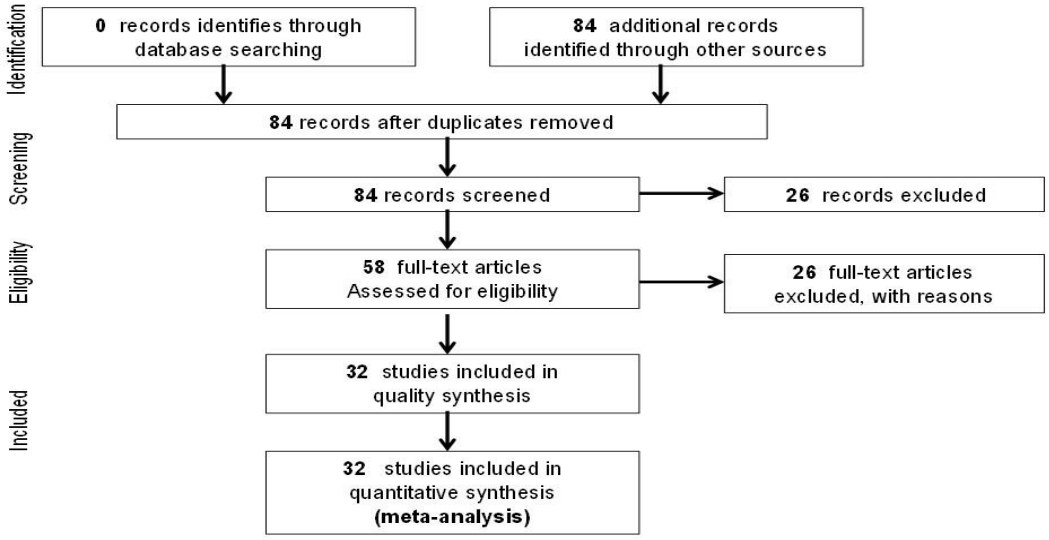


Figure 2. Four Phases flow diagram of a Systematic Review/Meta-Analysis.

After the first stage of the analysis was carried out, only 32 completed MIP'S were considered, out of a total of 84; then, to facilitate the review, the MIP'S were grouped into turns: a) Applications in the automotive industry, b). Applications in the electronic industry and c). Applications in other industry; d). Applications in the other industry; as presented in table 2.

Table 2. Description of three themes

Theme	Description	Quantity of papers
Application in the automotive industry	Manufacturing improvement projects related to the elaboration of parts and / or components dedicated to the automotive market	16
Application in the electronic industry	Manufacturing improvement projects related to the elaboration of parts and / or components dedicated to the electronic market	5
Application in the medical industry	Manufacturing improvement projects related to the elaboration of parts and / or components dedicated to the medical market	3
Application in the other industry	Manufacturing improvement projects related to the elaboration of parts and / or components dedicated to the other markets or sector	8

In this step, 32 MIP'S on the use of problem-solving tools in manufacturing companies located in Cd. Juarez, Mexico were identified; Appendix A shows Author, Year and Name of each of them.

 ISSN 2007-8102

The next step is to determine the tools that are critical to the success implementation of MIP (Table 2). For this step it is necessary to summarize the frequency of each tool, a total of 40 tools were found in the reviewed MIP.

Table 2. Problem-solving tools identified

Code	Quality Tools	Frequency
DE 1	2 sample t	10
DE 2	1 sample t	6
St 1	Descriptive statistics	24
St 2	Histogram	9
St 3	Boxplot	11
St 4	Proportions chart	4
St 6	Stratification	41
IC 1	Capability analysis	19
IC 11	X-R Chart	8
IC 16	1 proportion	7
IC 2	Normality test	34
IC 3	Design of experiments (DOE)	6
IC 7	R & R Study	6
QT 1	Pareto Chart	47
QT 2	Brainstorming	15
QT 3	Ishikawa diagram	14
QT 4	5 Why's	14
Z 1	Other (frequency = 1)	12
Z 2	Other (frequency = 2)	10
Z 3	Other (frequency = 3)	18

Once the total frequency is counted, it is necessary to perform a normality test. Although the results show that the data are not normally distributed, a means test is carried out to identify successful quality tools in Lean Sigma practice. The Means Analysis (ANOM) test can be used with normal response distributions, but ANOM with binomial or Poisson distributions can also be used. The test determined that 5 of the 40 quality tools can be considered critical, the most used tools are Descriptive statistics, Stratification, Capability analysis, Normality test and Pareto chart as shown in Figure 3.

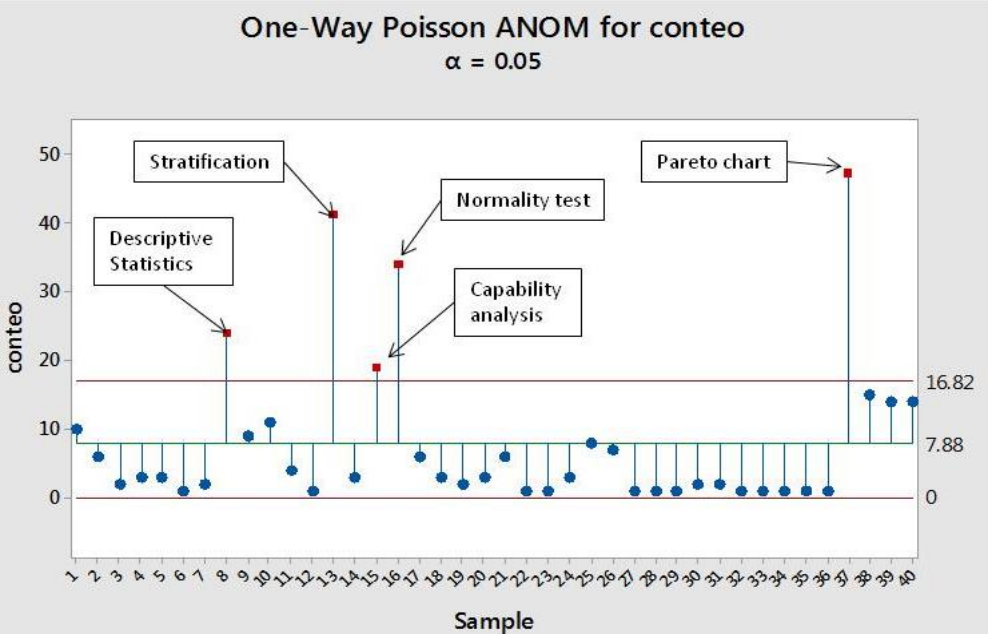


Figure 3. Analysis of Means for Tools Identified

Figure 3 reflects the most used critical tools that were identified in the projects oriented to the solution of problems in companies located in Cd. Juarez, nevertheless when giving a more in-depth follow-up on the obtained results it was found that the tools specified in the study are used in the first stages of the projects to obtain a description of the behavior of the processes, likewise it was observed that the same tools are also used in the last stages of the processes using the information they provide as a reference to measure the impact of the changes implemented in the project. In addition, the most commonly used tools used in problem-solving projects were collected in stages (Table 3).

Table 3. Top three of tools used in problem solving projects in Cd. Juarez by stages.

Stage	Top	Tool	Number of times used
Definition	1	Pareto	15
	2	Stratification	13
	3	Normality test	3
Analyze	1	Stratification	31
	2	Pareto	28
	3	Normality test	16
Implement	1	Pareto	19
	2	Ishikawa's diagram	14
	3	Brainstorming	12
Control	1	Pareto	38
	2	2 sample t test	18
	3	Descriptive statistics	17

The results of the identification of the most used tools by stages indicate that the analyzed studies seek to reflect the information in a simple way, since the fact that the Pareto tool is in all the stages denotes this situation.

Final Remarks

As shown in this review, companies in Cd. Juarez, México have been applying problem-solving tools to raise the levels of his metrics, innovations with a high impact on the market, and development of better products.

This investigation shows the problem-solving tools identified as the practices of manufacturing companies in Cd. Juarez, México. This research has the interest of identifying problem-solving tools used successfully and is intended to present a new perspective for professionals and researchers. The results show that at least 32 projects out of 58 mentions or explain the use of problem-solving tools in different cases or approaches. Therefore, the research to identify the problem-solving tools used successfully in the practice is a contribution to the field. Regarding the application of the MIP in engineering areas, for the use of problem-solving tools within the framework of research practices, it can be considered useful.

The study also shows that the most used tools are those that provide simple information to understand, likewise it was found that to reflect the impact of the change implemented, the same tools used to define the problem are used, implying that other types of information are unknown tools that can provide different types of information that support the results of the project

Even though the limitation of the study is the size of the sample (58), it is considered acceptable given that Hunter and Schmidt (2000) mention that the size of the study sample (from 25 to 1600), the Type I error for random effects it is always 5% as in the fixed effects with homogeneous cases. The results obtained are of great value, since they could be used to carry out more in-depth studies on the use of problem-solving tools in specific cases and even to propose new strategies for their application.

REFERENCES

1. Abdolshah, M., & Jahan, A. (2006, June). How to use continuous improvement tools in different life periods of organization. In Management of Innovation and Technology, 2006 IEEE International Conference on (Vol. 2, pp. 772-777). IEEE.
2. Basu, A. (2017). How to conduct meta-analysis: a basic tutorial.
3. Colín, E.N. (2007). Factores Organizacionales que Impactan en la Aplicación Exitosa de Células de Manufactura. Tesis de Maestría. Material no publicado. Instituto Tecnológico de Cd. Juárez.
4. Glass V. Gene. (1976). Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research, p. 3 8.
5. Hunter, J. E., & Schmidt, F. L. (2000). Fixed effects vs. random effects meta-analysis models: Implications for cumulative research knowledge. International Journal of Selection and Assessment, 8(4), 275-292.https://www.biz.uiowa.edu/faculty/fschmidt/meta-analysis/hunter_schmidt_2000_rev.pdf
6. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. The PRISMA Group (2009) Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med, 6(7).
7. Noriega, A., Chávez, A., Sánchez, J., Subramanian, A., Aldape, A., & Chavez, E. C. (2010). Critical Success Factors of Cellular Manufacturing Production. International Journal of Industrial Engineering, Special Issue – Mexico Conference, 400-408, 2010. ISSN 1072-4761
8. Ojinaga, E. R. P. (2018). Exploratory study of competitive intelligence in Mexico. *Journal of Intelligence Studies in Business*, *8*(3).
9. Tague, N. R. (2005). The quality toolbox (Vol. 600). Milwaukee, WI: ASQ Quality Press.
10. Valles, A., Sanchez, J., Aldape, A., & Colín, E. (2010). Critical Organizational Factors in the Success of Cellular Manufacturing Applications: A Meta-analysis Case Study. In IIE Annual Conference. Proceedings (p. 1). Institute of Industrial Engineers-Publisher.

Análisis de la problemática de las mipymes en el municipio de Zacapoaxtla

G. Mejía Méndez, O.J. Zapata Nava, D. Gómez Bonilla, L.E. Hernández Galindo, L. Munguía Inés*

Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Carretera Acuaco-Zacapoaxtla, Km 8. Colonia Totoltopec. C.p. 73680. Tel 595 11 33 408

* *mejia@colpos.mx*

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

El difícil momento por el que atraviesan las micros, pequeñas y medianas empresas (mipymes) en el contexto nacional, hace necesario estudiar su problemática. La importancia de las mypimes radica en que representan el 97% de los negocios del país, y generan la mayor parte del empleo. Las mipymes tienen limitantes internas que impiden su crecimiento y desarrollo. La falta de una política económica que inyecte vitalidad hace que su entorno sea más complicado. La presente investigación descriptiva mediante una muestra de 132 unidades económicas en el municipio de Zacapaoxtla, encontró que los principales problemas son: su tamaño, el 97.7% son micronegocios, un 44.6% con tres años en el mercado, el 57% se encuentra en la informalidad, y casi en su totalidad tienen problemas de financiamiento, además de no recibir apoyo gubernamental. Esto explica lo difícil que es para las mipymes permanecer en el mercado por cuestiones estructurales de la economía.

Palabras Clave: limitantes, economía, informalidad

Abstract

The difficult time that micro, small and medium enterprises (mipymes) go through in the national context, makes it necessary to study their problems. The importance of mypimes is that they represent 97% of the country's businesses, and generate the majority of employment. mipymes have internal limitations that impede their growth and development. The lack of an economic policy that injects vitality makes its environment more complicated. The present descriptive investigation through a sample of 132 economic units in the municipality of Zacapaoxtla, found that the main problems are: its size, 97.7% are micro-businesses, 44.6% with three years in the market, 57% are in informality, and almost all have financing problems, in addition to not receiving government support. This explains how difficult it is for mipymes to remain in the market due to structural issues in the economy.

Keywords: constraints, economy, informality

Introducción

La entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio, lejos de significar una área de oportunidad para la micro y pequeña empresa, vino a traer fatales consecuencias que agudizó su permanencia dentro del mercado. A partir de los últimos años en el país se da un proceso de changarrización, y la estructura económica es totalmente endeble. El Instituto Nacional de

Geografía e Historia (INEGI), a través de su Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad (Enaproce, 2018) da cuenta de la situación que guardan las empresas en el país, y el 97.6 % son micros o muy pequeños negocios, de los cuales se genera el 75.4% del empleo del país, la correspondencia con de esas cifras con los datos del empleo informal que ronda en el 60% es crítico. ¿Qué situación guardan estos negocios, y sus limitantes para prosperar en un ambiente económico bastante adverso?

La importancia de las mipymes es crucial en el desarrollo del país, aunque es poco el valor agregado que generan, acaparan el 11.4% de las ventas, mientras los grandes corporativos con poca presencia en el país, acaparan el 64.4% de las ventas. Una situación tan desventajosa para los pequeños negocios que siempre están vulnerables frente a las grandes firmas porque no pueden competir contra ellas.

Estos negocios emplean la mano de obra que se encuentra libre y que no puede ser adsorbida por los demás factores (Saavedra, 2008). En ese sentido también las Mipymes producen productos de bajo valor agregado.

En el caso del municipio de Zacapoaxtla el desarrollo de las pequeñas empresas ha venido aumentando en los últimos años. La actividad comercial dentro del municipio es económicamente importante, en primer lugar por ser punto de entrada de los pueblos de la Sierra Nororiental, que acuden a comprar o vender sus productos dándole una dinámica comercial a la región. Si la dinámica a nivel nacional de las Mypimes es su proliferación por la endeble estructura económica del país, es muy conveniente que los estudios locales nos ayuden a entender las consecuencias de este fenómeno en el corto plazo. Por ello la siguiente investigación mediante un estudio descriptivo nos ayudará a comprender la situación por la que atraviesan estas unidades económicas.

Metodología

El estudio se realizó en el municipio de Zacapoaxtla, el cual tuvo como objetivo investigar la problemática de las mipymes, e identificar los factores que ayudan o inhiben su eficiencia.
Para la interpretación e integración de datos se utilizara la siguiente técnica de investigación: aplicación de encuestas con 27 preguntas con opciones múltiples; implementando técnicas para cálculos estadísticos para la determinación de la muestra, ubicada en la zona geográfica centro de la ciudad de Zacapoaxtla Puebla.

La finalidad de convertir nuestros datos en información cuantitativa, consecutivamente reflejadas en gráficas en Excel, nos ayudara a detectar los factores y comportamientos que se presentan en las mipymes. El instrumento de investigación fue aplicado a una muestra obtenida con base a al total de unidades económicas. El instrumento se aplicó durante el mes de septiembre del 2018. Para poder determinar la población objetivo, se tomaron en cuenta los datos estadísticos obtenidos de INEGI sobre las micro, pequeñas y medianas empresas en el municipio de Zacapoaxtla, y se utilizó la formula estadística para la determinación de la muestra, para la cual se tomó en cuenta el 95% de confianza y un 5% de error permisible.

$$n = \frac{\frac{Z^2(p)(1-p)}{\beta^2}}{1 + (\frac{Z^2(p)(1-p)}{\beta^2 N})}$$

N= 677 P= probabilidad a favor 50% Q = probabilidad en contra 50%

D= margen de error calculado con z= 1.28 al tener un nivel de confianza del 95% $\beta = 0.05$ al tener un nivel del precisión del 95%

$$n = \frac{\frac{(1.28)^2(0.5)(1-0.5)}{(0.05)^2}}{1 + (\frac{(1.28)^2(0.5)(1-0.5)}{(0.05)^2(677)})}$$

 ISSN 2007-8102

$$n = \frac{\frac{(1.63)(0.25)}{0.0025}}{1 + (\frac{(1.63)(0.25)}{(0.0025)(677)})}$$

$$n = \frac{\frac{0.4096}{0.0025}}{1 + (\frac{0.4096}{1.6925})}$$

$$n = \frac{163.84}{1.2420}$$

$$n = 131.9162$$

n =131.9162

Para la recolección y recopilación de datos se llevó a cabo la utilización de herramientas informáticas, del programa “Google Forms”, en donde se emplearon métodos para lograr obtener información cuantitativa para la representación gráfica.

Resultados y discusión

Giro comercial

Respecto al giro comercial la tendencia de la tercerización de la economía está presente sin embargo es con un nivel de precarización en los negocios.

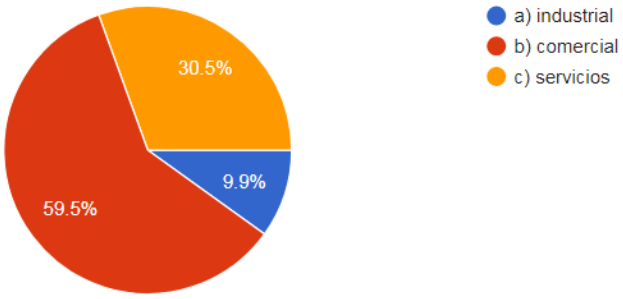


Figura 1. Giro comercial

Del total de las mipymes encuestadas en Zacapoaxtla se obtuvo que el 59.5% se encuentra en el sector comercial (minorista, mayorista, comisionista) y el sector industrial con un 9.9% (Panaderías, tortillerías, carpinterías, Estructuras metálicas, Confección de prendas de vestir) y por último el sector servicios corresponde con un 30.5%

Tamaño

El tamaño de los negocios tiene correspondencia con las cifras dadas por el INEGI en su encuesta nacional sobre Productividad y Competitividad de las Mipymes ya que se encontró que las microempresas del municipio corresponden a un 97.7%. Las empresas de mayor tamaño ocupan una proporción marginal.

 ISSN 2007-8102

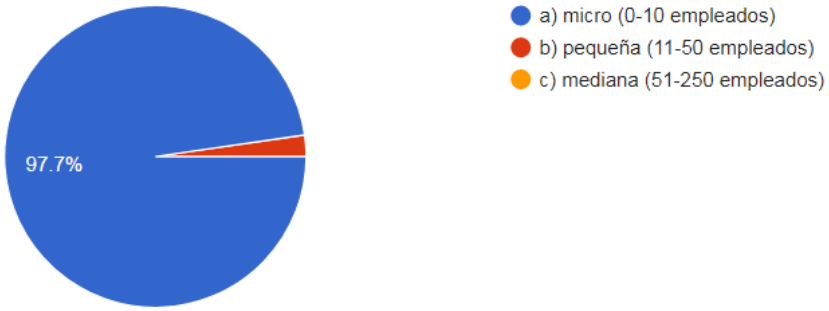


Figura 2. Tamaño de la unidad económica

Años en el mercado

La tendencia de los micronegocios negocios a nivel nacional es aparecer y desaparecer en los cinco primeros años, de ello se desprende que encontramos que en el municipio la mayor parte de las empresas son de reciente creación, y sólo un 22.3% se han ido consolidando.

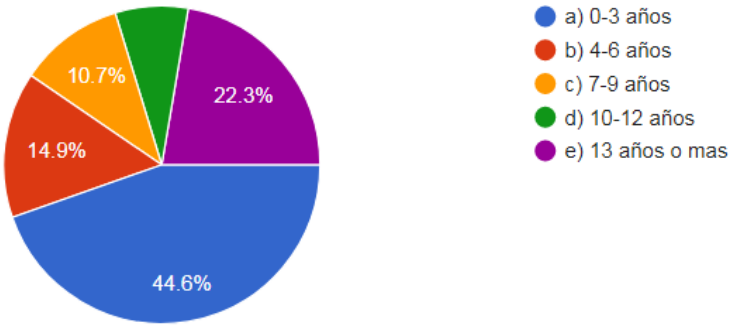
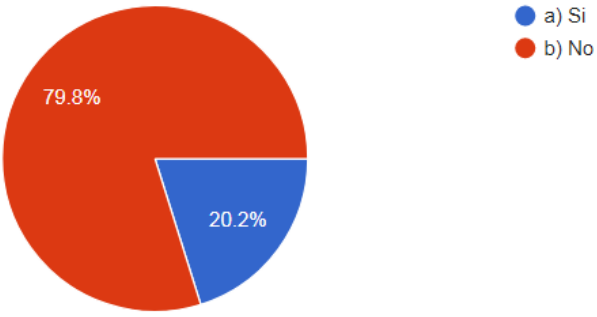


Figura 3. Edad de las empresas

El tamaño y difícil entorno económico influyen para que las empresas no puedan ampliarse internamente ni lograr hacer economía de escala con otra sucursal, teniendo que sólo el 20.29% cuenta con otra sucursal más



 ISSN 2007-8102

Figura 4. Unidades con más de una sucursal

Informalidad

Aunque las empresas reportaron estar legalmente constituida, la mayor parte de las unidades económicas sólo cuentan con permisos de la autoridad municipal, aun así se detectó que el 47.3% son empresas informales.

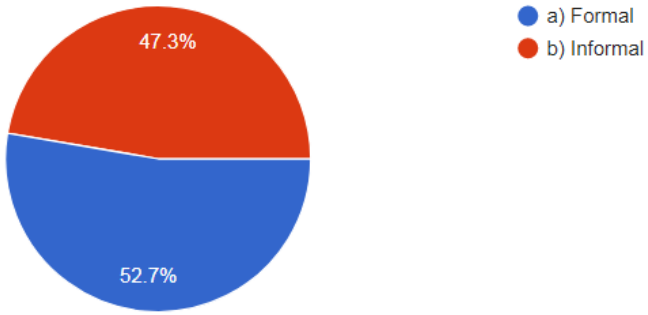


Figura 5. Formalidad de los negocios

El 82.4% de las empresas se encuentran bajo un régimen fiscal de persona física, esto refuerza la hipótesis de que son empresas que continúan consolidando.

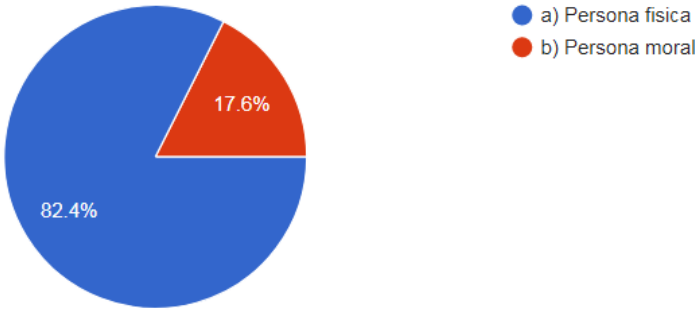


Figura 6. Régimen fiscal de las empresas

Salarios de los trabajadores

Una parte fundamental para el correcto funcionamiento de las empresas es la remuneración a los trabajadores por la actividad realizada, en ese sentido los pequeños negocios derivado del poco margen de utilidad ofrecen salarios muy bajos.

 ISSN 2007-8102

El sueldo promedio quincenal de los obreros y manuales oscila los $1500-$3000. El personan administrativos gana entre los $1,500-$3,000. Y los directivos tienen un sueldo estándar de $2,000-$4,000.

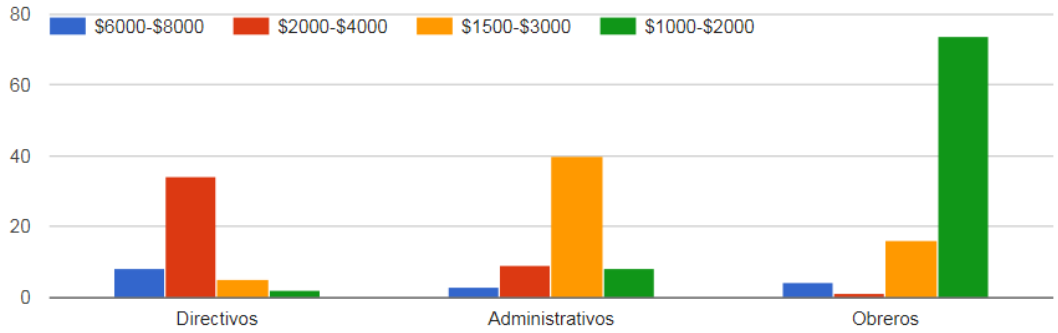


Figura 7. Salarios de los trabajadores

Frecuencia con la que se contrata personal

Hay un índice alto de contratos por un año de un 54.7%. Mientras que casi la mitad un 23.6% logra establecer contratos de 3 años en adelante. Así mismo casi la otra mitad corresponde a un 20.8% que se contrata cada año. La rotación de personal es notable debido al cambio constante de personal.

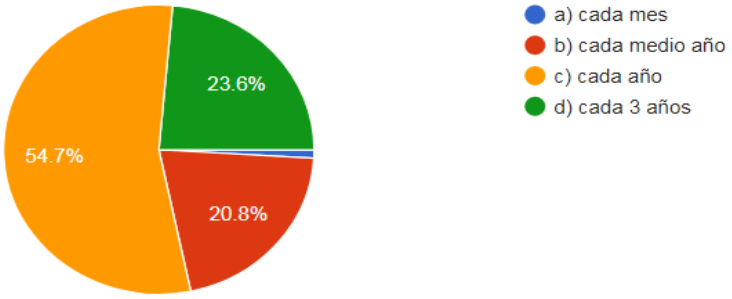


Figura 8. Rotación de personal

Predomina el contrato por tiempo indefinido con un 53.7% mientras que el contrato verbal corresponde un 30.9% se deben de incrementar contratos formales establecidos para disminuir la rotación de personal.

 ISSN 2007-8102

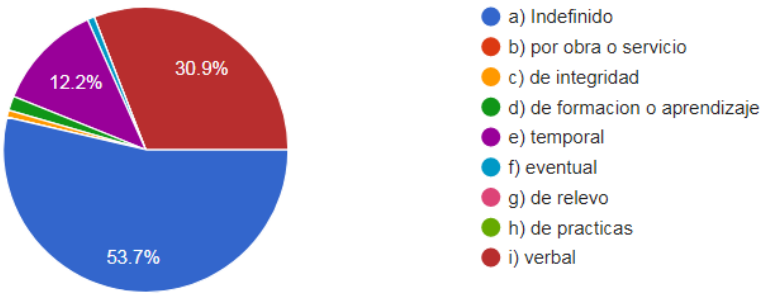


Figura 9. Tipo de contratos

Escolaridad de los empleados

La edad de los trabajadores de acuerdo a los datos recabados va de los 18 a los 30 años. Muchos de ellos apenas terminaron la preparatoria mientras que muy pocos cuentan con una carrera profesional. Los Administrativos tienen mejor conocimiento académico debido a que la mitad tiene una carrera concluida.

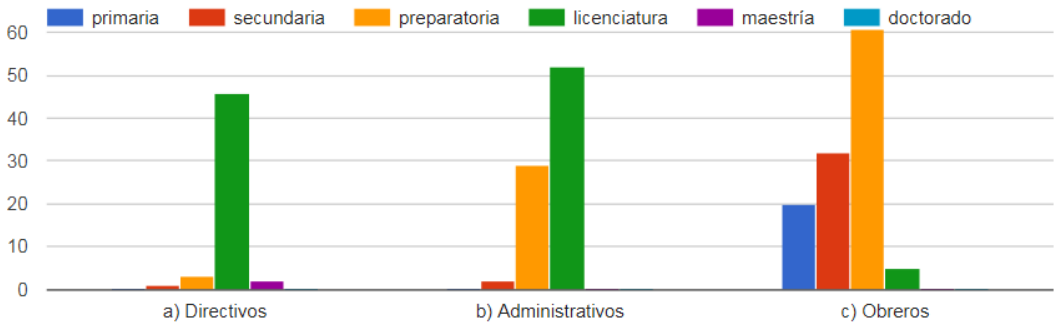


Figura 10. Escolaridad

12. **Nivel de rentabilidad de la empresa.**

La rentabilidad de las empresas es media en un 69.8%, en el nivel bajo y alto ocupan el 14% de todos los micro negocios y el resto que es de 2.2% su nivel de rentabilidad es de muy bajo. En ese sentido es difícil que un empresario señale que le va muy bien, por lo que regularmente la respuesta se queda en términos de medios.

 ISSN 2007-8102

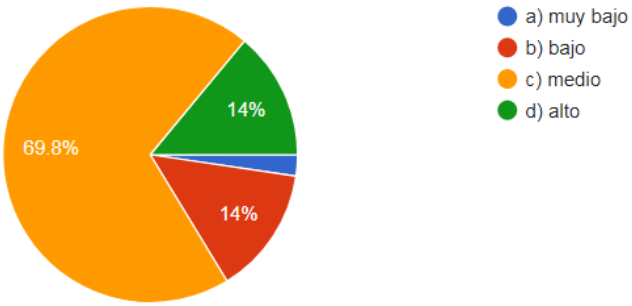


Figura 11. Rentabilidad de la empresa

Problemática

Los resultados obtenidos de la problemática encontrada en las mipymes siguen la misma tendencia de los análisis que se han realizado a nivel nacional.

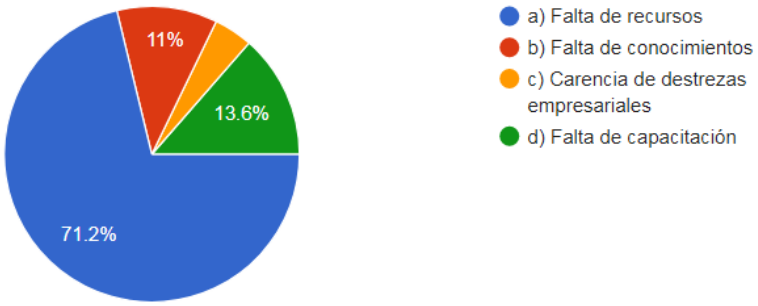


Figura 12. Problemática de las mipymes

Los principales obstáculos a los que se enfrentan estos pequeños empresarios, es que un 71% señala la falta de recursos que se requieren en una empresa, 13.6% es por la falta de capacitación ya que los microempresarios no conocían los requerimientos para formar una empresa, el 11% por la falta de conocimientos y el resto de 4.2% por la carencia de destrezas empresariales que se necesita para formar una empresa.

Financiamiento

El financiamiento es el principal obstáculo para poner un negocio, la mayoría no recibe apoyos a la hora de tomar la decisión de emprender.

 ISSN 2007-8102

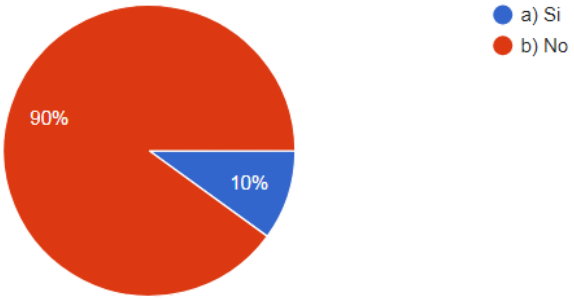
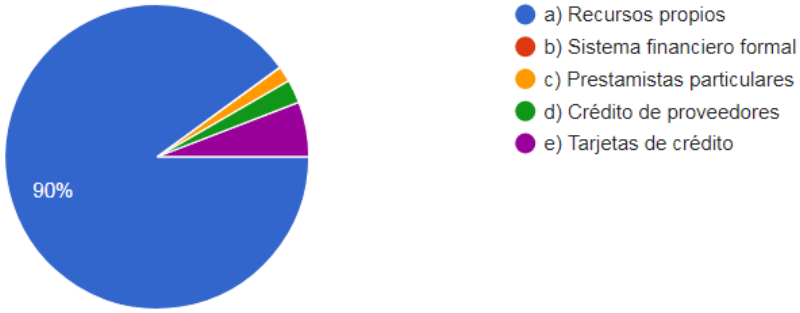


Figura 13. Financiamiento

La gran mayoría de los microempresarios formaron su pequeña sin financiamiento de otros establecimientos y ocupan el 90% de los micro negocios y el 10% si contaron con financiamiento.

Figura 14. Tipo de financiamiento



De los encuestados el 90% su principal financiamiento fueron los recursos propios con la que contaban en ese momento, el 5% obtuvo financiamiento con tarjetas de crédito para adquirir materia prima, el 3% obtuvo el crédito de sus proveedores y el resto que del 2% con prestamistas particulares.

¿Qué tipo de Herramientas administrativas manejan las MipyMes?

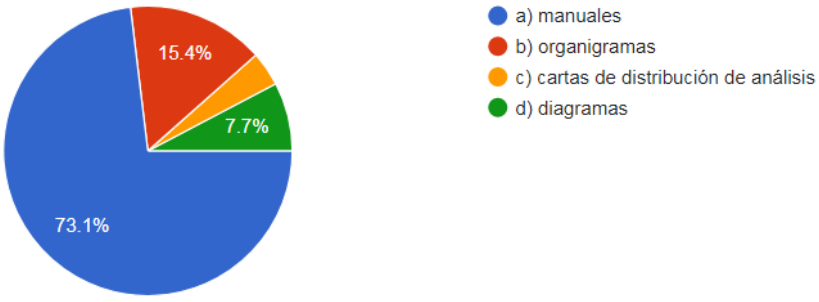


Figura 15. Herramientas administrativas de las mipymes.

De los pequeños negocios en la región nos interesaba saber las herramientas administrativas que se utilizan por lo que se obtuvo que solo el 73.1% utiliza manuales (de procesos, de calidad, inducción.), el 15.4% utiliza organigramas para determinar los puestos y funciones dentro de la organización no sin antes mencionar que el 7.7% utiliza diagramas para su administración y por último el 3.8% utiliza caras de distribución de análisis.

Conclusiones

Las micro, pequeñas y medianas empresas en Zacapoaxtla presentan las mismas problemática que a nivel nacional, la falta de organización, incertidumbre en el mercado y la economía, dificultades para invertir y muy poco acceso de financiamiento.

Los problemas derivados de su tamaño repercuten en bajas utilidades y bajas ventas.

Caen en un círculo vicioso ya que por falta de recursos no pueden mejorar su productividad, y por la baja productividad no pueden aplicar mejores procesos administrativos ni contratar de forma permanente a sus empleados.

Las Mipymes son la principal actividad económica dentro del municipio, pero sin al apoyo gubernamental de una política económica favorable a ellas, su permanencia está llena de incertidumbre.

La política pública debe intervenir en la consolidación de los pequeños negocios, porque la mayor parte del empleo depende de estos. Seguir con la misma problemática lo único que provoca en el corto plazo es que la estructura económica del país se encuentre totalmente vulnerable y propensa al colapso económico.

Referencias

1. Dussel, E. (2001) Claroscuros Integración exitosa de las pequeñas empresas y medianas empresas en México. Mexico.
2. Instituto Nacional de Historia Geografía e Historia (INEGI, 2017), Resultados de la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas.
3. Garza C, (2000) Creación de Mipymes: Objetivo Emprendedor (2010) Ingenierías, Vol. 3 No. 9.
4. Gongora G, (2010). El apoyo a la innovación de la Pyme en México. Un estudio exploratorio. Revista Investigación y Ciencia, Núm. 47. México.
5. Guapatin, C. (2003) Observatorio MIPYME: doce países de la región. Banco Interamericano de Desarrollo.
6. Mejía M, (2016) Precariedad del empleo rural en la Sierra Norte de Puebla. Congreso Multidisciplinario. México.
7. Pérez, Martha (2004). La PyME en el Tolima: características y problemas. En: Revista cuadernos de investigación. No. 7 Universidad Coruniversitaria Mayo. p. 37– 54.
8. Saavedra G, (2007) Caracterización e importancia de las MIPYMES en Latinoamérica: Un estudio comparativo. Actualidad Contable Vol 11, núm. 17. Venezuela
9. Solleiro, J., & Castañón, R. (2005). Competitividad y sistemas de innovación: los retos para la inserción de México en el cotexto global. Revista Iberoamericana, 5(15), 165-197.

Estrategias para la reutilización de aguas grises residenciales para proponer una empresa.

M.E.M. de J. Oregan Silva[1],M.E.R. Matías López[2], Dra.M. S. López Vigil[3], Dr.J. M. García Mejía[4] Ing. M. Martínez Campos [5]*

[1]Departamento de Metal – Mecánica, carrera de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Tehuacán,
[2,4, 5]Departamento de Posgrado e Investigación, Maestría en Administración, Tecnológico de Tehuacán.
[3]Departamento de Posgrado e Investigación, Maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico de Tehuacán.
Libramiento Tecnológico S/N A.P.247, Tehuacán Puebla.
**maoregansilva@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El agua es un recurso natural que cada vez escasea más, debido a la sobrepoblación y a las diversas actividades que realizan, normalmente cada persona debe tener acceso a la cantidad de 50 a 100 litros por día para cubrir sus necesidades domésticas y personales, sin embargo la escasez de agua cada vez afecta más la supervivencia. En este proyecto se propone un plan de negocios enfocado a la reutilización del agua gris de la lavadora y de la ducha, debido a que no requiere tratamiento químico para su uso. Se ofrecerán varias estrategias de instalación para reutilizar el agua gris residencial de acuerdo a la necesidad y presupuesto del cliente. El agua gris se podrá utilizar para riego de áreas verdes, plantas, cultivos; para lavar el patio, limpiar el piso y para el inodoro. Esto evitará reducir el uso del agua potable de hasta un 40% en estas actividades.

***Palabras clave**: estrategia, aguas grises, reutilización, negocio*

Abstract

Water is a natural resource that is increasingly scarce, due to overpopulation and the various activities they perform, normally each person must have access to the amount of 50 to 100 liters per day to cover their domestic and personal needs, however the Water shortage increasingly affects survival. This project proposes a business plan focused on the reuse of gray water from the washing machine and the shower, because it does not require chemical treatment for its use. Several installation strategies will be offered to reuse residential gray water according to the client's needs and budget. Gray water can be used for irrigation of green areas, plants, crops; to wash the patio, clean the floor and for the toilet. This will avoid reducing the use of drinking water by up to 40% in these activities

***Key words**:* strategy, gray water, reuse, business

Introducción

Desde julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció como derecho humano el acceso al agua. La resolución establece que cada persona debe tener acceso a una cantidad de entre los 50 y los 100 litros por día para cubrir sus necesidades domésticas y personales. Sin embargo, a pesar de ser reconocido como un derecho y un recurso clave en el desarrollo sostenible, la salud, la educación, el crecimiento económico y el medio ambiente, la Organización Mundial de Salud señala que la escasez de agua afecta a cuatro de cada diez personas a nivel internacional.

“En México, el agua destinada al abastecimiento público no ha logrado una cobertura en el país, porque no toda la población tiene agua o no dispone de ella diariamente”. En 2015, de acuerdo con INEGI, de un total de 29 048 251 hogares: 21.2 millones recibía agua diariamente, 4.4 millones cada tercer día, 1.6 millones dos veces por semana, 1.08 millones una vez a la semana (García J., 2018)

El proyecto está enfocado a aprovechar las aguas grises que proceden de duchas, y del agua de enjuague de la lavadora, ya que las aguas grises son un recurso que, una vez recicladas, puede sustituir el agua de consumo humano en algunos usos comunes como: recarga de cisternas de WC, riego de jardines, limpieza y lavado de pavimentos etc., en construcciones como: viviendas, hoteles, polideportivos, edificios Industriales, etc., son aguas residual que tuvieron un uso ligero, y que tiene un pH neutro.

 ISSN 2007-8102

Reutilizar las aguas grises es un componente importante de las prácticas sustentables del uso de agua, hay muchos beneficios en el uso de las aguas grises en lugar de agua potable para el riego. Usar aguas grises puede: disminuir el uso de agua potable de 16% a 40%, dependiendo del sitio y el diseño del sistema (Cohen 2009), disminuir el monto de los recibos de agua y la factura por aguas residuales, diversificar los suministros de agua municipales y proporcionar una fuente alternativa de agua para riego, reservando el agua tratada para necesidades de más alta calidad, reducir las necesidades de energía y químicos usados para tratar las aguas residuales. Otro beneficio de usar aguas grises, es que nos concientiza de nuestras fuentes de suministro de agua, ayudándonos a entender de dónde viene el agua que consumimos y a dónde va. Ser conscientes de nuestros suministros de agua, nos alienta a seleccionar productos más saludables y a comprometernos con nuestro jardín.

Al reutilizar las aguas grises del hogar, preservamos los recursos de agua para otros seres vivos. En armonía con una forma integral del uso del agua al diseñar jardines, el cultivo con agua de lluvia, los baños secos y la conservación de agua, usando las aguas grises como un recurso, nos ayudan a reducir la dependencia del agua importada y protegen nuestras cuencas hidrográficas. (Allen, 2015). Este proyecto busca describir y evaluar los aspectos y componentes de un sistema que permita reutilizar las aguas grises. Esto es, seleccionar los sistemas adecuados para la instalación de los equipos para captar el agua gris de acuerdo a las expectativas del proyecto, para implementar una empresa.

Metodología

Este proyecto tomo la importancia y relevancia que el análisis de la percepción social para una mejor implementación del plan para implementar una empresa que beneficie a la sociedad y al ambiente en cuanto a la reutilización de aguas grises. Por lo cual, para fines de esta investigación social-ambiental respecto a la percepción sobre la adopción de algún sistema de tratamiento de aguas grises doméstico, determinó la utilización de las estrategias de investigación del mercadeo social (o mejor conocido como “social marketing”). La cual, es la aplicación de las técnicas del marketing comercial para el análisis, planeamiento, ejecución y evaluación de programas diseñados para influir en el comportamiento voluntario de la audiencia objetivo en orden a mejorar su bienestar personal y el de su sociedad”. Esta definición pertenece a Alan Andreasen y fue publicada en su libro Marketing Social Change. Las encuestas de investigación de mercado ofrecen una forma rápida y accesible de llevar a cabo un análisis con segmentación del mercado.

El cuestionario que se aplicó se tomó como referencia, ya que fue utilizado en un proyecto denominado “sistemas de tratamiento de aguas grises domésticas, como una alternativa para la seguridad hídrica de Tijuana” el cual fue presentada por Wendy Soto Aguilar, para obtener el grado de: Maestría en Administración Integral del Ambiente en la ciudad de Tijuana, B.C., México. (2012). Por medio de esta encuesta se trató de la satisfacción del cliente.

Una vez aplicado el cuestionario a una población de 40 familias en lugares estratégicos se procede a examinar las respuestas con la escala Likert (Rosas, 2019). En el análisis Cualitativo de las encuestas se analizaron las respuestas y comentarios que dieron los encuestados. Esto es, se examinaron los resultados de cada sección que se utilizó en la encuesta de acuerdo a lo siguiente:

Haciendo una correlación entre las personas que estarían dispuestas en modificar el diseño de construcción de su hogar para instalar sistemas de tratamiento de aguas residuales, si tuvieran la posibilidad, pagarían cierta cantidad para instalarlos (Ver figura 1), se tiene lo siguiente:

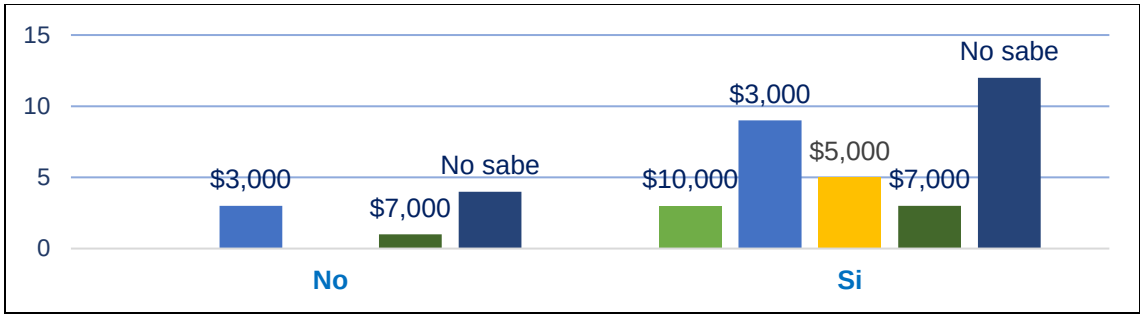


Figura 1. Correlación. (Fuente: elaboración propia)

 ISSN 2007-8102

De las personas que no tenían conocimiento del tratamiento de aguas residuales estarían dispuestas a implementar uno en sus hogares.(Ver figura 2)

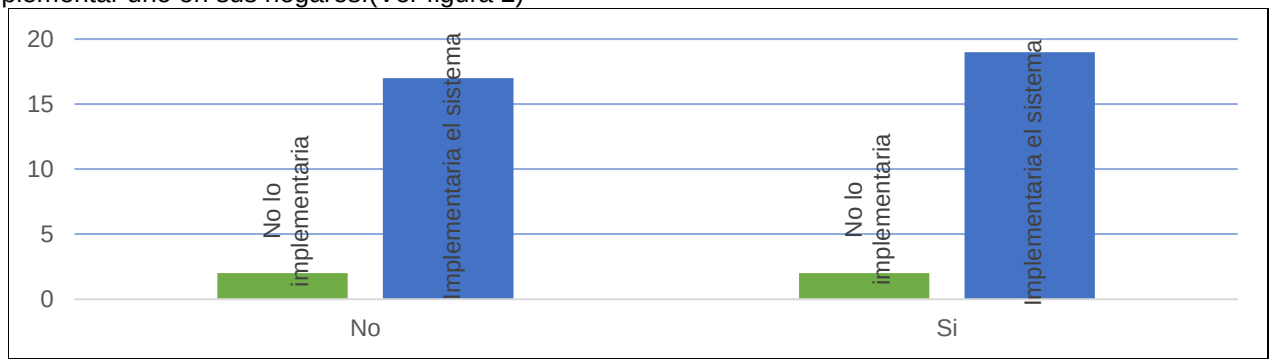


Figura 2. Correlación. (Fuente: elaboración propia)

Se apreció que de las personas que no tenían conocimiento de la reutilización de aguas grises, cuentan con un método para reutilizar el agua.(Ver figura 3)

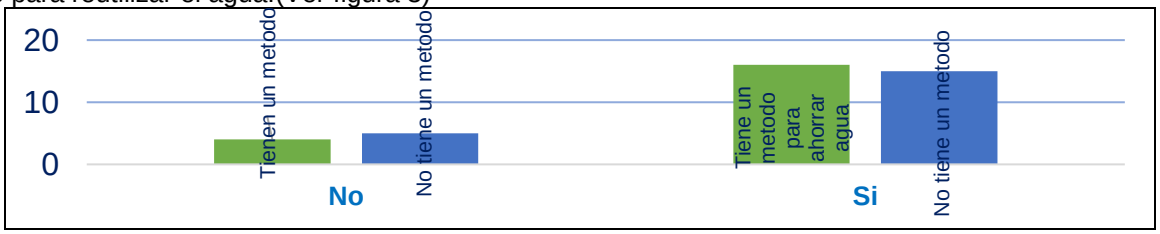


Figura 3. Correlación. (Fuente: elaboración propia)

En esta comparación se puede observar que las personas que a pesar de que el porcentaje de sus ingresos totales es menor del 5%, gastan “entre $101 y $500” mensuales, por lo tanto, el sistema de tratamiento de aguas residuales podría beneficiales para reducir el pago de su factura, sobre todo a aquellas personas que cuenten con un medidor.(Ver figura 4)

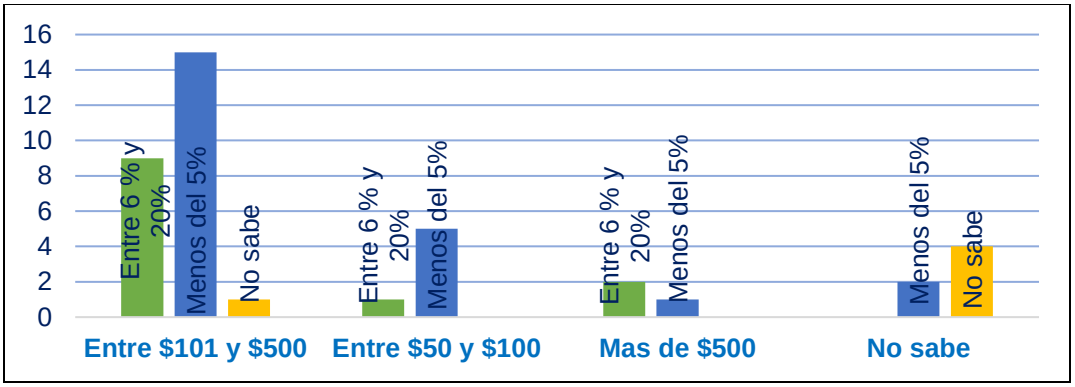


Figura 4. Correlación. (Fuente: elaboración propia)

La segunda parte se enfoca a las respuestas de las encuestas, y se centra en analizar una correlación entre las respuestas de los encuestados que permitan ayudar a definir quienes estarían más interesados en adoptar el sistema de tratamiento de aguas en base a sus necesidades, economía y convicciones.

Tabla 1. Resultados de la aplicación de una encuesta como parte de una investigación socio-ambiental

	SI	NO
Conocimiento de las agua grises	78%	22%
Conocimiento del tratamiento de aguas grises	53%	47%
Conocimiento de la reutilización de aguas grises	78%	22%
Manera en que se abastece de agua	Red de agua potable 98	Pipas 2

Cuenta con algún método para ahorrar agua	50%	50%
Razón que lo motivaría a reutilizar el agua tratada	La escases futura del agua 60%	Convicción sobre el cuidado del agua 35%
	La suspensión constante del agua 5%	
Sabe que el 50% de agua sucia que se genera en casa es agua gris	43%	57%
Adoptaría un sistema de tratamiento de aguas grises	98%	2%
Cuenta con espacio para almacenar agua tratada	58%	42%
Gasto mensual en el consumo de agua	Entre (101-500) 62% Entre (50 y 100) 15%	Más de 500 el 8% No sabe 15%
Porcentaje de ingresos para cubrir el consumo mensual de agua	Menos del 5%, 57% Entre 6% , 20% No sabe, 13%	

Se puede observar en la tabla 1, que la mayoría de las personas aun sin conocer que son las aguas grises, y que se pueden reutilizar, están dispuestos a implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, que podrían hacer modificaciones en su hogar, ya que la mayoría de ellas está preocupada por la escasez futura del agua, lo que daría como consecuencia un ahorro significativo en el pago de factura del servicio de agua potable, lo que a su vez significaría un ahorro en sus ingresos

Estrategias para reutilizar el agua gris de la lavadora

Las lavadoras son sistemas, que generan grandes cantidades de aguas grises, en este proyecto, solo se reutilizará el agua gris del ciclo de enjuague. (se tomó como referencia el esquema de instalación de la lavadora al jardín por SFPUC Graywater Manual) y a partir de esta fura se realizaron las demás estrategias de instalación del proyecto.

a) ***Agua gris de la lavadora al jardín (LAJ):*** El sistema de aguas grises obtenido de la lavadora para el sistema de riego al jardín fue inventado por Art Ludwig, el cual permite capturar las aguas grises de la manguera de descarga de la lavadora permitiendo reutilizar el agua sin alterar las tuberías existentes en el hogar.

Las opciones de las aguas grises de la lavadora son:

1. Si se cuenta con un área grande de jardín o de plantas ornamentales y se requiera constante agua de riego, entonces se realizará lo siguiente:

   A la salida del gua gris de la lavadora se instala un tubo de dos vías, el cual contará con una válvula cada vía o ducto: una vía controlará el agua de lavado la cual va conectada al drenaje y la otra vía será para controlar la salida del agua de enjuague la cual sería el agua gris. Una vez que la lavadora esté en proceso de enjuague se cierra una válvula para que por la otra vía tenga salida el agua gris y tenga conectada una manguera y que a su salida de la manguera tenga instalado un aspersor para el riego. (Ver figura 5)

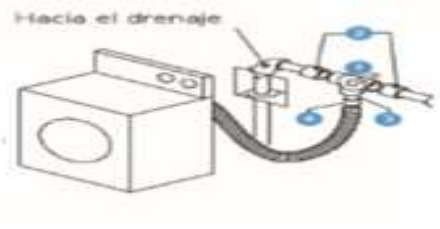


Figura 5. Conexión de la lavadora para obtener el agua gris al sistema de riego al jardín (elaboración propia)

2. Si no se cuenta con áreas verdes y se lava muy seguido, entonces se tendrá la necesidad de instalar un tanque de almacenamiento y el agua gris (agua de enjuague) de la lavadora que se reutilice según las siguientes opciones: (Ver tabla 2)

Tabla 2. Alternativas del uso del agua gris

Servicios
Reutilización para lavar el patio

 ISSN 2007-8102

Reutilización para riego de áreas verdes o plantas
Reutilización para el inodoro

b) **Agua gris de la lavadora para lavar el patio:** Se realizará el mismo procedimiento que el inciso (a) solo que la manguera irá conectada al tanque de almacenamiento, y del mismo tanque saldrá un tubo con una llave y se conectará una manguera para lavar el patio. (Ver figura 6)



Figura 6. Lavadora con el sistema de conexión para la salida del agua gris al tanque de almacenamiento (elaboración propia)

c) **Agua gris de la lavadora para riego de áreas verdes o plantas:** Se realizará el mismo procedimiento que el inciso (a) solo que la manguera se conectará al tanque de almacenamiento, y del mismo tanque saldrá un tubo con una llave y se conectará una manguera con aspersor para regar las plantas o jardín o áreas verdes. (Ver figura 7)

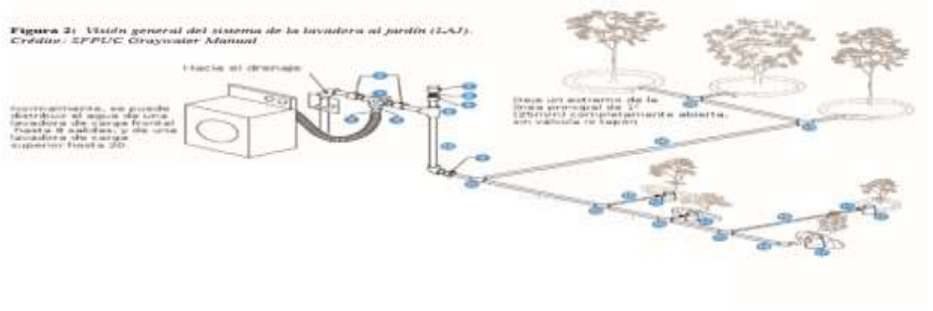


Figura 7. Instalación de la lavadora para obtener agua gris y se recolecte para el riego de jardines plantas o áreas verdes. (crédito SFPUC Graywater Manual)

d) **Agua gris de la lavadora para el inodoro:** Se realizará el mismo procedimiento que el inciso (a) solo que la manguera irá conectada al tanque de almacenamiento, y del mismo tanque saldrá un tubo con una llave, donde se instalará tubería para conectarse al inodoro, donde el tanque de registro del inodoro sea controlado por un sistema para el control del nivel de llenado y no cause derrames. Si el baño se encuentra en la primera planta de la casa o en la segunda planta, se requiere de la instalación de una bomba de ¼ de Hp.

Datos experimentales para la reutilización del agua gris de la lavadora

Existen diferentes tipos de lavadoras en tamaño, calidad, etc., en las cuales se puede aplicar el sistema de reutilización de aguas grises, pero en este caso se utilizó para su experimento en una lavadora de 17Kg y 20Kg. que en su manual de instrucciones cuenta con la siguiente tabla de consumo aproximado de agua en sus diferentes niveles de agua para la carga total, esto es para la lavada con jabón y enjuague para una sola carga o lavada.(Ver tabla 2)

Tabla 2. Niveles de agua requerida para lavadora de 17 Kg y 20 Kg.

Nivel de agua	17 kg carga completa	20 kgcarga completa
Muy bajo	90 litros	100 litros
Bajo/tenis	122 litros	126 litros
Medio	159 litros	172 litros
Alto /Edredón	204 litros	-
Alto		207 litros
Edredón		238 litros

Sin embargo, el agua de la lavada con jabón se iría directo a las aguas negras, y solo se obtendría el agua gris de la enjuagada, por lo que se procedió a lavar ropa a diferentes niveles de agua y se aprecia que el manual no indica las proporciones correctas apreciando que aumenta un 20% en cada rubro del nivel de agua, por lo que la tabla correcta del gasto de agua para lavado de carga completa se indica en la tabla 3, apreciando que en la lavada del edredón se derramaba el agua debido al aumento del 20% de agua normal incluso hasta podría descomponerse la lavadora debido a que no funcionaba porque los sensores no detectaban el llenado normal.

Tabla 3. Nivel de agua real de las lavadoras para 17 Kg. y 20 Kg.

Nivel de agua	17 kg carga completa	20 kgcarga completa
Muy bajo	110 litros	120 litros
Bajo/tenis	142 litros	146 litros
Medio	179 litros	192 litros
Alto /Edredón	224 litros	-
Alto		227 litros
Edredón		258 litros

Sin embargo, al realizar el experimento con el agua de enjuague se quedaba exactamente a la mitad de la cantidad de agua gris con respecto a la de la carga total.

Tabla 4. Nivel de agua que realmente gasta agua potable en una lavadora de 17 Kg. y 20 Kg. resultado de un agua gris de enjuague de la lavadora.

Nivel de agua	17 kg media carga	20 kg media carga
Muy bajo	55 litros	60 litros
Bajo/tenis	71 litros	73 litros
Medio	89.5 litros	96 litros
Alto /Edredón	112 litros	-
Alto		113.5 litros
Edredón		129 litros

De acuerdo con los litros de agua gris para su reutilización, sería suficiente utilizar un tanque de 350 a 750 litros para su almacenamiento, considerando que el agua será reutilizada para jardín, plantas ornamentales, inodoro, para lavar el patio.

El agua de enjuague de una lavada se dejó en reposo para observar si existía sedimento, pero en su caso solo se alcanzó un sedimento de 1 milímetro en un frasco de 250 ml, esto fue necesario realizarlo para identificar si las aguas de enjuague generaban lodos y poder realizar los cálculos para darle mantenimiento mediante un lavado al tanque de almacenamiento. (Ver tabla. No. 4)

Tabla 5. Sedimento del agua gris de la lavadora (agua de enjuague)

Sedimento	mm	cm
Por día	1	0.01
Por semana	5	0.05
Por mes	20	0.20
Por seis meses	120	12
Por doce meses	240	24

Estrategia para la captación del agua gris de la ducha

El consumo del agua potable para la ducha de una persona normalmente es de 138 litros, y está agua al ser usada se convierte en agua gris la cual puede ser reutilizada, en un porcentaje de un 90%. Esta agua gris puede ser utilizada para el inodoro o para riego de jardines, plantas ornamentales.

El agua gris que se obtiene de la ducha será mediante una tubería la cual estará conectada al tanque de almacenamiento, pero mediante esta operación en la coladera del drenado del agua de la ducha contará con una coladera que evitará que se filtren cabellos o jabón sobrante como resultado del baño. El tanque de almacenamiento contará con una bomba de ¼ de Hp para que cuando el inodoro requiera de agua se pueda utilizar.

El agua gris de la ducha al estar en el tanque de almacenamiento también se puede usar para el sistema de riego en áreas verdes o plantas no usando la bomba de agua ya que se aprovecharía la presión del tanque y se regularía con una válvula

con su respectiva manguera o tubería. Por lo que en la figura se puede aprecias como quedaría la obtención del agua gris y las dos formas de cómo podría quedar el tanque de almacenamiento del agua gris para su servicio. Esto es podría quedar un tanque de recolección del agua gris en la planta baja de la casa usando bomba de agua o bien podría también quedar el tanque en la parte superior de la casa para su reutilización.

Resultados y discusión

El agua que se normalmente se consume para ducharse en 10 minutos es de 200 litros de agua, según datos de la OMS, organización que, a su vez, recomienda gastar un 150% menos dicho esto el 20 de ene del 2014. Sin embargo, analizando este dato y usando la regadera se puede comprobar que se puede bañar una persona con 10 recipientes de 4 litros, lo que equivale a 40 litros, teniendo abierta la regadera solo enjabonarse y enjuagarse. Con esto se puede comprobar que se puede reducir el consumo de agua durante esta actividad, y los 40 litros serían equivalente a la cantidad de agua gris generada por una persona de bañarse al día.

Sin embargo, en una casa pueden existir de una a más personas, apreciando el consumo de agua de forma racional e irracional (Ver tabla 6)

Tabla 6. Diferencia del consumo de agua para la ducha de forma irracional e irracional

Número de personas que consumen agua al ducharse	Consumo de agua de 200 litros usada irracionalmente	Consumo de agua con 40 litros usada racionalmente
Una persona	200 litros	40 litros
Dos personas	400 litros	80 litros
Tres personas	600 litros	120 litros
Cuatro personas	800 litros	160 litros
Cinco personas	1000 litros	200 litros
Seis personas	1200 litros	240 litros

Durante este experimento se pudo apreciar que el sedimento por año del baño correspondiente a 5 personas al día, originaban 5 mililitros por día, por 7 días 35 mililitros, al mes 1,050 mililitros, a los 6 meses 6,300 mililitros, al año 12,600 mililitros en centímetros 1260, equivalente aproximadamente a 1,260 Kg.

Su relevancia social, el proyecto pretende ampliar el conocimiento y comprensión con respecto al rehúso del agua, enseñar actitudes, valores, y comportamientos, logrando que los individuos realicen conductas ambientales responsables y con ello, el uso eficiente y racional del agua, a partir de los cambios en los patrones o hábitos de consumo en los usuarios.

- Utilizar un sistema de almacenamiento para las aguas grises que contribuye al impacto del uso eficiente del agua, haciendo posible la reutilización del agua, para hacer que la conservación del agua sea alcanzable para más generaciones.
- Reducir el consumo mensual de agua con su reutilización, y menos manejo de bombas de agua para utilizar el agua, haciendo que rinda más el dinero en los hogares.
- Lograr la introducción de nuevas prácticas en los hogares, orientadas a mejorar el uso de los sistemas para el uso del agua reutilizada en el riego de jardines, arboles, etc.
- Cambiar los hábitos de ahorro de agua y conseguir que introduzcan en sus hogares sistemas eficientes.

El reutilizar el agua puede ayudar a reducir los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local y lo demuestra el creciente número de sistemas de reutilización en diferentes partes del mundo.

El proyecto está enfocado al Impacto ambiental ya que permite hacer uso racional del agua, en riego de plantas, arboles, lavado de patio, y el inodoro, evitando utilizar en exceso el agua potable y contribuyendo impacto ambiental como empresa social; otro aspecto importante es general empleos en las diferentes especialidades en la empresa como; investigadores, empleadores en albañilería, plomería y otros oficios.

De acuerdo a lo anteriormente, analizado, estudiado, se llega a la conclusión de que es una buena oportunidad para crear una empresa que desarrolle e implemente sistemas de tratamiento de aguas grises en los hogares en la ciudad de Tehuacán, Puebla., que mantenga el equilibrio entre los factores económicos, sociales y medioambientales.

 ISSN 2007-8102

La empresa que se pretende implementar, será una empresa que se dedique a asesorar e implementar sistemas para la reutilización de aguas grises. Los equipos para la reutilización de las aguas grises se instalarán de acuerdo a las necesidades de los clientes, ofreciendo alternativas técnicas, para su reutilización. También se realizaran servicios a las instalaciones existentes, con la finalidad de aprovechar en todo momento el uso del agua. El agua reutilizada será utilizada para riego en jardines y plantas ornamentales, y en algunos casos en plantas comestibles. (Ver figura 8)

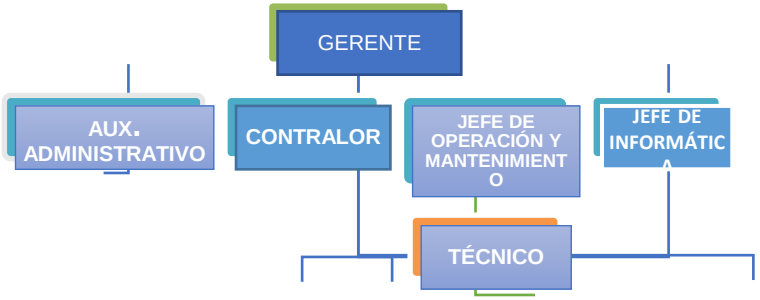


Figura 8. Organigrama de la empresa para el sistema de aguas grises.

Conclusiones

La aplicación del instrumento de evaluación contribuyo a identificar, que tanto se conoce sobre las aguas grises; sobre su reutilización, si el cliente podría ayudar al ahorro del agua potable implementando estrategias para el uso del agua gris y cuanto espacio dispondría para su aplicación, y cuanto dispondría para su implementación. Por lo que para para su implementación es necesario concientizar a las personas sobre el uso racional del agua, la importancia de su reutilización del agua gris, para contribuir a que se siga contando con este líquido varias generaciones.

La implementación de la empresa para la reutilización de aguas grises brindará servicio para ahorro del agua potable, mediante el rehúso del agua gris obtenida del agua de enjuague de la lavadora y de la ducha, la cual podrá ser almacenada y ser usada para inodoros, para riego de plantas, jardín o para lavar el patio. Proponiendo el diseño de varias estrategias al alcance de la necesidad y economía del ciudadano y así reduciendo el consumo de agua potable de hasta un 40% en las residencias.

Este proyecto no se ha aplicado en México, por lo que sería la punta de lanza en la Cd. de Tehuacán Puebla y posteriormente se extenderá a otras ciudades, con la finalidad de aprovechar al máximo el agua gris, sin afectar el medio ambiente y para que más generaciones puedan disponer de agua potable y lograr que los individuos realicen conductas ambientales responsables y con ello, el uso eficiente y racional del agua, a partir de los cambios en los patrones o hábitos de consumo en los usuarios.

Referencias

1. Allen, L. (Abril de 2015). Manual de diseño para manejo de aguas grises para riego exterior. Obtenido de https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf
2. Borrás, C. (15 de Diciembre de 2017). Aguas grises. Obtenido de https://www.ecologiaverde.com/aguas-grises-144.html
3. García J., L. (31 de 08 de 2018). Problematicas económicas del agua en México. Obtenido de http://ciencia.unam.mx/leer/775/problematicas-economicas-del-agua-en-mexico
4. Mateo, R. M. (s.f.).
5. Mateo, R. M. (1996). Situación actual y perpectivas futuras de la reutilización de aguas residuales como una fuente de recursos hidraúlicos. Ingeniería del agua, 1-10. Obtenido de Artículo: https://studylib.es/doc/7276624/situaci%C3%B3n-actual-y-perspectivas-futuras-de-la-reutilizaci...
6. Rivero, D. S. (2008). La encuesta y Escala de Likert. En Metodología de la investigación (págs. 62- 63 y 75-80). Shalom.
7. Rosas, I. (19 de Mayo de 2019). Escala de Likert. Obtenido de https://unadmdivisioncsba2019.wordpress.com/2019/05/19/escala-de-likert/
8. Sarmiento, M. L. (2014). Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo. Tecnológicas, 2-6.

Eficiencia de un evaporador de agua salada, mediante energías limpias. Avance de investigación

J.M. Torres Arreola [1], R.A. Santos Valencia[2], O. Ceh Soberanis[2].*
[1]Estudiante de Maestría de Ingeniería, ITESCAM, Av. Ah Canul s/n, por Carretera Federal sin colonia, C.P. 24900, Calkiní, Campeche, México
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, ITMÉRIDA, 01219, Mérida, Yucatán, México.
**rsantos@itescam.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En este artículo se plantea la posibilidad de realizar un prototipo que desalinice el agua marina utilizando energías limpias a partir de dos principios: (a) Destilación solar y (b) parabólico; se presentan los resultados obtenidos del sistema de evaporación. Los resultados sugieren que existen diversos factores que influyen en la velocidad de evaporación del agua. Estos factores son: el material con el que se elabora el recipiente desalador, la intensidad de la flama que proporciona la temperatura y el tipo de sistema que se utilizada para la evaporación. La importancia de este proyecto radica en que permitirá reducir las carencias que viven las comunidades marginadas y que no cuentan con los recursos y la infraestructura suficiente para lograr obtener el vital líquido que les permita tener un desarrollo de vida sano, digno y justo.

***Palabras clave**: Desalinización, Evaporador, Agua Marina, Energías Limpias.*

Abstract

One of the greatest needs of the world population is, since the seventies, the availability of fresh water that allows people to have an optimal quality of life, as well as being an indispensable factor for economic, industrial, social development and human. This document raises the possibility of developing a prototype that desalinates the water of marina using clean energies based on two principles: (a) Solar distillation and (b) parabolic; however, only the results obtained from the evaporation system are presented. The results suggest that there are several factors that influence the rate of water evaporation. These factors are: the material with which the desalting vessel is made, the intensity of the flame that provides the temperature and the type of system used for evaporation

***Key words:** Desalination, Evaporator, Marine Water, Clean Energies.*

Introducción

El agua es un recurso vital para la supervivencia no solo de las especies que habitan en el planeta, sino para la propia supervivencia del ser humano, además que es un factor indispensable para el desarrollo económico, industrial, social y humano. Sin agua no hay vida pues es el segundo elemento que permite mantener con vida a las especies, incluyendo al ser humano, el primer elemento es el aire y el tercero son los alimentos, una persona puede sobrevivir incluso varias semanas sin alimentos, pero solamente de 3 a 7 días sin agua y sin aire lógicamente moriríamos al instante.

Uno de los principales problemas que enfrenta la humanidad es precisamente la escasez de agua dulce de buena calidad y óptima para el consumo humano, la agricultura, la industria y

otras actividades (www.wwf.org.mx), problema que está presente también en México toda vez que un gran número de la población en diferentes estados y particularmente en el norte tiene dificultades para acceder a este recurso hídrico (www.conagua.gob.mx).

A nivel internacional han surgido conflictos incluso entre diferentes naciones por la posesión y distribución del vital líquido, en África y Asia es común que se den conflictos debido que en estos continentes es muy notoria la carencia de los recursos hídricos, pues algunos países están conformados en más del 50% por territorios completamente desérticos, (FAO, ROMA, 2013. Afrontar la escasez de agua) donde es casi imposible encontrar agua, en otros casos los ríos son parte la frontera que dividen a una nación de otra y entre ellas se genera una tensión por la posesión de este recurso, lo que casi siempre termina en conflicto.

Entre las principales causas de la escasez del vital líquido podemos citar en primer lugar la contaminación ocasionada por el ser humano, el cambio climático, la sobre explotación de los mantos acuíferos, una mala gestión de los recursos naturales o incluso problemas de orden financiero que no permiten la implementación de sistemas de tratamiento, potabilización y distribución del agua a la población, (www.wwf.org.mx) todo lo anterior ocasiona que la calidad de vida de una población se vea mermada y afecta principalmente a los más pobres, pues debido muchas veces a su situación les es difícil acceder a este recurso debido a que no cuentan con los medios para satisfacer sus necesidades.

Es tal la urgencia por resolver esta problemática que diferentes organismos a nivel internacional están sumando esfuerzos en busca de una solución que nos beneficie a todos, las Naciones Unidas, por ejemplo, han convertido este problema en uno de sus objetivos prioritarios dentro de la llamada agenda 2030, en el objetivo número 6 se establece que “se debe garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos y para todas”. De no atenderse esta problemática y de acuerdo a las Naciones Unidas se estima que para el año 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce. Por eso la meta 6.1 de dicha agenda es que de aquí a 2030 se pueda lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos y para todas.

El problema con la mayoría de estas técnicas es que para lograr su objetivo emplean energías fósiles lo que las convierte en una fuente contaminante, no podemos resolver un problema acrecentando el que ya tenemos, si buscamos obtener un aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos lo debemos hacer implementando energías limpias, renovables y amigables con el planeta, que no dañen el de ya de por sí muy lastimado medio ambiente, por fortuna estamos en el siglo XXI donde el avance tecnológico ha tenido un gran desarrollo en todas las líneas de investigación, incluyendo la gestión y optimización de los recursos hídricos. Está claro que debemos diseñar equipos que permitan alcanzar los objetivos trazados pero estos avances deben tener miras hacia la sustentabilidad tecnológica y ambiental, esto permitirá la mitigación del uso de combustibles fósiles, además que las inversiones económicas se verán reducidas.

Actualmente, una de las mayores necesidades de la población mundial es la disponibilidad de agua dulce que les permita a las personas tener una calidad de vida óptima, fundamental para un desarrollo sano, justo y sostenible para cualquier país. En los países en desarrollo se manifiesta la carencia de agua por varias causas, entre las que se encuentran la falta de recursos hídricos, la contaminación, la sobre explotación de las fuentes de agua, el crecimiento poblacional o incluso problemas de orden financiero, que no permiten la implementación de sistemas de tratamiento, potabilización y distribución del agua a la población.

 ISSN 2007-8102

Por lo anteriormente expuesto, se plantea la necesidad de buscar alternativas que permitan obtener agua dulce a partir de los cuerpos de agua, en particular, es necesario desalar agua marina para obtener el preciado líquido. Esta acción de desalinizar agua marina ha llevado a varias investigaciones; no obstante, las plantas desalinizadoras que existen en la actualidad, trabajan con energía eléctrica a partir de combustibles fósiles, lo que genera contaminación ambiental.

En este documento se plantea la posibilidad de realizar un prototipo que desalinice el agua marina utilizando energías limpias a partir de dos principios: (a) Destilación solar y (b) parabólico; sin embargo, únicamente se presenta los resultados obtenidos del sistema de evaporación. En este proceso, se pretende que el agua marina alcance una temperatura superior a los 100 grados Celsius para que logre la separación del agua y la sal mediante la evaporización.

Esta investigación forma parte de un proyecto de mayor envergadura titulado prototipo desaliñado de agua marina por medio de energías limpias, aprobado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM).

Objetivos

• General

Evaluar mediante distintas pruebas y diseños experimentales una serie de materiales a fin de diseñar y elaborar un evaporizador industrial que mediante la técnica de destilación nos permita extraer la sal del agua marina convirtiendo este recurso en agua dulce, lo anterior utilizando energías limpias y renovables, pues se pretende obtener el mayor aprovechamiento del recurso hídrico utilizando el menor número de insumos.

• Específicos

1. Estudiar las propiedades de ciertos materiales, a fin de determinar cuáles de ellos cumplen con estándares de calidad que nos permitan construir un prototipo que nos permita, mediante la técnica de destilación, extraer la sal de agua marina convirtiendo este recurso en agua dulce.
2. Elaborar pruebas y diseños experimentales que nos permitan determinar el proceso más apropiado para la separación de la sal del agua de mar mediante la técnica de destilación.
3. Estudiar fuentes de energías alternativas, a fin de determinar cuál de ellas ofrece el mayor rendimiento que nos permita alcanzar el objetivo de extraer la sal del agua marina mediante la técnica de destilación.

Metodología

El planteamiento metodológico se deriva de los objetivos generales de este proyecto, de los productos, los resultados que se esperaban obtener y de las acciones previstas para la consecución de este. El método propuesto para el desarrollo del presente estudio se desarrollará de la siguiente manera:

Tipo y diseño del estudio

Para elaborar un evaporizador industrial que permita extraer la sal del agua marina, es necesario realizar experimentos combinando diferentes tipos de materiales y grosor del recipiente, jugando con la intensidad de la flama que nos dará la temperatura y el tipo de

suministro del agua. Dicho estudio iniciará como descriptivo, evolucionando a correlacional pues se pretende determinar el material, el calibre y la temperatura adecuada para alcanzar el objetivo. El diseño será experimental con enfoque cuantitativo, por tal motivo, se utilizará un análisis multifactorial (3K), ya que se espera obtener el mayor aprovechamiento del recurso hídrico, el estudio se realizará en un laboratorio, utilizando técnicas de evaporación por destilación.

Muestra:

Para la obtención de datos se realizará una muestra que constará de: tres tipos de materiales: acero inoxidable, aluminio y cobre, se realizarán a diferentes temperaturas: baja, media y alta y se utilizarán diferentes calibres de los materiales: 22 (0.711 mm), 20 (0.890 mm) y 18 (1.24 mm). En ellos se medirá el tiempo en que se evapora 100 mlts. de agua. Estos datos se incorporarán en una matriz diseñada para tal fin.

Materiales e instrumentos

Para el experimento

Los materiales utilizados en el experimento son los siguientes:
1. Estufa con 3 diferentes medidas de quemadores
2. Recipientes de los siguientes materiales: aluminio, acero y cobre y diferentes calibres de grosor.
3. Agua de mar
4. Gas LP

Además de utilizar los materiales que se utilizarán en el experimento; también se utilizan los siguientes instrumentos:
1.- Matriz para datos de 3K
2.- Termómetro de infrarrojos
3.- Cronómetro digital de 60 segundos
4.- Matraz graduado de 300 mililitros.

Para el análisis de datos

1.- Se utilizará la paquetería de Excel 2010 y el software SPSS versión 19.

Procedimiento

Para obtener cada uno de los datos de las observaciones se realizará el siguiente procedimiento:
1.- Cada recipiente se pondrá directamente sobre la flama durante cinco minutos
2.- En cada observación se verterá 100 mlts de agua en el recipiente;
3.- Se cronometrará el tiempo en que este volumen se evapora, iniciando el conteo desde el momento en que se vierte el agua dentro del recipiente.
4.- Concluida la evaporación, se registrará el tiempo en la matriz diseñada para tal fin.
5.- Por cada ítem se realizarán 5 observaciones.

Plan de análisis de la información

Una vez recopilada la información se procederá a realizar el análisis multifactorial, mediante el diseño de tres factores (3K), y se determinará si existe diferencias significativas entre los factores estudiados (materiales, calibre y temperatura) y sus interacciones (material – calibre, material – temperatura, calibre - temperatura y material -calibre – temperatura).

Es importante señalar, que es necesario conocer si existe diferencia significativa en cada uno de los factores y en sus interacciones para poder determinar si estos influyen en el experimento, ya que, de existir tal diferencia, se concluiría que son relevantes y se procederá a realizar experimentos de manera particular (por factor) para determinar los factores que mayor incidencia se tiene en la evaporación.

Resultados y discusión

Se ha encontrado, en estudios similares, que son diversos los factores que influyen en la velocidad de evaporación del agua. Estos factores son: el material con el que se elabora el recipiente desalador, la intensidad de la flama que proporciona la temperatura y el tipo de sistema que se utiliza para la evaporación.

Los resultados de este estudio se presentan a continuación

a) Suma de las réplicas.

Tabla 1. Tiempo en que se evapora 100 mililitros de agua, tomando en cuenta el tipo de material del recipiente, la intensidad de la flama y el sistema.

SISTEMA	MATERIAL DEL RECIPIENTE								
	ALUMINIO			ACERO			PELTRE		
	FLAMA								
	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA
ABIERTO	20.7	7.2	3.87	19.8	8.03	5.27	25.7	11.5	9.8
	20.32	6.9	4.01	20.1	8.22	4.55	27.5	12.3	10.2
	20.8	7.4	3.99	19.7	7.99	4.12	25.9	12.5	11.2
CERRADO	9.22	4.35	3.01	8.22	5.5	4.11	12.5	10.2	8.3
	9.88	4.45	2.99	8.5	5.4	3.24	13.01	10.3	8.5
	9.72	4.03	3.01	8.36	5.16	4.42	12.8	11.3	8.9

b) Sumar las interacciones de los datos agrupados

Tabla 2. Suma de las interacciones de los datos agrupados.

Para la interacción del tipo de material X la intensidad de la flama Y2ij.= 102409.0755
Para la interacción del tipo de material X el sistema (Abierto/Cerrado) Y2ik.= 75117.5409
Para la interacción de la intensidad de flama X el sistema (Abierto/Cerrado) Y2jk.= 167075.0047.
Para la interacción del tipo de material X la intensidad de la flama X el sistema (Abierto/Cerrado) Y2ijk.= 45943.7859.
Para la sumatoria de cada una de las observaciones al cuadrado.

 ISSN 2007-8102

Y_{2jkt}.= 45943.7859

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA).
c) Tabla de ANOVA.

FUENTE	SC	GL	CM	Fo	F TABLAS	INTERPRETACION
A: Tipo de material	922.643511	2	461.321756	0.79444614	3.3541312	Se acepta Ho. No existe diferencia significativa en las medias del tipo de material
B: Intensidad de la flama	4500.30813	2	2250.15407	3.87500955	3.3541312	Se rechaza Ho. Existe diferencia significativa en las medias en la intensidad de flama
C: Sistema	1866.66482	1	1866.66482	3.21459944	4.21	Se acepta Ho. No existe diferencia significativa en las medias de los sistemas
AB	2144.96719	4	536.241797	0.92346658	2.7277665	Se acepta Ho. No existe diferencia significativa en las medias de las interacciones del tipo de material y la intensidad de la flama
AC	1129.00484	2	564.502422	0.97213445	2.7277665	Se acepta Ho. No existe diferencia significativa en las medias de las interacciones del tipo de material y los sistemas
BC	2696.65604	2	1348.32802	2.32196721	2.7277665	Se acepta Ho. No existe diferencia significativa en las medias intensidad de flama y el sistema
ABC	2278.67534	4	569.668836	0.98103157	2.3053133	Se acepta Ho. No existe diferencia significativa en las medias de las interacciones del tipo de material , la intensidad de la flama y el sistema
ERROR	20904.6056	36	580.683489			
TOTAL	36443.5255	53				

Conclusiones.

1. Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia suficiente para concluir lo siguiente:
✓ Tipo de material
✓ Sistema (cerrado/ abierto)

No afectan de forma significativa al experimento, esto quiere decir que estos afectan o alteran al tiempo que tardan 100ml de agua en llegar a su punto de ebullición.

2. Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia suficiente para concluir que las siguientes interacciones:
✓ Intensidad de la flama X Sistema (cerrado/abierto)

Afectan de forma significativa al experimento, esto quiere decir que este factor afecta o altera al tiempo que tardan 100ml de agua en llegar a su punto de ebullición

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior de Calkini en el Estado de Campeche, por las atenciones prestadas durante la realización de este proyecto, así mismo se reconoce y agradece al Instituto Tecnológico Superior de Mérida, Yucatán por brindar acceso a los laboratorios donde se pudo consumar parte importante de este proyecto de investigación.
Así mismo, agradezco también a mis compañeros de posgrado Eduardo Reyes Pérez y Carlos Andrés Sánchez García por el apoyo moral e interdisciplinario, ya que estuvieron siempre alentándome a no desistir y por el contrario continuar con la realización de este proyecto.
Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas. En este caso, mi más sincero agradecimiento al Dr. Raúl Santos Valencia, a quien agradezco menormente, pues fue el quien se tomó la tarea de abanderarme y apoyarme como mi director de proyectos, con cuyo trabajo estaré siempre en deuda. Gracias por su amabilidad para facilitarme su tiempo y sus ideas.

Referencias

1. https://agua.org.mx/ - Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C.
2. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/ - Objetivos de desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.
3. FAO, ROMA, 2013. Afrontar la escasez de agua, Un marco de Acción para la Agricultura y la Seguridad Alimentaria.
4. Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México-Robert H. Manson-2004.
5. www.wwf.org.mx - Qué son los riesgos hídricos, Guía sobre las consecuencias de la escasez de agua para el gobierno y las empresas.
6. www.conagua.gob.mx - Estadísticas del Agua en México, edición 2012.
7. El Recurso Agua En El Entorno De Las Ciudades Sustentables, Mc Ana Cecilia Padrón Cruz Y Dr. Pedro César Cantú Martínez.
8. Estadísticas Del Agua En México, Edición octubre 2016

Diagnóstico de Responsabilidad Social Empresarial: caso de estudio de la microempresa Instawatch

S. Cruz Castro[1], L. A. Peraza Pérez[1], P. G. Baqueiro López[1], M.D. López Noriega[1], L. Zalthen Hernández[1]*
[1]Facultad de Ciencias Económicas Administrativas, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, Col. Benito Juárez, C.P. 24110, Ciudad del Carmen, Cam., México
**pbaqueiro@pampano.unacar.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En el presente trabajo se analiza el caso de estudio de la microempresa comercial Instawatch con la finalidad de determinar el nivel de responsabilidad social empresarial (RSE) de la organización mediante la aplicación de un cuestionario en el que se identifican las prácticas de RSE que se llevan a cabo dentro de la misma. Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se realizó un estudio descriptivo no experimental el cual se encuentra dividido en tres partes: la primera de ellas consiste en la elaboración del marco teórico; la segunda parte es la recopilación de información; y, la tercera el análisis de los datos obtenidos. Por último, con base a los resultados obtenidos del análisis, se identificó la situación en que se encuentra la empresa respecto a la RSE en el que se encuentra la empresa.

***Palabras clave**: Mipymes, responsabilidad social empresarial, buenas prácticas.*

Abstract

This paper analyzes the case study of the Instawatch commercial microenterprise with the purpose of determining the level of corporate social responsibility (CSR) of the organization by applying a questionnaire in which the CSR practices that are carried out are identified out within it. To carry out this research work, a descriptive non-experimental study was carried out which is divided into three parts: the first one consists in the elaboration of the theoretical framework; the second part is the collection of information; and, the third, the analysis of the data obtained. Finally, based on the results obtained from the analysis, the situation in which the company is in relation to the CSR in which the company is located was identified.
***Key words**: SME's, corporate social responsibility, good practices.*

Introducción

Cuando una empresa decide ser socialmente responsable, sin importar el tamaño de la misma, debe ser considerado como una actividad natural, la cual debe nacer por parte de las personas que integran la organización. De esta manera se podrá tomar conciencia de las implicaciones que ello genera, pues se trata de una cultura empresarial que debe ser adoptada y esparcida por la alta dirección de la empresa para actuar en beneficio, no solo de los trabajadores o del entorno inmediato, sino también beneficiar a la sociedad y las zonas de influencia de la organización.

Dado lo anterior, es importante mencionar que, para los directivos de la Mipyme, el adoptar este tipo de prácticas no necesariamente significa realizar grandes desembolsos monetarios, ya que por su tamaño, es posible facilitar la implementación de prácticas socialmente responsables, por ejemplo: el implementar valores y transparencia en el manejo de los recursos de la empresa, contribuir al bienestar de la sociedad, respetar el entorno ecológico, involucrar al personal en la toma de decisiones, mejorar las condiciones de trabajo, sólo por mencionar algunas.

En el presente trabajo se analiza a la microempresa comercial Instawatch, que inició actividades en 2017 con 2 colaboradores; la finalidad de este análisis es identificar las prácticas de responsabilidad social empresarial que

 ISSN 2007-8102

se llevan a cabo dentro de la misma, para determinar su nivel de desarrollo en RSE, así como proponer a la microempresa acciones que logren aportar beneficios sociales, económicos y medioambientales.

Metodología

Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se realizó un estudio descriptivo no experimental el cual se encuentra dividido en tres partes: la primera de ellas consiste en la elaboración del marco teórico, para lo cual se realizó, en primer término la identificación de los términos relevantes para la investigación: RSE y Mipyme, posteriormente se llevó a cabo una exploración en buscadores académicos de la literatura clásica y las publicaciones relacionadas con la RSE y Mipymes realizadas durante los últimos 5 años. La segunda parte de la investigación corresponde a la recopilación de información, mediante la aplicación de un cuestionario; y la tercera parte consistió en la elaboración del plan de acción para la empresa estudiada.

Revisión documental

En la actualidad la responsabilidad social ha tomado gran importancia en las organizaciones, sobre todo por los beneficios que se obtienen como: reconocimiento de la marca, atracción de clientes, buena cultura organizacional, manejo transparente y ético; cabe recalcar que para que la empresa obtenga estos benéficos debe implementar ciertas prácticas como: el cuidado del medio ambiente, apoyo a la comunidad, mayor comunicación y compromiso por parte de los directivos y trabajadores, implementar valores éticos, que les ayude a generar una mayor competitividad y productividad de la misma. Para poder entender la RS es necesario tener claro su significado, por lo que a continuación se presentan algunas definiciones de la misma:

Autor y Año	Concepto de responsabilidad social
Bowen (1953)	Las obligaciones de los empresarios para impulsar políticas corporativas para tomar decisiones o para seguir líneas de acción que son deseables en términos de los objetivos y valores de la sociedad, y creía que la responsabilidad social era una idea voluntaria de los empresarios para intentar contrarrestar los problemas económicos y alcanzar los objetivos de su organización.
Frederick (1960)	“Implica una postura hacia la economía y recursos humanos de la sociedad y una disposición para ver que aquellos recursos son usados para fines ampliamente sociales y no simplemente para los intereses de las personas privadas y las empresas”.
Carroll (1979)	“La responsabilidad social de los negocios que abarca las expectativas económicas, legales éticas y discrecionales que la sociedad tiene de las organizaciones en cierto periodo de tiempo”.
Drucker, (1984)	“Es convertir un problema social en una oportunidad económica, en un beneficio económico, en una capacidad de producción, en una competencia humana, en trabajos bien remunerados, en riqueza”.
Kloter y Lee (2005).	“La responsabilidad social corporativa es un compromiso de mejorar el bienestar de la comunidad a través de prácticas de negocios discrecionales y contribuciones de recursos corporativos”.
Dahlsrud, (2008)	“Es el compromiso continuo de las empresas a comportarse éticamente y contribuir al desarrollo económico, mientras que mejora la calidad de vida de los trabajadores y sus familias, al mismo tiempo a la comunidad local”.

 ISSN 2007-8102

Autor y Año	Concepto de responsabilidad social
Centro Mexicano de Filantropía (CEMEFI) (2015)	Nueva forma de gestión empresarial, en la cual la empresa se ocupa de que sus operaciones sean sustentables en lo económico, lo social y lo ambiental, reconociendo los intereses de los distintos grupos con los que se relaciona y buscando la preservación del medio ambiente y la sustentabilidad de las generaciones futuras.
Alianza por la RS por México (AliaRSE) (2016)	Es el compromiso de cumplir íntegramente con la finalidad de la empresa, considerando y respondiendo las expectativas económicas, sociales, humanas y ambientales, tanto en lo interno, como en lo externo de todos sus grupos relacionados demostrando el respeto por las personas, las comunidades, los valores éticos y el medio ambiente.

Tabla 1. Conceptos de responsabilidad social. Fuente: Elaboración propia a partir de: Bowen, H. (1953, p.40), Frederick, W. (1960, p.40), Carroll, A. (1979, p.40), Drucker, P. (1984, p.40), Kotler, P. y Lee, N. (2005, p.40), Dahlsrud, A. (2008, p.271), Centro Mexicano de Filantropía (CEMEFI) (2015, p.39) y Alianza por la RS por México (AliaRSE) (2016, p.3).

En relación a lo anterior, se puede entender que la responsabilidad social no está diseñada únicamente para las grandes empresas, sino para todas las organizaciones que contribuyen y generan valor a la sociedad en la cual se encuentran inmersas, en este sentido Argandoña (2008) señala que es importante que los directores de las empresas, grandes o pequeñas, entiendan el significado de la responsabilidad social y tomen acciones para la implantación de prácticas socialmente responsables. Por otra parte, para que la RS sea aplicada a las empresas debe tomarse en cuenta sus características y forma en que se incorporará, ya que debe realizarse de manera voluntaria, integrando consideraciones sociales y ambientales en su toma de decisiones, la rendición de cuentas por los impactos de sus decisiones y actividades en la sociedad y el medio ambiente, para lo cual se requiere un comportamiento transparente y ético que contribuya al desarrollo sostenible, cumpla con la legislación aplicable y sea coherente con la normativa.(Organización Internacional de Normalización (ISO 26000), 2010, p.1). Esta misma organización, define 7 materias fundamentales de la responsabilidad social que las empresas:

Materia	Descripción
Gobernanza de la Organización	Es el sistema a través del cual una organización implementa acciones para lograr sus objetivos. Es por ello que es el factor más importante por el cual la organización se responsabilice de los impactos de sus decisiones y actividades para integrar la responsabilidad social en toda la organización y en sus relaciones.
Derechos Humanos	Son los derechos básicos que le corresponden a cualquier ser humano. Se consideran dos categorías. La primera concierne a derechos civiles y políticos. La segunda concierne a los derechos económicos, sociales y culturales.
Prácticas Laborales	Comprende todas las políticas y prácticas relacionadas con el trabajo que se realiza dentro, o en nombre de la organización, incluido el trabajo subcontratado. Esta se extiende más allá de la relación de una organización con sus empleados directos o de las responsabilidades que una organización tenga en un lugar de trabajo de su propiedad o que este bajo su control directo.
Medio ambiente	Las decisiones y actividades de las organizaciones invariablemente generan un impacto en el medio ambiente, independientemente donde se ubiquen.Entre los impactos se encuentra el uso de los recursos, la localización de las actividades de la organización, residuos y los impactos de las actividades de la organización.

 ISSN 2007-8102

Materia	Descripción
Prácticas justas de operación	Es la conducta ética de una organización y las transacciones con otras organizaciones. Es por ello que, en la responsabilidad social, las prácticas justas se refieren a la manera en que una organización utiliza su relación con otras organizaciones para promover resultados positivos.
Asuntos del consumidor	Indica que las organizaciones que proporcionan productos y servicios a consumidores, así como a otros clientes, tienen responsabilidades hacia ellos. Entre las responsabilidades de los consumidores incluyen minimizar el riesgo por uso de productos y servicios, distribución, entrega de información precisa, servicios de apoyo, información de mercadeo transparente, promoción del consumo sostenible, diseño y servicio que permitan acceso a todos.
Participación activa y desarrollo de la comunidad	Las organizaciones tienen cierta relación con las comunidades en las que ellas operan y debe estar basada en el involucramiento de la comunidad con el fin de contribuir a su desarrollo. Las organizaciones se involucran con las comunidades con la creación de empleos mediante la expansión y diversificación de las actividades económicas y el desarrollo tecnológico, así como también invirtiendo en iniciativas de desarrollo económico local; ampliando programas de educación y desarrollo de los habitantes.

Tabla 2. Materias de la responsabilidad social. Fuente: Elaboración propia a partir de: la Guía de responsabilidad social, (ISO 26000) (2010, p.21-75).

Tomando en cuenta todo lo anterior se debe considerar la promoción de prácticas laborales que sean beneficiosas para todos sus grupos de interés, informarse de la importancia que la responsabilidad social tiene en la implementación de nuevas estrategias, normas y políticas organizacionales con el fin de que se detecten los problemas, para así buscar una solución efectiva y duradera a éstos.

Recopilación de datos

Para la recopilación de datos se diseñó un cuestionario de 166 ítems con base en las directrices de responsabilidad social definidas en la Guía de responsabilidad social ISO 26000 (2010), dicho instrumento fue validado mediante juicio de expertos: profesores investigadores de la Universidad Autónoma del Carmen y de la Universidad Veracruzana cuya línea de investigación incluye la RSE.

Para determinar el nivel de RSE en que se encuentra la empresa dicho instrumento fue contestado en línea por la propietaria de la microempresa, previa capacitación en el denominado “Taller de responsabilidad social para emprendedores”, en el que se presentaron los fundamentos teóricos de la RSE a los asistentes, así como las instrucciones para el llenado del instrumento.

La puntuación de cada pregunta se obtuvo al establecer una escala de 0 a 1 conforme a la realización de prácticas de responsabilidad social, siendo que para respuestas negativas se daría un valor de 0, para respuestas en que dichas prácticas se realizan de manera parcial el valor propuesto es de 0.5, mientras que para las respuestas afirmativas el valor corresponde a 1. Por tanto, cada materia podrá alcanzar la puntuación máxima descrita en la siguiente tabla, de acuerdo con el número de preguntas por tema.

Directriz	N. de Preguntas
Gobernanza de la organización	40 puntos
Derechos humanos	24 puntos
Prácticas laborales	20 puntos
Medio ambiente	31 puntos
Prácticas justas de operación	15 puntos
Asuntos de consumidores	12 puntos
Participación activa y desarrollo de la comunidad	24 puntos
Total	166 puntos

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Puntuación máxima por directriz. Fuente: Elaboración propia con base en los datos del cuestionario.

Para cada directriz se considera un factor de corrección, la suma de estas producirá la nota general de la empresa (máximo 70 puntos). De acuerdo a la metodología descriptiva no experimental aplicada en este proyecto y utilizada por Zalthen, Lopez y Liñan (2010, p.5) en un taller similar, se utilizó un factor de corrección por directriz el cual quedará como se muestra en la siguiente tabla:

Directriz	Factor de Corrección
Gobernanza de la organización	0.25
Derechos humanos	0.41
Prácticas laborales	0.50
Medio ambiente	0.32
Prácticas justas de operación	0.66
Asuntos de consumidores	0.83
Participación activa y desarrollo de la comunidad	0.41

Tabla 4. Factor de corrección por directriz. Fuente: Elaboración propia con base en los datos del cuestionario.

Análisis de datos

En el análisis del desempeño global de la empresa, se debe considerar el total general alcanzado por la suma de las notas de las directrices (máximo de 70 puntos). Esa nota posicionará a la empresa con respecto a su realidad en relación a la RSE. De esa forma, evaluaciones anuales indicaran la evolución de la empresa a partir de los resultados alcanzados.

Puntos	Situación	Descripción
0 < 16	RSE incipiente	La empresa tiene grandes oportunidades de mejorar, pues aún no posee una gestión orientada a la responsabilidad social empresarial, la herramienta utilizada va a ayudar a planear una firma más estructurada de aumentar la calidad y la extensión de las acciones dirigidas hacia la RSE.
16<36	RSE en desarrollo	La empresa ya realiza acciones en el ámbito de la responsabilidad social empresarial. Es necesaria la búsqueda de prácticas de RSE e ideas sobre cómo desarrollar acciones creativas y formas de superar obstáculos.
36<56	RSE en marcha	La empresa ya asimiló los conceptos de RSE y tiene claridad de los compromisos necesarios para una gestión socialmente responsable. Esos compromisos están generando aspectos positivos en el negocio, por medio de una relación más próxima y productiva con las partes involucradas (gobierno y sociedad, comunidad, público interno, clientes, proveedores). En esta etapa, la empresa posee madurez para profundizar algunos aspectos de esa gestión. Analizar los temas individualmente y buscar la estrategia más adecuada para perfeccionarlos, elaborar una planificación a mediano y largo plazo. Profundizar en las directrices abordadas asistiendo a conferencias, cursos, encuentros empresariales o consultando bibliografía.
56≤70	RSE consolidada	La empresa está bien informada de los temas emergentes de gestión y utiliza la RSE para alcanzar sus objetivos. En esta fase se torna viable la búsqueda de socios y de alianzas intersectoriales como forma de potenciar el desempeño de la empresa y adquiere importancia la sistematización de conocimientos, como medio de colaborar con otras empresas.

 ISSN 2007-8102

Tabla 5. Nivel de RSE de acuerdo a la puntuación obtenida. Fuente: Elaboración propia con base en los datos del cuestionario.

Resultados y discusión

La aplicación del cuestionario se realizó en línea, por medio de la Plataforma de Apoyo de Educación Presencial (PAEP) de uso de la Universidad Autónoma del Carmen, que funcionó como medio para la aplicación del instrumento, para ello fue necesario que la dueña de la microempresa Instawatch asistiera a un curso-taller nombrado "Taller de responsabilidad social para emprendedores", en el que se proporcionó información importante sobre RS para las microempresas y la explicación sobre la forma en que está integrado el cuestionario, así como las instrucciones para responderlo. Posteriormente se llevó a cabo el análisis de evaluación, con el fin de conocer el grado de aplicación de responsabilidad social que maneja la empresa, obteniendo los siguientes resultados:

Directrices	Grado de aplicación
Gobernanza de la organización	5.63 puntos
Derechos humanos	4.79 puntos
Prácticas laborales	4.00 puntos
Medio ambiente	3.39 puntos
Prácticas justas de operación	5.33 puntos
Asuntos de consumidores	8.33 puntos
Participación activa y desarrollo de la comunidad	4.17 puntos
Total	35.64 puntos

Tabla 6. Resultados obtenidos por la microempresa. Fuente: Elaboración propia con base en los datos del cuestionario.

A partir de los resultados anteriores, se utilizó una herramienta para graficar lo obtenido, de la cual se obtuvo la siguiente figura:

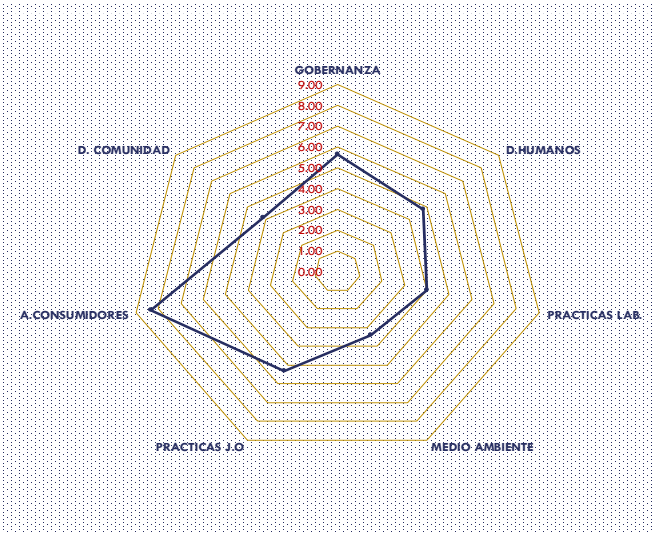


Figura 1. Nivel de responsabilidad social de la microempresa. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del cuestionario.

En la figura 1, podemos ver de manera gráfica los resultados obtenidos por la microempresa Instawatch, destacando el resultado en las directrices de "Asuntos de los Consumidores" y "Prácticas justas de operación", en las que la empresa obtuvo las mayores puntuaciones con 8.33 y 5.33 respectivamente, lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por López-Mateo, C. Ríos-Manríquez, M. y Sánchez-Fernández, M. (2017), quienes encontraron que una de las principales variables relacionada con la inclusión de acciones de RSE en las Mipyme

del sector comercial es la lealtad de clientes y proveedores. Por otro lado, los valores más bajos los podemos encontrar en “Medio ambiente” con 3.39 y “Prácticas laborales” con 4.00, este último resultado es consistente con lo encontrado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas al señalar que apenas algo más del 11% de las microempresas imparten capacitación a su personal, 74.5% no utiliza equipo de cómputo y 73.9% no usa internet. Continuando con este análisis, la directriz correspondiente a “Gobernanza”, presenta una media de 5.63 puntos, quedando apenas por encima del valor medio para la directriz, mientras que en el caso en el caso de las directrices “Derechos Humanos” y “Participación Activa y Desarrollo de la Comunidad” se obtuvo un puntaje de 4.79 y 4.17 respectivamente.
Finalmente, con base al resultado total de 35.64 puntos de los 70 puntos posibles y de acuerdo a la tabla 10 se puede determinar que la microempresa Instawatch se encuentra en el siguiente rango:

Puntos	Situación	Descripción
16<36	RSE en desarrollo	La empresa ya realiza acciones en el ámbito de la responsabilidad social empresarial. Es necesaria la búsqueda de prácticas de RSE e ideas sobre cómo desarrollar acciones creativas y formas de superar obstáculos.

Tabla 7. Puntaje y situación de RSE en la microempresa. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del cuestionario.

Lo que significa que, a pesar de ser una microempresa de reciente creación, cuenta con una base que le permitirá avanzar en la consolidación de la RSE, sin embargo es necesario que adopte medidas para desarrollar aquellas áreas en las que su desempeño fue promedio o bajo. Como ejemplo se señalan algunas acciones que pueden realizarse en las directrices que obtuvieron puntajes bajos:

Indicadores	Propuesta
Gobernanza de la organización	Elaborar misión y visión (con elementos de RSE)
Derechos humanos	Establecer valores y políticas con componentes éticos
Prácticas laborales	Elaborar plan de desarrollo de carrera
Medio ambiente	Iniciar campaña de ahorro de energía en punto de venta
Participación activa y desarrollo de la comunidad	Participar en asociaciones locales para contribuir al bien público.

Tabla 8. Propuestas de mejora para la microempresa. Fuente: Elaboración propia con base en los datos del cuestionario.

Conclusiones

La RSE es un tema que ya no puede ser considerado como “novedoso” ya que su estudio se remonta a, por lo menos, décadas; no obstante, en el caso de las Mipymes aún no ha tenido el impacto que tiene en las grandes empresas, a pesar de que teóricamente su aplicación debería ser más fácil en las Mipymes gracias a la flexibilidad que presentan dado su tamaño. Durante la revisión de la literatura se encontró que los principales modelos de RSE fueron diseñados para todo tipo de organizaciones, destacando el modelo de la Organización Internacional de Normalización ISO 26000 debido a su naturaleza de “guía” y no de “sistema”, lo que otorga a las microempresas mayor facilidad en su diagnóstico e implantación.

Es importante señalar también que sin importar el tamaño o giro de las organizaciones, las prácticas socialmente responsables no solo son deber de las empresas, sino también de la comunidad en general, la cual hoy en día tiene la obligación de informarse y establecer sus propias medidas, las cuales generen mayor aportación por parte de las empresas. Es así como los consumidores, al exigirle a las empresas, las presionan para trabajar de manera ética y con responsabilidad, logrando generar un fuerte impulso a la aplicación de la responsabilidad social.

Como resultado de la aplicación del cuestionario desarrollado para el diagnóstico de la RS en la micro empresa estudiada, se encontró que se ubica en la etapa de “RSE en desarrollo”, lo cual indica que ya se encuentra

realizando acciones en este ámbito, sin embargo debe trabajar en la formación de una cultura organizacional socialmente responsable. Es importante que los dueños de la empresa consideren en la planeación de la misma el desarrollo de estrategias que impulsen la responsabilidad social, así como también establecer metas a cumplir, para lograr un avance de manera continua en este tema. Por otra parte, para pasar al siguiente nivel de RSE de acuerdo al modelo planteado, la microempresa debe implementar una misión y visión claras, realistas y alcanzables, que incluyan lo que desea aportar a la comunidad u otros elementos de responsabilidad social; de igual forma, debe tomar en cuenta que es necesario la adopción de prácticas responsables, para ello se puede empezar con el implementar prácticas sencillas y fáciles de manera constante, principalmente en aquellas directrices en las que obtuvo resultados bajos, como lo son: el medio ambiente, prácticas laborales y participación activa y desarrollo a la comunidad.

Finalmente, la intención de este estudio es que la microempresa Instawatch reconozca la importancia de la aplicación de la responsabilidad social, por lo que debe estar consciente que una parte primordial de esta responsabilidad es la de generar las utilidades necesarias con el fin de llevar a cabo proyectos relacionados con esta materia, con los cuales sea posible lograr mejores resultados en su implementación y que permitan obtener ventajas competitivas que detonen el crecimiento de la microempresa.

Referencias

1. Alianza por la responsabilidad social por México (AliaRSE). (2016). Obtenido de http://www.aliarse.org.mx/aliarse.html
2. Argandoña, A. (2011). ISO 26000, Una guía para la responsabilidad social de las organizaciones. Obtenido de ISO 26000, Una guía para la responsabilidad social de las organizaciones: Argandoña, Antonio. Silva Ricardo. (2011), ISO 26000, Una Guía Para La Responsabilidad Social De Las Organizaciones.
3. Bowen, H. (1953). Social responsabilities of the businessman. New York: Haper and Brothers.
4. Carroll, A. (1979). A three dimensional conceptual model f corporate social performance.
5. Centro Mexicano para la Filantropía [CEMEFI] (2018). Obtenido de https://www.cemefi.org/cemefi/informacion-institucional.html
6. Dahlsrud, A. (2008). "How Corporate Social Responsability is Defined: An analysis of 37 Definitions". En Corporate Social Responsability and Environmental Management (pág. 271).
7. Drucker, P. (1984). "The New Meanin of Corporate Social Responsability". California.
8. Frederick, W. (1960). The Growing Concern Over Business Responsability. California Management.
9. Intituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2016) Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2015.
10. Kotler, P. y Lee, N. (2005). Corporate social responsability: Doing good for your company and your cause. New Jersey.
11. López-Mateo, C., Ríos-Manríquez, M. y Sánchez-Fernández, M. (2017). Estructura de mercado y responsabilidad social empresarial en mipymes mexicanas. El vínculo entre preferencias individuales y sociales. Revista brasileira de marketing. 16(03), 410-425. doi: 10.5585/remark.v16i3.3347
12. Organización Internacional de Normalización (ISO 26000). (2010). Guía de responsabilidad social (ISO 26000). Obtenido de https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso_26000_project_overview-es.pdf
13. Zalthen, L., López, M. y Liñan, L. (2010). Compartiendo la responsabilidad social empresarial a las pequeñas y medianas empresas de la industria petrolera de Ciudad del Carmen, Campeche. Ciudad del Carmen, Campeche.

Las Barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor

P. Tamayo Contreras [1], M.Marcela Orozco [2]
[1]Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de la División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guanajuato. Fraccionamiento el Establo, Guanajuato, Gto. C.P. 36250, aeinegocios1@gmail.com
[2] Dirección de Vinculación y Comunicación Institucional de la Universidad Iberoamericana Campus León. Blvd Jorge Vértiz Campero, 1640 Nte, León,Gto. C.P. 37238, mdesazul@gmail.com
Área de participación: *Ingeniería administrativa*

Resumen

El éxito de las empresas es la comunicación como un elemento importante dentro de las relaciones humanas. No obstante, existen barreras que impiden una correcta comunicación entre el emisor y receptor. El objetivo de la investigación es determinar el impacto en el receptor de las barreras en la comunicación organizacional mediante la percepción de los directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector de la industria automotriz del estado de Guanajuato, México. Mediante una muestra de 140 ejecutivos. La metodología utilizada fue cuantitativa, de tipo transversal. Los resultados reportan que la relación entre las barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor fue muy significativa. Asimismo, el valor predictivo de las barreras en la comunicación organizacional en el receptor fue del 92.10%. El trabajo abre nuevas líneas de investigación para encontrar técnicas que minimicen las consecuencias de las barreras en la comunicación.

Palabras clave: *comunicación; barreras; industria automotriz; receptor.*

Abstract

The success of companies is communication as an important element in human relations. However, there are barriers that prevent a correct communication between the sender and receiver. The objective of the research is to determine the impact on the receiver of the barriers in organizational communication through the perception of managers belonging to different companies in the automotive industry of the state of Guanajuato, Mexico. Through a sample of 140 executives. The methodology used was quantitative, cross-sectional. The results report that the relationship between the barriers in organizational communication and its impact on the recipient was very significant. Likewise, the predictive value of the barriers in organizational communication in the receiver was 92.10%. The work opens new lines of research to find techniques that minimize the consequences of communication barriers.

Keywords*: communication; barriers; Automotive industry; receiver.*

Introducción

La comunicación es un elemento de gran importancia de las relaciones humanas, por naturaleza el ser humano necesita relacionarse con otras personas para satisfacer sus necesidades de afecto y socialización, esto se logra por medio de los diversos medios de comunicación, a través de este, una persona transmite información, datos, señales a otra. (Lacroix, 2017; Singh & Demkhosei, 2018; Žnidaršič & Zupan, 2019). En el caso de las empresas en particular la transmisión de información es una actividad diaria y de gran importancia, es por ello por lo que existe la comunicación organizacional, por la necesidad en las empresas del intercambio de información como parte de su operación cotidiana que conlleve al éxito de sus actividades claves. De ahí lo pertinente de analizar en qué medida impactan en el receptor las barreras en la comunicación.

La comunicación organizacional es el conjunto total de mensajes, que se intercambian entre los integrantes de una organización y, entre ésta y su medio. Por tal motivo se entiende por la misma al conjunto de técnicas y actividades encaminadas a facilitar y agilizar el flujo de mensajes que se dan entre los miembros de la organización, o entre la organización y su medio; o bien, a influir en las opiniones, actitudes y conductas de los públicos internos y externos de la organización, todo ello con el fin de que esta última cumpla mejor y más rápidamente con sus objetivos (Monserrat-Gauchi, Quiles-Soler & Martínez-Sala, 2017).

La comunicación organizacional no cuenta con un referente histórico específico, sin embargo, ésta ha logrado evolucionar a partir de la participación de múltiples disciplinas que han hecho de la comunicación empresarial un campo fuertemente relacionado con los cambios que ha traído por cuenta propia la globalización

y los desafíos de la administración en el siglo XXI. Akdemir (2019) y Hill & Ledford (2016) coinciden en que la comunicación organizacional inicia en los años 20 con el surgimiento de hechos políticos radicales en los cuales se empezó a gestionar las relaciones públicas, sin embargo, se ha de tener en cuenta que la comunicación organizacional va más allá de una simple gestión corporativa referente al macro-ambiente de las organizaciones. Por el contrario, Vidales Gonzáles, (2015) ratifica que la comunicación organizacional tiene origen en Europa bajo el fenómeno de la revolución industrial en la que se empezó a realizar estudios vinculados con el comportamiento organizacional, dado desde la información unidireccional donde la alta gerencia asignaba tareas y los colaboradores atendían a éstas sin controvertir.

La comunicación es un proceso en el cual participan varios elementos indispensables para que ésta se lleve a cabo con eficiencia, compuesto de siete elementos básicos: fuente o emisor, encodificación, mensaje, medio, decodificación, receptor y retroalimentación. Se considera al emisor o fuente a una o varias personas con ideas, información y un propósito para comunicar. Es decir, quien o quienes buscan comunicarse con otro u otros, y desde quienes inicia la transmisión de mensajes. La encodificación consiste en traducir la idea a comunicar en un código, ya sean palabras orales o escritas u otros símbolos que tengan un significado común y fácil de comprender para el otro significa poner la idea en un lenguaje adecuado tanto para el que lo envía como para quien lo recibe. El mensaje es la forma que se le da a una idea o pensamiento que el comunicador desea transmitir al receptor. En otras palabras, es la idea estructurada sobre lo que el emisor quiere que el receptor reciba (Evdokimov & Garfagnini, 2019; Mariño-Arévalo, 2014; Turaga, 2019).

El medio o canal es el vehículo por el cual viaja el mensaje del emisor al receptor. La decodificación a diferencia de la encodificación es cuando se traduce el código a la idea propia que el emisor quiso transmitir. Es aquí, cuando se observa si el código y el medio fueron los adecuados para que el receptor interprete el mensaje de la manera en la que el emisor deseaba. Y es en este elemento donde la retroalimentación es eficaz o errónea. El receptor es quien o quienes reciben el mensaje enviado por el emisor. Y quienes responderán a éste de acuerdo con lo adecuado que hayan sido la encodificación, el medio y la decodificación. Y la retroalimentación: es precisamente la respuesta que el receptor dará al emisor acerca de si recibió el mensaje y si lo interpretó de manera apropiada.

Cuando se comunica algo, es porque se espera una reacción en el receptor, se busca que el mensaje tenga un efecto sobre el otro. Los efectos son los cambios en el comportamiento, actitudes y/o ideas del receptor como respuesta al mensaje que el emisor le ha enviado. Los cambios o modificaciones en el receptor dependen no sólo de los códigos y canales, sino también de las habilidades de comunicación que el emisor tenga, del conocimiento del tema y de las actitudes que éste tenga respecto a la otra persona o situación en que se desenvuelve la comunicación y viceversa. Los cambios pueden ser de tres tipos: en los conocimientos, en la actitud y opinión y en la conducta aparente.

La comunicación organizacional se puede presentar en los siguientes tres escenarios: a).- Físico en que se encuentran el interno y externo, además, de todos los elementos decorativos de la organización y también los llamados informativos, por ejemplo: los símbolos de no pasar, sólo personal autorizado, entre otros; b) Social que incluye a la totalidad de factores que se relacionan con las personas y además de la interacción existente entre las mismas, como ejemplo de este escenario se puede considerar el empleo de papeles de cada miembro dentro de una reunión laboral; y c).- Institucional que relaciona los mensajes que la organización emite a sus miembros, proveedores, clientes, y demás personas involucradas. Ejemplo los memorándums, avisos y comunicados en plataforma electrónica, en pizarra, publicidad, entre muchos más (Cultura y comunicación, 2005).

Para que la comunicación sea efectiva dentro y fuera de la organización esta debe ser abierta que tiene como objetivo el comunicarse con el exterior; ésta hace referencia al medio más usado por la organización para enviar mensajes tanto al público interno como externo. Así como evolutiva para hacer énfasis a la comunicación imprevista que se genera dentro de una organización; flexible que permita una comunicación oportuna entre lo formal e informal; multidireccional para el manejo de la comunicación de arriba hacia abajo, de abajo hacia arriba, transversal, interna, externa entre otras; e instrumentada mediante el uso de herramientas, soportes, dispositivos para evitar un inadecuado funcionamiento debido a que las informaciones que circulan dentro de ella no llegan en el momento adecuado ni utilizan las estructuras apropiadas para que la comunicación sea efectiva.

Cada tipo de comunicación sea escrita u oral tiene su función y preeminencia dentro de la organización, y es por este motivo que muchas veces las comunicaciones se emplean en grupo, haciendo uso de las ventajas de cada una de ellas para la comunicación y complementarse entre ellas. Un ejemplo claro está en el caso de las conferencias, donde se utiliza material escrito, videos, diapositivas, la exposición del expositor; todo con la finalidad de que los asistentes comprendan de mejor manera la información que se les está proporcionando.

La comunicación escrita se caracteriza por contar con mensajes claros, precisos, concretos y correctos que aseguran que el mensaje que se está transmitiendo del emisor al receptor lo va a entender. En cambio, la comunicación oral se presenta cuando se lleva a cabo una reunión de frente entre dos o más personas, este es

el caso de la plática de un administrador a su personal y se puede presentar de manera formal o informal, así como puede estar sujeta a planeación o de forma espontánea. Es importante también tomar en cuenta la comunicación no verbal utilizada de muchas maneras en la organización, muchas veces como complemento de lo que se dice, un ejemplo es cuando en una exposición los asistentes se dan cuenta de las expresiones faciales y corporales del expositor, y aunque se maneje como una comunicación de apoyo, muchas veces puede no ser así, como le transmitir inseguridad, falta de conocimiento del tema o credibilidad (Carreño, 2012; Volkema & Niederman, 1996).

En todo el proceso anterior de la comunicación se encuentran las barreras en la comunicación organizacional siendo: falta o ausencia de planeación; supuestos o hechos confusos; distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica; información expresada deficientemente; barreras de contexto internacional; pérdida de información por retención limitada; información con escucha limitada y la evaluación anticipada de la misma; comunicación de forma impersonal; desconfianza o temores en la comunicación; tiempo insuficiente ante los cambios; y exceso de información. La falta o ausencia de planeación se presenta muy frecuentemente dentro de las organizaciones, para que una comunicación organizacional sea adecuada y cumpla con sus objetivos debe surgir como consecuencia de una planeación, tanto de análisis y formulación del mensaje a transmitir como su origen y objetividad; además de que la persona que se comunicará debe elegir el canal de comunicación más conveniente así como el espacio de tiempo indicado para la transmisión de la información, y de esta forma detener la resistencia al cambio a cualquier objetivo, proceso o planeación administrativa (Bolarinwa & Olorunfemi, 2009; Larson & King, 1996; Pintos, 2005; Tourish & Robson, 2006).

Los supuestos o hechos confusos surgen por entendidos de ciertas situaciones y por lo cual no se comunican con el resto de la información que se transmite. En palabras más simples lo anterior es el resultado donde los supuestos o hechos que no se aclaran entre las partes que intervienen pueden generar confusiones y en ocasiones problemas de mayor tamaño. Hablar de distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica es hacer referencia a la ambigüedad de las palabras o concetos utilizados. En el caso de la información expresada deficientemente se presenta cuando a pesar de que el emisor de la información muestre claramente las ideas y bases de la información, pudo haber elegido las palabras incorrectas, haber caído en incongruencias dar por hecho algunos términos o estructurar incorrectamente de la información. Lo anterior puede resultar muy costoso para la organización, es por ello por lo que es importante que el emisor tenga especial cuidado en la codificación del mensaje a transmitir.

Las barreras de contexto internacional tienen como obstáculos la existencia de culturas, lenguaje y normas de acción diferentes y variadas que complica más la transmisión de información. En la pérdida de información por retención limitada la información que se comparte de un individuo a otro va perdiendo precisión a lo largo de las transmisiones, y esta es una de las principales causas de un problema de comunicación severo. En este tipo de casos es importante realizar acciones de protección como es respaldo de información, repetición de datos y el uso de varios canales de manera simultánea. En la información con escucha limitada y la evaluación anticipada de la misma el problema se centra en que no todas las personas están acostumbradas a escuchar adecuadamente, muchas pueden mantener una comunicación sin que haya una conexión real con la temática manejada, además de que tienden a juzgar el contenido de una información precipitadamente sin analizar objetivamente la información recibida.

En la comunicación de forma impersonal el uso de medios de comunicación en la empresa puede obstaculizar la transmisión de la información con los colaboradores, la comunicación es mayormente eficiente cuando hay contacto personal, frente a frente, con los receptores del mensaje en la organización, ya que de esta forma habrá mayor nivel de confianza y comprensión, así como se presenta mayor facilidad en la retroalimentación de la información. En la desconfianza o temores en la comunicación la relación que se mantiene entre superiores y colaboradores permite que las condiciones en el flujo de la información mejoren o empeoren considerablemente, cuando el jefe o superior no se ha esmerado por mantener un clima organizacional favorable, confianza y el ambiente laboral es demasiado hostil o amenazante, puede generar la desconfianza y una actitud temerosa que bloquee la comunicación.

En el tiempo insuficiente ante los cambios en las organizaciones, dentro de los múltiples intercambios de información que se presentan, se relacionan con transformaciones organizacionales sustanciales y de gran importancia e influencia en los colaboradores de la empresa, donde los colaboradores no responden a los cambios de la misma forma, y a algunos les toma más tiempo adaptarse a los mismos y esta falta de tiempo puede provocan complicaciones en la comunicación con repercusión en la empresa.

El exceso de información ocurre cuando el flujo de la misma es demasiado para su comprensión, limitando a los colaboradores de la empresa ponderan el valor informativo en relación con sus creencias y puntos de vista, restándole importancia en algunos casos a datos que el emisor considere importante, también se da el caso donde la sobrecarga de datos puede generar conflictos y errores al tratar de procesar la información. Es por ello

por lo que hay que cuidar el contenido de la información de la manera que se transmita de forma concisa y precisa para que no haya filtros que resten valor y contenido a la información comunicada por la empresa o viceversa. Y, por último, la percepción en la comunicación es la comunicación parcial y selectiva que realiza el receptor que depende de la diferencia jerárquica o de la actitud, concentración y disposición.

Considerando lo anterior el objetivo de la investigación es mediante la ingeniería administrativa determinar el impacto en el receptor de las barreras en la comunicación organizacional mediante la percepción de los directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector de la industria automotriz del estado de Guanajuato, México bajo las siguientes preguntas de investigación: ¿Existe una asociación entre las barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor?, ¿Cuál es el impacto de predicción de las barreras en la comunicación organizacional en el receptor? Y ¿A qué tipo de barreas en la comunicación se enfrentan los colaboradores para mantener una sana relación entre ellos?

Metodología

Participantes

En el estudio colaboraron 140 directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector de la industria automotriz del estado de Guanajuato, México. La muestra fue seleccionada de manera aleatoria simple de una población de 149 compañías, utilizando como base el boletín Económico Clúster Automotriz de Guanajuato AC. Para determinar el tamaño y la composición, se aplicó el método probabilístico. El margen de error fue de 0.0163 porcentaje estimado de la muestra a favor (p): 50%, nivel de confianza (Z): 95% bajo la fórmula de error simplificada. La muestra estuvo conformada por 56 hombres y 84 mujeres con una edad media de 44.5 años y en su mayoría (80%) casados.

Instrumento

El diseño del instrumento de medición tuvo como apoyo la guía metodológica del proceso recursivo de desarrollo, análisis y comprobación de medida (Ortiz Vancini & Guevara Sanginés, 2001). Para medir los niveles de percepción sobre Las barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor se generaron 12 reactivos (e.g., «¿Considera que la desconfianza o temores en la comunicación afecta el mensaje hacia el receptor?»). Los reactivos se construyeron tomando en cuenta la revisión bibliográfica y cuidando el cumplimiento del código deontológico; después fueron sometidos a un análisis de jueces expertos en el tema y a una prueba de comprensión de la población objeto de 30 participantes siendo el 40% hombres y 60% mujeres, con una edad promedio de 44 años, con un nivel educativo predominante de licenciatura (52.5%), en el estado civil, el de casado fue el de porcentaje más alto (80 %). Posteriormente, se realizaron los ajustes correspondientes.

Se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.985, la escala utilizada fue la de Likert, de 1 a 5 para 12 *items* con los criterios de: «nada de acuerdo» con valores de 1, «de acuerdo» 2, «completamente de acuerdo» 3, «en desacuerdo» 4 y «completamente en desacuerdo» 5. Para un reactivo se utilizó una pregunta dicotómica con respuesta (sí) y (no) «¿Considera que las barreras en la comunicación tienen un impacto en el mensaje hacia el receptor?» Tabla 1.

Tabla 1. Análisis descriptivo y de consistencia interna de las variables referentes a la percepción sobre Las barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor del instrumento de medición (n = 30)

***Ítems*, α_{total} =0.985, M_{total} = 2.78 y $DE_{total.}$ =0.986**	**Alfa si se elimina el ítem**	$\overline{X}$	**SD**
Falta o ausencia de planeación	0.983	2.97	1.033
Supuestos o hechos confusos	0.983	2.80	1.270
Distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica	0.982	2.83	1.147
Información expresada deficientemente	0.986	2.80	0.714
Barreras de contexto internacional	0.983	2.77	1.278
Pérdida de información por retención limitada	0.983	2.93	1.337
Información con escucha limitada y la evaluación anticipada de la misma	0.982	2.67	1.124
Comunicación de forma impersonal	0.985	4.10	1.322
Desconfianza o temores en la comunicación	0.983	2.53	1.008
Tiempo insuficiente ante los cambios	0.984	2.83	0.874

Ítems, α_{total} =0.985, M_{total} = 2.78 y $DE_{total.}$ =0.986	Alfa si se elimina el ítem	$\overline{X}$	SD
Exceso de información	0.984	2.73	0.868
Percepción en la comunicación	0.983	3.00	1.287

Fuente: Elaboración propia.

Diseño y procedimiento

Se utilizó un diseño cuantitativo y transversal, se contactaron vía telefónica y por correo electrónico a los directores de las organizaciones a quienes se les informó sobre la investigación y sus implicaciones. Los ejecutivos que aceptaron participaron de manera voluntaria y respondieron de forma anónima a los cuestionarios de evaluación. El proceso de aplicación del cuestionario se realizó mediante correo electrónico garantizando la confidencialidad y el anonimato. Asimismo, aclarando en cualquier momento la estructura de la prueba y la forma de responder a cada reactivo. La devolución del instrumento de medición duró en promedio quince días.

Análisis de los datos

El tratamiento estadístico se realizó con el programa SPSS® 25.0 para Windows®. Se efectuó diferentes tipos de análisis siendo el primero el alfa Cronbach, el análisis de medias, la prueba de discriminación t de *Student* para la igualdad de medias con el fin de conocer el discernimiento de los grupos bajo y alto y la correlación bivariada de Pearson y la regresión lineal.

Resultados y discusión

Teniendo como respaldo la aplicación de la ingeniería administrativa como gestión de cualquier proceso dentro de la vida de las organizaciones, con el objetivo de tener una empresa rentable social y económicamente, los resultados muestran que las variables obtuvieron una consistencia interna significativa, el coeficiente alfa de Cronbach total fue de α=0.982 lo que significa que los resultados tienen un alto nivel de confiabilidad y confirma los resultados de la prueba del instrumento. Los coeficientes de consistencia interna si el *ítem* en cuestión se eliminara variaron de α =0. 979 hasta un α = 0.976. La percepción de los directivos, en general, se encuentra en el rango, de acuerdo hacia una tendencia de completamente de acuerdo (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis descriptivo y de consistencia interna de los *ítems* referentes a la percepción sobre Las barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor (n = 140)

ítems, α_{total} =0.982, M_{total} = 2.79 y $DE_{total.}$ =0.971	Alfa si se elimina el ítem	$\overline{X}$	SD
Falta o ausencia de planeación	0.979	3.00	1.004
Supuestos o hechos confusos	0.979	2.82	1.254
Distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica	0.979	2.84	1.140
Información expresada deficientemente	0.983	2.76	0.645
Barreras de contexto internacional	0.979	2.78	1.270
Pérdida de información por retención limitada	0.979	2.91	1.317
Información con escucha limitada y la evaluación anticipada de la misma	0.979	2.69	1.126
Comunicación de forma impersonal	0.982	4.09	1.302
Desconfianza o temores en la comunicación	0.979	2.56	1.026
Tiempo insuficiente ante los cambios	0.980	2.84	0.853
Exceso de información	0.980	2.73	0.888
Percepción en la comunicación	0.979	3.01	1.261

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de discriminación de los *ítems* arrojó resultados en la dirección esperada, las valoraciones promedio del grupo bajo fueron menores que las otorgadas por el grupo alto, en todos los casos la diferencia fue estadísticamente significativa. La percepción sobre Las barreras en la comunicación organizacional y su impacto

en el receptor mostró en los del grupo bajo en su mayoría un nivel de nada de acuerdo y en el alto en su mayoría completamente en desacuerdo (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de discriminación y comparación del grupo bajo con el grupo alto ($n_{Grupo\ bajo}$ =34 y $n_{Grupo\ alto}$ =35, con 95% de intervalo de confianza y gl =67)

Prueba t para la igualdad de medias (n= 140)					
Ítems	$\overline{X}_b$	**SD**	$\overline{X}_a$	**SD**	*t de Student*
Falta o ausencia de planeación	1.79	0.410	4.40	0.497	-23.709
Supuestos o hechos confusos	1.50	0.508	4.57	0.502	-25.269
Distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica	1.47	0.507	4.29	0.458	-24.218
Información expresada deficientemente	1.88	0.327	3.26	0.611	-11.605
Barreras de contexto internacional	1.35	0.485	4.57	0.502	-27.068
Pérdida de información por retención limitada	1.26	0.448	4.63	0.490	-27.068
Información con escucha limitada y la evaluación anticipada de la misma	1.21	0.410	4.00	0.804	-18.093
Comunicación de forma impersonal	2.06	0.814	5.00	0.000	-21.373
Desconfianza o temores en la comunicación	1.35	0.485	3.77	0.770	-15.554
Tiempo insuficiente ante los cambios	1.62	0.493	3.69	0.676	-14.479
Exceso de información	1.56	0.504	3.57	0.778	-12.714
Percepción en la comunicación	1.50	0.508	4.69	0.471	-27.037

* p < .05
** p < .01
Fuente: Elaboración propia.

En relación con la primera pregunta de investigación se encontró que la relación entre las barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor fue muy significativa. La correlación va desde r = 0.552, p < .01 para exceso de información hasta r =0.858, p < .01 para supuestos y hechos confusos. En referencia a la segunda pregunta de investigación la predicción de impacto de las barreras en la comunicación organizacional en el receptor fue del 92.10% con el mayor peso en la variable de distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica. Y conforme a la tercera pregunta de investigación sobresalen como obstáculos en la comunicación las barreras de contexto internacional con un 93.5% precedido de la desconfianza o temores en la comunicación con una predicción del 88.3%; la distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica con un 60.4%; y la comunicación de forma impersonal con un 54.7% lo que implica establecer mediante la ingeniería administrativa técnicas de comunicación que disminuyan la distorsión en la comunicación (Tabla 4).

Los resultados antes indicados y señalados en la tabla 4 fortalecen los estudios de Chen & Dai (2014) y Cunningham, Crandall & Dare (2017) que manifiestan que la competencia de comunicación organizacional en empresas transnacionales, su impacto en el receptor y en la implementación de un apropiado clima organizacional acompañado de un liderazgo eficiente, así como una adecuada comunicación intercultural es una habilidad indispensable de todo directivo para que las personas interactúen de manera apropiada y efectiva entre las naciones y regiones del mundo globalizado. Distinto al tratamiento que un administrador debe dar a la organización y sus participantes en un ambiente local.

Tabla 4.
Correlación de las barreras en la comunicación organizacional y su impacto en el receptor (n = 140).

Factor motivación laboral número de *ítems* 7, r_{total} = -.764** con R cuadrado .921			
Barreras en la comunicación organizacional	r	B	Beta
Falta o ausencia de planeación	.769**	0.091	0.200
Supuestos o hechos confusos	.858**	0.104	0.285
Distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica	.794**	0.242	0.604
Información expresada deficientemente	.463**	0.140	0.198
Barreras de contexto internacional	.832**	0.336	0.935
Pérdida de información por retención limitada	.796**	0.114	0.329

Información con escucha limitada y la evaluación anticipada de la misma	.670**	-0.087	-0.214
Comunicación de forma impersonal	.450**	-0.192	-0.547
Desconfianza o temores en la comunicación	.689**	-0.393	-0.883
Tiempo insuficiente ante los cambios	.567**	0.008	0.016
Exceso de información	.552**	-0.077	-0.150
Percepción en la comunicación	.808**	-0.008	-0.022

* p < .05
** p < .01

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo a futuro

Se recomienda realizar investigaciones para determinar como a través de herramientas de la ingeniería administrativa podrían implementarse mejoras en la comunicación organizacional buscando dar respuestas a nuevos planteamientos tales como ¿qué sucede con el receptor cuando se ve afectado por las barreras de comunicación?, ¿se limita a interpretar lo que su emisor quiso comunicarle?, ¿Cómo esta afectación en el receptor se manifiesta en las actividades que debe realizar como parte de su trabajo? Además, de establecer técnicas que minimicen los impactos negativos en el receptor de las barreras en la comunicación, especialmente, en las del contexto internacional; en la de la desconfianza o temores en la comunicación; en la distorsión del contexto del mensaje y/o de la semántica; y en la comunicación de forma impersonal.

Conclusión

La comunicación organizacional en directivos de empresas transnacionales es primordial para la integración de funciones administrativas tales como las metas y objetivos generales que son transmitidos por la alta gerencia a los niveles inferiores. Existen algunas características como el liderazgo eficaz, la creación de un ambiente orientando a la motivación, el clima laboral que dependen de la buena o mala comunicación entre colaboradores de una organización. La importancia de la comunicación organizacional yace en que ésta se encuentra presente en toda actividad empresarial y es un proceso que continuamente involucra a todos los empleados. Esta es la razón por la que los administradores deben tener presente el fuerte impacto que tienen las barreras en la comunicación sobre el receptor y determinar planes administrativos que eviten su efecto negativo. Asimismo, se refleja la necesidad de aplicar la ingeniería administrativa mediante la gestión para mejorar los medios de comunicación, la formación de los líderes, el cuidado de la cultura organizacional, la apropiación de la filosofía de la organización por cada integrante de esta que les permita hablar el mismo lenguaje, el cuidado de la alta gerencia en la persona que forma parte de su equipo para identificar las barreras que limitan la sana y eficaz comunicación entre sus colaboradores. Finalmente, los resultados de este trabajo permiten inferir que, en la mayor parte de los casos, el tipo de barreras tiene que ver con la falta de estructura en los esquemas de comunicación organizacional intercultural distintas a las de un entorno, exclusivamente, nacional. Por tanto, lo observado en el presente estudio podría abordarse con implementaciones de sistemas y programas de mejora y evaluación constante para asegurar un mejor entendimiento entre los integrantes de la organización.

Referencias

1. Akdemir, Ö. A. (2019). Teachers' Organizational Communication and Their Job Motivation. Journal *of Education and Learning,* *8*(2), 264–270. Retrieved fromhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1210728&site=ehost-live
2. Bolarinwa, J. A., & Olorunfemi, D. Y. (2009). Organizational Communication for Organizational Climate and Quality Service in Academic Libraries. *Library Philosophy & Practice*, 1–5. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lxh&AN=47776513&site=ehost-live
3. Boletín Económico CLAUGTO (2019, 01 de enero). *El sector automotriz*. Descargado de http://claugto.org/bancotalentos/boletin.php
4. Carreño M., P. (2012). La comunicación oral y escrita en la formación de ingenieros Revisión y reflexión para la academia. *Ingenium,* *13*(26), 146–152. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=116595928&site=ehost-live
5. Chen, G.-M., & Dai, X. (2014). Intercultural Communication Competence : Conceptualization and Its Development in Cultural Contexts and Interactions. Newcastle upon Tyne, UK: Cambridge Scholars

Publishing. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=772084&site=ehost-live
6. Cultura y communicación. (2005). Revista Mexicana de Comunicacion, 17(92), 12. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=18757437&site=ehost-live
7. Cunningham, C., Crandall, H. M., & Dare, A. M. (2017). Gender, Communication, and the Leadership Gap. Charlotte, NC: Information Age Publishing. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=1614752&site=ehost-live
8. Evdokimov, P., & Garfagnini, U. (2019). Communication and behavior in organizations: An experiment. *Quantitative Economics, 10*(2), 775–801. https://doi.org/10.3982/QE809
9. Hill, B. D., & Ledford, A. T. (2016). Emergence of Organizational Change and Organizational Learning through Development of a Communications Plan. *Journal on School Educational Technology, 12*(2), 1–10. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1131851&site=ehost-live
10. Lacroix, J. (2017). ¿Qué hay de nuevo en la comunicación? *Revista Española de Comunicacion En Salud, 8*(2), 295–301. https://doi.org/10.20318/recs.2017.4009
11. Larson, E. W., & King, J. B. (1996). The Systemic Distortion of Information: An Ongoing Challenge to Management. *Organizational Dynamics, 24*(3), 49–61. https://doi.org/10.1016/S0090-2616(96)90005-4
12. Mariño-Arévalo, A. (2014). Las relaciones de poder y la comunicación en las organizaciones: una fuente de cambio. *Ad-Minister*, (24), 119–141. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=97205750&site=ehost-live
13. Monserrat-Gauchi, J., Quiles-Soler, M. D. C., & Martínez-Sala, A.-M. (2017). La Participación Ciudadana en La Comunicación De Las Organizaciones. Revista Prisma Social, (18), 540–560. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=124306501&site=ehost-live
14. Ortiz Vancini, C. & Guevara Sanginés, M.L. (2001). Estudio de opinión: empleadores reales y potenciales sobre la Universidad de Guanajuato / Plan de Desarrollo Institucional 2001. Guanajuato: Universidad de Guanajuato.
15. Pintos, J.-L. (2005). Comunicación, construcción de la realidad e imaginarios sociales. *Utopia y Praxis Latinoamericana, 10*(29), 37–65. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=18368737&site=ehost-live
16. Singh, S. D., & Demkhosei, V. S. (2018). The importance of effective communication in terminal diagnosis and breaking bad news: Focus on meaning, purpose, and strategies. International *Journal of Social Sciences Review, 6*(10), 2070–2074. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sih&AN=134269691&site=ehost-live
17. Tourish, D., & Robson, P. (2006). Sensemaking and the Distortion of Critical Upward Communication in Organizations. *Journal of Management Studies (Wiley-Blackwell), 43*(4), 711–730. https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2006.00608.x
18. Turaga, R. (2019). Effective Communication in Organizations. *IUP Journal of Soft Skills, 13*(1), 63–69. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=136003906&site=ehost-live
19. Vidales Gonzáles, C. (2015). Historia, teoría e investigación de la comunicación. *Comunicación y Sociedad (0188-252X)*, (23), 11–43. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=100414975&site=ehost-live
20. Volkema, R. J., & Niederman, F. (1996). Planning and Managing Organizational Meetings: An Empirical Analysis of Written and Oral Communications. *Journal of Business Communication, 33*(3), 275–296. https://doi.org/10.1177/002194369603300304
21. Žnidaršič, J., & Zupan, N. (2019). Assertiveness, perceived importance and communication skills among students and young graduates in Slovenia and FYR Macedonia. *Journal of HRM, 22*(1), 21–29. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=137107748&site=ehost-live

Profesionalización de una PYME a través del Diseño Organizacional, caso de estudio

E. A. Torres Torres[1], E. Guzmán Soria[1], M.T. De La Garza Carranza[1], S. Rebollar Rebollar[2], J.P. González Farías[1]*
[1]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México en Celaya- Campus II, Av. Antonio García Cubas 1200, Esquina Ignacio Borunda, C.P. 38010. Celaya Guanajuato, México.
[2]Centro Universitario UAEM Temascaltepec-Universidad Autónoma del Estado de México, Barrio de Santiago s/n, C.P. 51300, Temascaltepec, Estado de México, México.
**evelintorres1@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se buscó el diseñó de una estructura organizativa que contribuya en la profesionalización de la empresa LEARN IT. El diseño organizacional es un proceso que consiste en elegir una estructura para las tareas, las responsabilidades y las relaciones de autoridad dentro de una organización. Por ello, se aplicó el cuestionario de Fernández y Medina, el cual muestra el grado de profesionalización actual de una institución, cuestionario adaptado de O.A.R.G.T., que fue validado mediante una prueba piloto y se obtuvo un Alfa de Cronbach de .878, así mismo, también se utilizó un análisis de misión y visión empresarial. Los resultados obtenidos indican que la profesionalización de LEARN IT es media, lo que indica que es necesario mejorar el diseño de la estructura organizativa y atacar los puntos débiles que los diversos instrumentos permitieron identificar, logrando con esto un incremento en la profesionalización.

***Palabras clave**: PYME, Diseño organizacional, Profesionalización.*

Abstract

The design of an organizational structure that contributes to the professionalization of the LEARN IT company was sought. Organizational design is a process that consists in choosing a structure for tasks, responsibilities and authority relationships within an organization. Therefore, the Fernández and Medina questionnaire was applied, which shows the current degree of professionalization of an institution, a questionnaire adapted from OARGT, which was validated by means of a pilot test and a Cronbach Alpha of .878 was obtained. A mission and business vision analysis was also used. The results obtained indicate that the professionalization of LEARN IT is medium, which indicates that it is necessary to improve the design of the organizational structure and attack the weak points that the various instruments allowed to identify, thus achieving an increase in professionalization.

***Key words**: SMEs, Organizational Design, Professionalization.*

Introducción

Como se sabe, la base de toda organización exitosa es que las personas que la conforman trabajen de manera conjunta y que entiendan la interrelación que existe entre sus acciones y las de otras personas para poder respaldar la estrategia de la organización. Sin embargo, incluso en las organizaciones muy bien administradas, las personas talentosas en ocasiones deben luchar por entender cómo es que sus actividades contribuyen al éxito de su organización. El diseño de la organización es central para aclarar los roles de los gerentes y los empleados que la mantienen unida. El diseño organizacional influye en los patrones de comunicación entre los individuos y los equipos y en cuanto a cuál persona o departamento tienen el poder político necesario para que se

 ISSN 2007-8102

hagan las cosas. La estructura de una organización influye en el comportamiento de los empleados. Luego entonces, el diseño organizacional tiene un papel central para que ésta alcance el éxito. (Slocum, 2009).

Por ello, es necesario establecer objetivos específicos que sirvan de guía durante el estudio:

- Aplicar herramientas administrativas que coadyuven a la profesionalización de la empresa LEARN IT
- Identificar el grado de profesionalización de la empresa LEARN IT
- Identificar los factores del diseño organizacional que la institución ha definido concretamente.
- Analizar el diseño organizacional de la empresa LEARN IT

Al igual que establecer preguntas que contribuyan en la investigación:

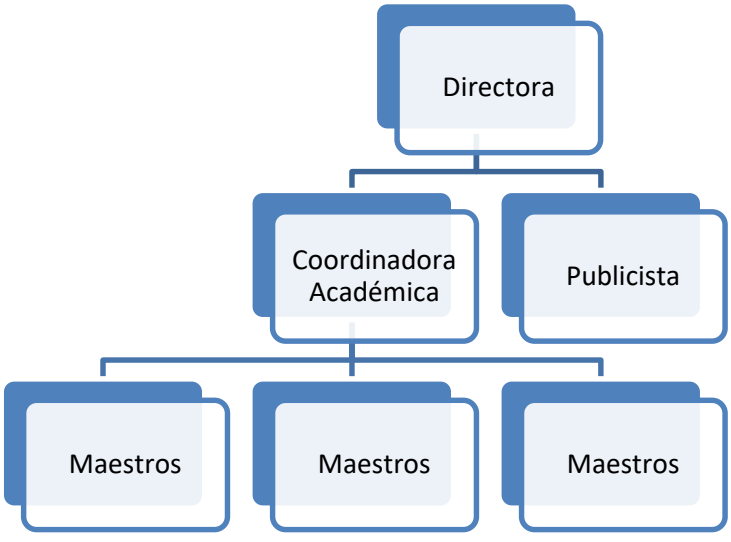
¿Cuál es el nivel de profesionalización en la escuela LEARN IT?
¿Qué factores ha considerado LEARN IT en su diseño organizacional?
¿Qué medidas son necesarias para elevar la profesionalización en la estructura organizacional de la institución caso de estudio?

Antecedentes

Historia de la empresa[1]

LEARN IT fue fundada en julio del 2012, actualmente se ubica en el centro de la ciudad de Linares, Nuevo León. Fue fundada por el Lic. José de Jesús Torres Pérez, quién inicio incipientemente en un pequeño local de una extensión de 4x4 mts., no contaba con sanitarios y únicamente podían acomodarse ocho bancos.
En la figura 1., se presenta el organigrama actual de la escuela LEARN IT:

Figura 1. Organigrama LEARN IT, 2018.



Fuente: Learn it, 2018.

[1] Learn it. (15 de febrero, 2018). Reunión informativa con el Dueño José de Jesús Torres Pérez. Linares N.L, México.

Situación actual

Han pasado seis años desde la fundación de la institución, la cual ha pasado por distintos cambios, tanto de infraestructura como de posicionamiento y planeación, la infraestructura se incrementó y ahora cuenta con seis salones equipados, además de una sala de cómputo y área recepción. La escuela actualmente está incorporada a la Secretaría de Educación Pública (SEP) y cuenta con una certificación por Cambridge University. Cuenta con personal capacitado y competente para brindar un mejor servicio, el cual consta de 15 empleados y una variable cantidad de alumnos que va desde los 93 a 180 alumnos.

Uno de los principales problemas que presentan las pymes está relacionado con la falta de un diseño organizacional, incluso algunas organizaciones desconocen la importancia de implementarlo. Sin embargo, estos nos permiten tener claridad de todos los aspectos de la empresa y los alcances de la misma (Forbes, 2015).
Es por ello que se requiere dar respuesta inmediata a problemas de diseño organizacional con el fin de profesionalizar la institución a través de la estructura básica que rige a la organización, es decir, una misión y visión sólidos y congruentes dándole un giro distinto al tradicional, con esto se hace referencia a tomar en cuenta a los clientes del establecimiento acerca de lo que desean de ese bien o servicio que ofrecen, y de esta manera proyectar la estructura básica a un punto donde el cliente esté involucrado en lo que consideran mejor para el establecimiento.
En base a lo anterior se crearán estructuras formales involucrando tanto al personal que trabaja dentro de la empresa como a los clientes que son quienes necesitan y demandan el servicio.
Las empresas a estudiar no cuentan con directrices sólidas y esto le genera una problemática administrativa presente y futura:

- No se tiene una clara estructura de puestos.
- La empresa no posee un adecuado diseño organizativo.
- No cuenta con una proyección de sí misma a futuro.

Así mismo, se busca probar las siguientes hipótesis:

- Learn it tiene un nivel de profesionalización en un 50%.
- Los factores del diseño organizacional en Learn it son departamentalización y una estructura centralizada.
- Considerar la especialización laboral dentro del diseño organizacional mejora el diseño organizacional de Learn it.

Metodología

Se considera un enfoque cuantitativo, descriptivo-correlacional para el cual se utilizaron cuatro instrumentos para medir diversos aspectos que son necesarios dentro de la profesionalización, en específico, los instrumentos utilizados fueron el análisis de misión y visión de Escobar (2014), quien utilizo de guía dicho instrumento para medir el grado porcentual de la visión y misión dentro de una organización. Para crear la visión y misión para las instituciones se utilizó el cuestionario usado por Borja (2013) con la finalidad de conocer mayor información de la empresa para generar una lluvia de ideas y posteriormente ser analizada con el programa Mind Manager, el cual utiliza las diversas ideas escritas para crear una misión y visión acorde a la institución ambos cuestionarios de Escobar y de Borja fueron validados mediante el juicio de expertos como parte del proceso de rigurosidad metodológica que brinda confiabilidad a los contenidos. Así mismo se utilizó el Cuestionario de Profesionalización de Fernández y Medina (2016) el cual mide diversos aspectos que contribuyen a la profesionalización de las empresas, englobando el diseño organizacional que es el punto principal de la presente investigación, dado que se pretende lograr la profesionalización atreves del diseño organizacional, los instrumentos mencionados fueron aplicados únicamente al director general de la institución.
Posteriormente se analizó la información recolectada mediante el uso porcentual que corresponde a cada apartado y por último, se utilizó un cuestionario adaptado de O.A.R.G.T. (2014) para medir la opinión de los clientes, el cual fue validado por una prueba piloto aplicada a 35 personas obteniendo

 ISSN 2007-8102

un alfa de por consiguiente se analizaron las respuestas obtenidas para identificar si las hipótesis se aprueban o rechazan, esto mediante el uso de la estadística descriptiva, como lo son las tablas de frecuencia en cada pregunta siendo estas procesadas por el programa SPSS, el cual se utilizó para el caso del cuestionario adaptado de O.A.R.G.T (2014), el cual dio un alfa de Cronbach de .878, lo que indica que los resultados son fiables (Tabla 1).

Tabla 1. Fiabilidad del instrumento LEARN IT

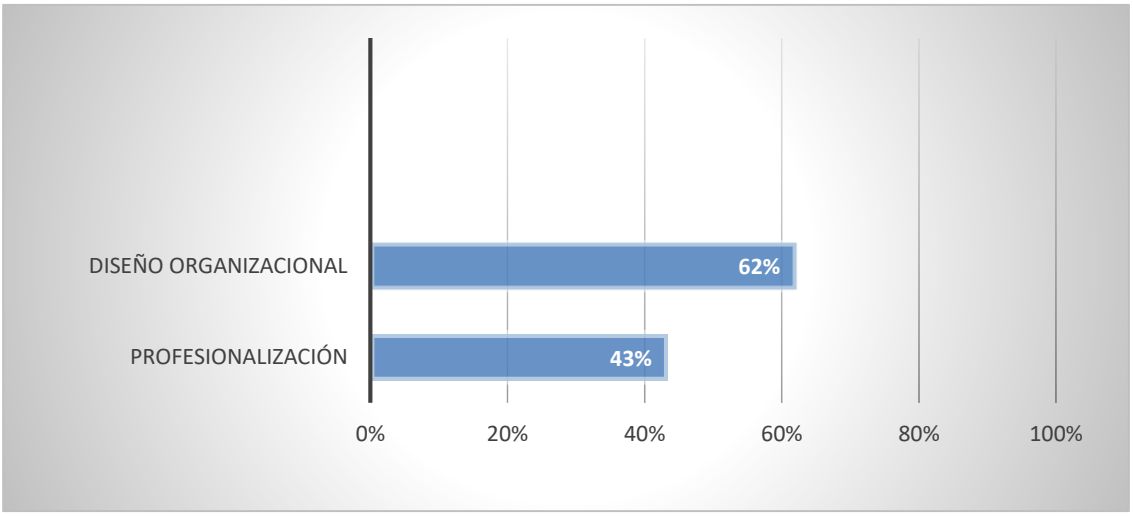
Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	N de elementos	
.878	19	
Resumen de procesamiento de casos		
Casos	N	%
Válido	75	100.0
Excluido	0	.0
Total	75	100.0

Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Analizando el cuestionario creado por Fernández y Medina (2016) aplicado al director general de la institución Learn it para identificar el grado de profesionalización que existe en la institución se obtuvo que el grado de profesionalización y de diseño organizacional son los siguientes (Gráfica 1):

Gráfica 1. Grado de profesionalización y diseño organizacional de LEARN IT



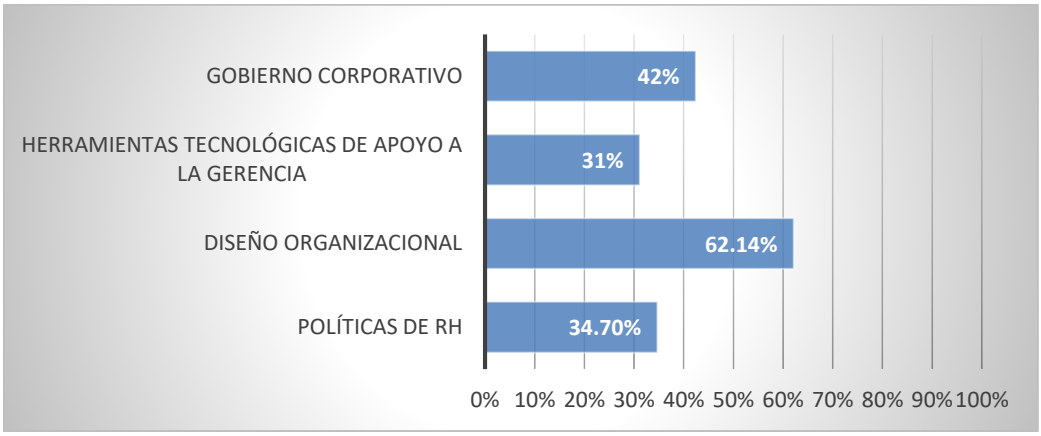
Fuente: Elaboración propia.

Como muestra la gráfica anterior, la profesionalización es de 43.41 % lo cual indica la ausencia de parámetros administrativos que contribuyen al crecimiento de la empresa y el diseño organizacional indica 62.14%.

El cuestionario de Fernández y Medina permite visualizar cuatro categorías que contribuyen en la profesionalización de una empresa, obteniendo los siguientes resultados (Grafica 2):

 ISSN 2007-8102

Gráfica 2 Categorías de la profesionalización de LEARN IT



Fuente: Elaboración propia.

Lo cual indica que entre mayor sea el grado de diseño organizacional mayor será la profesionalización, al igual que las políticas de recursos humanos que resultó ser el segundo punto más importante en el incremento de la profesionalización de una pyme.

Por otro lado, se aplicó al director de LEARN IT el cuestionario de Borja (2013), con la finalidad de crear una lluvia de ideas y analizar mediante el programa Mind Manajer para identificar una visión y misión adecuadas para la institución, los cuales arrojaron las siguientes propuestas:

Misión

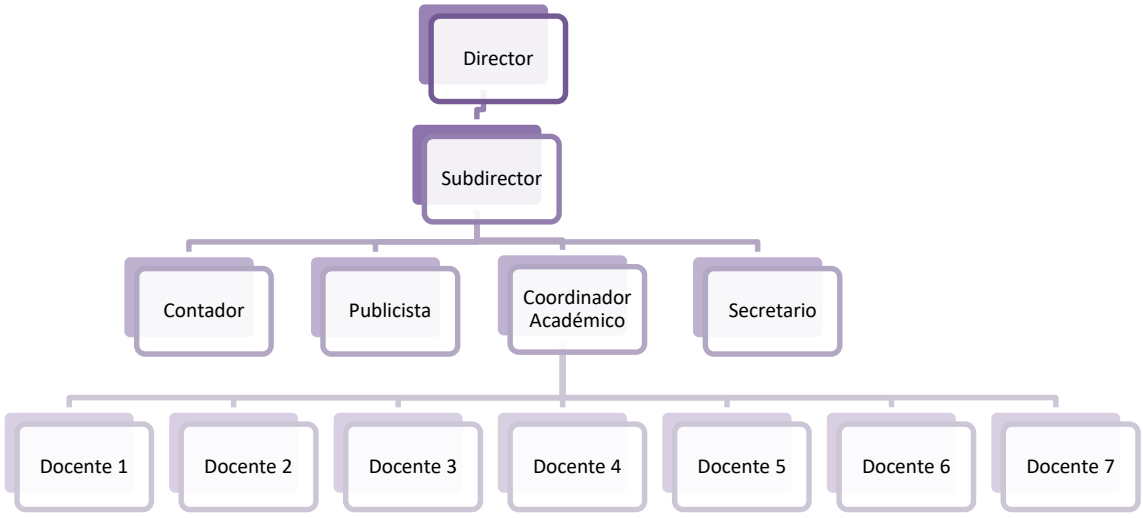
Brindar un servicio de calidad a nuestros alumnos que les ayude a lograr metas personales y laborales, mediante un sistema dinámico y un personal experimentado.

Visión

Ser la escuela de idiomas con mayor reconocimiento social en el sur de Nuevo León.

Además de lo descrito anteriormente, se recomienda que la institución utilice la siguiente estructura organizativa, para lograr identificar cada puesto adecuadamente.

Figura 2. Estructura organizativa propuesta para LEARN IT



Fuente: Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

Trabajo a futuro

Se pretende realizar una comparación de la institución LEARN IT con otra que sea similar a esta en el municipio de Celaya, Guanajuato; aplicando cada uno de los instrumentos utilizados en la empresa ya estudiada, y con esto, dando la oportunidad de identificar similitudes y generar nuevas ideas para ambas, logrando que estas crezcan en función de las semejanzas que puedan llegar a compartir.

Conclusiones

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los instrumentos utilizados en la investigación pueden completar que el Diseño de una estructura organizativa adecuada que contribuye en el nivel de profesionalización de la institución. Esto debido a que al incrementar las herramientas que conforman el diseño organizacional se eleva a la par el nivel de profesionalización.

Lo descrito anteriormente se logró identificar por medio del cuestionario aplicado por Fernández y Medina, el cual arrojo un nivel de profesionalización para LEARN IT de 42.61 %. En cuanto al Diseño Organizacional, para LEARN IT 62.14 %.

Con base en los resultados obtenidos se puede afirmar que para elevar la profesionalización de una empresa es necesario contar con un diseño organizacional adecuado a la institución, ya que dependiendo del tamaño o de los objetivos de la empresa, se pueden priorizar los elementos del diseño organizacional que más convengan, por ello se modificó en su totalidad el organigrama de la institución pues como menciona Idarraga (2012) en su artículo titulado Estructura organizacional y sus parámetros de diseño: análisis descriptivo en pymes industriales de Bogotá el organigrama es uno de los principales impulsores del rediseño organizacional. Además, tener establecidas las políticas de recursos humanos también eleva la profesionalización, ya que con esto el personal de la empresa tiene mayor certeza de los diversos procedimientos que se deben llevar a cabo, lo que se espera de ellos y lo que pueden esperar de la empresa. Todo esto facilita el alcance de los diferentes objetivos de la empresa.

Por otro lado, lo anterior permite tener un panorama claro de lo que hace y como se encuentra distribuida la organización e identificar áreas de oportunidad de las cuales se pueda sacar provecho e impulsar su crecimiento.

Referencias

1. Borja, G. S. (Mayo de 2013). *Plan estratégico para el colegio técnico internacional.* Santo Domingo: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de Issuu: https://issuu.com/pucesd/docs/tesis_gabriela_borja
2. Escobar, S. (19 de Mayo de 2014). *Slidershare.* Obtenido de Slidershare: https://es.slideshare.net/nenitajeff/matriz-de-evaluacion-mision-y-vision
3. Fernández, L. H., & Medina, R. P. (2016). *Profesionalización empresarial en empresas familiares: Una construcción teórica.* Barranquilla: Educosta.
4. Fincowsky, E. B. (2009). *Organización de Empresas.* México: Mc Graw Hill.
5. Forbes, S. (31 de Agosto de 2015). *Forbes México*. Obtenido de Forbes México: https://www.forbes.com.mx/cuales-son-los-errores-mas-comunes-de-las-pymes/
6. Giraldo, C. (2001). La importancia de la Profesionalización de las Organizaciones del Tercer Sector. *Documento de discusión sobre el tercer sector, No 13*.
7. Jiménez, D. (11 de Abril de 2012). *Pymes y Calidad 2.0*. Obtenido de Pymes y Calidad 2.0: https://www.pymesycalidad20.com/la-politica-de-calidad-hacerla-es-mas-facil-que-pelar-un-coco.html
8. Learn it, s. (15 de Febrero de 2018). Departamento de Recursos Humanos. Linares, Nuevo León, México: Información de la Planta Laboral.
9. Montúfar, R. G. (2013). *Desarrollo Organizacional. Principios y aplicaciones* (Cuarta ed., Vol. 4). México: Mc Graw Gill. Recuperado el 15 de Marzo de 2018
10. Navarro, D. H. (2008). *Rediseño Estratégico y Desarrollo Organizacional.* La Habana: Universidad de La Habana.

 ISSN 2007-8102

11. Ñaupas Páitan, H., Novoa Ramírez, E., Villagomez Páucar, A., & Mejía Mejía, E. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis.* Bogotá: Ediciones de la U.
12. O.A.R.G.T. (07 de Agosto de 2014). *O.A.R.G.T.* Obtenido de O.A.R.G.T.: https://www.oargt.es/sede/
13. Slocum, H. (2009). *Comportamiento organizacional.* México: Cengage Learning.

Modelo teórico general sobre los factores que inciden en el sentido de pertenencia

M. Tejeda Darán[1], M. E. Santiago Jiménez[2], L. E. Balandra Aguilar [2], J. B. Parra Victorino[2]*
[1]Alumna de Maestría en Ingeniería, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Puebla, Av. Del Tecnológico 420, Maravillas, C.P. 72220, Puebla, Pue., México.
[2]División de estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Puebla, Av. del Tecnológico 420, Colonia Maravillas, C.P. 72220, Puebla, Pue., México.
**darantejeda@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa.*

Resumen

Diversos autores han estudiado el sentido de pertenencia y los factores que lo comprenden. Este artículo presenta un modelo teórico general en base a la revisión de literatura sobre los factores que inciden en el sentido de pertenencia del personal dentro de una organización. El sentido de pertenencia es un sentimiento donde un miembro de una organización alinea sus objetivos e intereses con esta, por tanto, dicho sentido debería ser de vital importancia para las organizaciones. Los seres humanos están involucrados en distintos grupos sociales, familiares, políticos, religiosos, entre otros, al tener interacción con otros individuos o masas surge la necesidad de sentirse parte del entorno. Actualmente las empresas de la época de la globalización con sus métodos de búsqueda y selección de personal derrumban el interés de las personas de laborar toda su vida en el mismo lugar de trabajo.

***Palabras clave**: Sentido de pertenencia, empresas de la globalización, necesidades, calidad de vida.*

Abstract

Several authors have studied the sense of belonging and the factors that comprise it. This article presents a proposal for a model that encompasses the factors that affect the sense of belonging of the staff within an organization. The sense of belonging is a feeling where a member of an organization aligns its objectives and interests with this, therefore, that sense should be of vital importance to the organizations. Human beings are involved in different social groups, family, political, religious, among others, interacting with other individuals or masses arises the need to feel part of the environment. Currently the companies of the era of globalization with their methods of search and selection of personnel are the interest of the people working in his life in the same place of work.

***Key words**: Sense of belonging, globalization companies, needs, quality of life.*

Introducción

Los tópicos sobre sentido de pertenencia y recurso humano dentro de las empresas de la época de la globalización, no han contado con la mayor atención en el siglo XXI que actualmente se enfoca en darle valor a otros aspectos, descuidando la satisfacción de las necesidades humanas básicas.

Se realizó una minuciosa revisión de literatura en relación al sentido de pertenencia y los factores que la comprenden, el objetivo de este trabajo es la realización de un modelo teórico general de todos los factores que inciden en el sentido de pertenencia del personal dentro de una organización.

En el presente artículo se recalca que el ser humano es un ente real, con pensamientos y emociones, que lo llevan a adaptarse a su medio tomando actitudes y acciones positivas o negativas, por tanto si al ser humano no se le considera una pieza clave dentro de una organización y solo se le ve como aquella persona que tiene que

desempeñar actividades o producir resultados, a corto, mediano o largo plazo se tendrán dificultades que pueden afectar el desarrollo organizacional. Resulta oportuno indicar que el sentido de pertenencia forma parte de la sociedad y es un concepto que no debe aislarse; cuando las personas se sienten parte de algo, su percepción de las cosas mejora.

Para el ser humano es una necesidad sentir que es un miembro importante de un grupo (cultural, social, laboral, entre otros). En este sentido Sunkel (2008) dice que la pertenencia es fundamental para la cooperación social, para que las sociedades puedan afrontar las tendencias a la fragmentación y para afianzar la inclusión y cohesión sociales.

La primera cuestión a resolver es, ¿Qué es el sentido de pertenecía?, el siguiente dicho brinda una visión de lo que significa este sentido: “Nadie ama a su patria por ser la más grande, la más rica o la más avanzada, sino porque es la suya (González, 2017:298)”.

El sentido de pertenencia, es aquella emoción que surge de la interacción de una persona con un grupo, logrando vínculos de empatía en todas las actividades de dicho grupo y el deseo de querer contribuir a la mejora de este. Brea (2014) indica que el sentido de pertenencia (membrecía y afiliación) es un sentimiento de identificación de un individuo con un grupo o un lugar determinado y que se define como un sentimiento (personal e íntimo y al mismo tiempo oficial y colectivo) de arraigo e identificación de una persona con un grupo o ambiente específico. Otras formas de llamar al sentido de pertenencia son: sentido de lugar, sentido de comunidad o sentido de compromiso.

Un ejemplo de sentido de pertenencia se remonta a muchos años atrás y fue la causa de que Martin Luther King, Jr., defendiera los derechos civiles de los norteamericanos de raza negra, los cuales se hallaban inmersos en una situación de segregación social y racial, para estos norteamericanos el sentido de pertenencia se encontraba ligado a la democracia, a la igualdad, al respeto de todos los miembros de su familia, a ser reconocidos como seres humanos valiosos con las mismas capacidades que un norteamericano de raza blanca. El 28 de agosto de 1963, Martin Luther King, Jr., dijo “Yo tengo un sueño: que un día, en las colinas rojizas de Georgia, los hijos de los viejos esclavos, podrán sentarse en la misma mesa de la fraternidad (Espelt y Javaloy 1997: 1)”. Es evidente entonces, que dentro de las organizaciones se tiene que lograr un sentido de fraternidad mediante prácticas de ética, valoración del desempeño y valores solidarios, fortaleciendo y arraigando el sentido de pertenencia.

Dentro de una organización, ¿Que es el sentido de pertenencia?, para resolver esta cuestión el concepto de compromiso organizacional se vuelve un apoyo importante. Luthans, define al compromiso organizacional como la entrega y responsabilidad del trabajador con su empresa para que desarrolle un trabajo de calidad en un lugar de trabajo (De la Puente Ruíz, 2017). Este comportamiento se interesa en la satisfacción en el trabajo, por lo tanto, el sentido de pertenencia dentro de una organización es aquel que conduce a una vinculación e identificación de sentimientos, valores y actitudes entre uno o más miembros.

Ahora, ¿Qué son las empresas de la época de la globalización?, la globalización es “Un proceso dinámico de creciente libertad e integración mundial de los mercados de trabajo, bienes, servicios, tecnología y capitales” (De la Dehesa, 2007:165). Esta globalización transforma al mundo en un lugar con interrelaciones rompiendo cualquier frontera.

Una “Empresa global es aquella que ha abandonado su identidad nacional y que opera como una entidad sin patria en una escala mundial” (De la Dehesa, 2007:165), desde esta perspectiva las empresas de la globalización son aquellas que crecen y evolucionan mediante la importación y exportación de sus productos.

El proceso de globalización no es un tema nuevo, su grado de aceleración se ha dado en los últimos diez o quince años y se ha caracterizado por la transformación hacia mercados más abiertos; este libre intercambio ha obligado a las empresas, los países y las regiones a idear nuevas estrategias para estar a la vanguardia (Mejía, Bravo y Montoya, 2013).

 ISSN 2007-8102

Metodología

En la presente investigación se empleó la metodología cualitativa, esta consistió en la recopilación de todas aquellas lecturas relacionadas con el sentido de pertenencia. Las etapas de este trabajo son:

1. Se realizó una revisión de literatura sobre las empresas de la época de la globalización, sentido de pertenencia y su importancia y los factores que inciden en el sentido de pertenencia del personal.
2. A partir de la revisión de literatura, se concluyó que la globalización rompe cualquier barrera no solo territorial y que tiene cierta relación con en el sentido de pertenencia. También se realizó un desglose de los factores que inciden en el sentido de pertenencia del personal del periodo de 2006 a 2015, indicando su autor.
3. Se observó que los autores manejan los factores que inciden en el sentido de pertenencia del personal de manera aislada.
4. Se realizó un modelo teórico general de los factores (en conjunto) que inciden en el sentido de pertenencia del personal.

Empresas de la época de la globalización

La era de la globalización surge con la primera revolución industrial, dada la integración creciente de los mercados donde se tenían que reducir la distancia entre un país y otro y los costos de transporte. Las empresas encontraron beneficio en el aumento de volúmenes del proceso productivo por medio de actividades intensas de mano de obra, es decir horas intensas de trabajo y en algunos casos de maltrato de personal (De la Dehesa, 2007).

La globalización que hoy invade el mundo surgió durante la segunda mitad del siglo XX, en los inicios del comercio y pagos internacionales realizados por los griegos, donde se formalizó la regulación de comercio internacional, dando paso a la integración económica y los bloques comerciales, que posteriormente configuraron la eliminación de barreras económicas y la movilidad de los factores productivos en el mundo (Flores, 2016).

La globalización es un hecho concreto que está cambiando las estrategias económicas de todas las naciones, perfeccionando las relaciones sociales e internacionales y desarrollando nuevos patrones culturales, logrando el contacto de todos los puntos del planeta. El fondo Monetario Internacional (FMI), organización financiera internacional con sede en Washington D.C., Estados Unidos, indica que la globalización es la independencia económica creciente en el conjunto de los países del mundo, provocada por el aumento de volumen, transacciones transfronterizas de bienes y servicios, flujos internacionales de capitales y avances tecnológicos (Mateus y Brasset, 2002).

En el planeta tierra o mundo de las apariencias, la globalización representa diversas cosas como: el internet, la televisión satelital, el correo electrónico, las empresas multinacionales; ejemplo IBM, el consumismo, el cine estadounidense conocido como Hollywood, los problemas sociales, catástrofes, entre otras. (Hirsch, 1997). La mundialización o globalización ha sido nociva para el mundo acercándose a un nivel de riesgo mundial y su auto destrucción, pero también ha dado beneficios asociados a la post modernidad cambiante y envolvente, teniendo influencia en los actos económicos internacionales (Flores, 2016).

Los países desarrollados y subdesarrollados, poderosos y débiles, ricos y pobres, grandes y chicos, todos forman parte del mundo global, gracias al conocimiento y la velocidad de su desarrollo, nadie queda excluido. Las empresas de la globalización nacen con el nombre de monopolios donde existe una casa matriz en el país desarrollado y una serie de filiales a nivel mundial, con el propósito de explotar productos primarios que emanan de la agricultura, la ganadería, la minería y/o la industria petrolera en los países subdesarrollados y exportarlos, con el paso de los años estos monopolios han ido evolucionando dada la industrialización y el avance tecnológico (Esteves, 2000).

La palabra global tiende a crear la ilusión de un mundo equilibrado y equidistante, en el que se desarrollan diversos intercambios (mensajes, dinero, influencias culturales, entre otros) (Margulis, 1997). Una empresa global es aquella que ha abandonado su identidad nacional y que opera como una entidad sin patria en una escala mundial, eliminando todos los límites y fronteras y haciendo que las naciones se conviertan en una sola, acortando cualquier distancia, ya que se involucra en un proceso dinámico de libertad creciente e integración de mercados de trabajo, bienes, servicios y tecnologías. La expansión y penetración de nuevas ideas, de tecnología, de conocimiento y los efectos culturales contribuyen al desarrollo de las empresas globales (De la Dehesa, 2007).

Las nuevas empresas globales forman parte de una política de carácter global, transnacional y temporal que responde a una combinación de factores y circunstancias determinadas y a objetivos muy concretos y no a la estrategia permanente para alcanzar el deseado desarrollo (Esteves, 2000). La esencia de la globalización es que es un proceso que tiene muchas expresiones con cambios sociales, ideológicos, políticos y económicos (Betancourt, 2003).

Las empresas de la época de la globalización han roto las barreras de territorio y las barreras ideológicas ya que se dedican a comercializar productos y servicios en todo el mundo, con nuevos métodos de distribución y comercialización apoyados de las recientes tecnologías, logrando su desarrollo y crecimiento, rápido y constante en grandes mercados mundiales con una economía fluctuante.

Sentido de pertenencia y su importancia

Los seres humanos vivimos en espacios que son producto de sistemas sociales, todo sistema social implica la relación e interacción de los individuos (relaciones humanas), logrando un vínculo entre cada uno de ellos, de este vínculo nace el concepto de sentido de pertenencia, dicho sentido de pertenencia comprende que el ser humano se sienta parte importante en el grupo (o grupos) en el que se encuentra inmerso y tenga un compromiso y responsabilidad hacia este. Maya (2004) indica que el sentido de pertenencia puede darse, aunque no se comparta un espacio en común por ejemplo en agrupaciones religiosas, sindicatos o en asociaciones profesionales.

El sentido de pertenencia es una visión que fortalece a una organización y permite que sus elementos trabajen en forma totalmente autónoma. Cuando se considera que algo es propio o personal, las energías para realizar cualquier actividad relacionada con ese algo se multiplican y tendrán una mejor dirección (Cañedo, 2007).

Formanchuck define al sentido de pertenencia como la aproximación individual y colectiva de valores, misión e historia de una organización, que tienen un efecto en sus colaboradores, y como resultado genera un sentimiento de orgullo e identificación (satisfacción laboral), en otras palabras, que los colaboradores se propongan cumplir con las metas y objetivos de la organización. De acuerdo con esto, la satisfacción laboral es un estado emocional (actitud y disposición) que refleja una respuesta positiva hacia una organización con resultados favorecedores (Campana y Pérez, 2019).

Un antecedente sobre el sentido de pertenencia, se encuentra en la pirámide de Maslow, enfocada a las necesidades humanas. El concepto de “necesidades” se refiere a cierto tipo de problemas que afronta un individuo o grupo de personas (Mballa, 2017). Este concepto tiene una connotación polisémica y una larga trayectoria en el pensamiento social, considerando a las necesidades como infinitas, ilimitadas y siempre cambiantes (Elizalde, Martí y Martínez, 2006). Maslow en 1943 público en el artículo “Una teoría sobre la motivación humana”, una jerarquía de las necesidades humanas, estas necesidades deben satisfacerse en orden secuencial desde la base hasta la cúspide para el logro de la felicidad. Se inicia con la búsqueda de la satisfacción de las necesidades fisiológicas o de supervivencia, después con las necesidades de seguridad, o la huida del miedo. Continuando con la fase de integración o sentido de pertenencia (socialización, contacto y amor). Después se prosigue con las necesidades de autoestima (respeto, satisfacción y reputación) y por último se llega a la cúspide con la realización personal (Turienzo, 2016).

 ISSN 2007-8102

El sentido de pertenencia es un concepto que se ha adoptado para hablar de lazos afectivos, emociones, identificación, construcción de la identidad social, individual e identidad de lugar, ambientes laborales, entre otros (Campana y Pérez, 2019).

En el siguiente apartado se indican los factores que inciden en el sentido de pertenencia del personal encontrados en literatura.

Factores que inciden en el sentido de pertenencia del personal

El ser humano (ente con pensamientos, actitudes y emociones) tiene la capacidad de expresar cómo asimila todos los aspectos que lo rodean (Cerquera y Meléndez, 2010). Brea (2014) señala que el funcionamiento y bienestar psicológico de las personas conduce a emociones y sentimientos positivos como el gozo o alegría, la calma, el entusiasmo, la felicidad, la admiración, el agradecimiento, el apoyo, la autonomía, la comprensión, la satisfacción, entre otros, conduciendo a resultados productivos.

¿Qué clase de factores inciden en el sentido de pertenencia del personal? La clase de factores que inciden en el sentido de pertenencia del personal dentro de las organizaciones son de tipo afectivo, económico, personal y social. En base a una revisión de literatura se detectó que en el periodo de 2006 a 2015 diversos autores escribieron sobre los factores que inciden en el sentido de pertenencia (de manera aislada, no desarrollan los factores de manera conjunta), las contribuciones que se consideraron más relevantes se registraron en la Tabla 1. Factores que inciden en el sentido de pertenencia identificados en literatura. Los autores que se enlistan en la Tabla 1 son los siguientes : A) Aldape, Predozo, Castillo y Moguel (2011), B) Añez (2006), C) Frías (2014), D) Herrera y Cassals (2005), E) García (2010), F) Jaén (2010), G) Marvel, Rodríguez y Núñez (2011), H) Montalvo y Plasencia (2015), J) Pecino, Mañas, Díaz, López y Llopis (2015), K) Ramírez, Abreu y Badii (2008).

Tabla 1. Factores que inciden en el sentido de pertenencia identificados en literatura.

Factores	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**J**	**K**	**Total**
Motivación		O	O		O	O	O	O		O	7
Integración e identificación		O	O			O	O	O			5
Capacitación y competencias			O			O		O			3
Liderazgo (Alta dirección y gerencia)	O	O	O		O	O	O		O	O	8
Comunicación		O			O						2
Estabilidad emocional y estrés laboral				O		O					2
Desarrollo Profesional			O			O	O			O	4

 ISSN 2007-8102

Satisfacción laboral	O		O		O	O	O	O	O		7
Clima organizacional		O	O			O	O		O		5

Las organizaciones deben tomar en cuenta los factores enlistados anteriormente (ver Tabla 1) y visualizarlos como un conjunto de factores capaz de lograr el arraigo del personal y mejorar las condiciones laborales y organizacionales.

En la actualidad en algunas empresas de la globalización, los colaboradores no cuentan con las condiciones óptimas para el logro de sus funciones, donde desempeñan largas jornadas laborales generando la insatisfacción de su personal y un escaso sentido de pertenencia, en contraste a lo anterior, existen empresas globales (Google, IBM, Yahoo, Apple, entre otras) que están tomando acciones (instalaciones confortables y con áreas de entretenimiento, reconocimiento del personal, remuneraciones, liderazgo, prestaciones, entre otras) pensadas en el beneficio de factor humano.

Resultados y discusión

El sentido de pertenencia del personal es un tema que hoy invade las esferas globales, ya que su base es el factor humano (punto medular para que las organizaciones sigan vigentes en el mercado) y este se encuentra involucrado en todos los procesos. Todos los autores enlistados en la Tabla 1, realizaron estudios sobre los factores que inciden en el sentido de pertenencia, pero estos factores los describen de manera aislada, es decir hay autores que solo hablan de motivación, mientras otros hablan de liderazgo, clima organización y motivación, por tanto se desarrolló un modelo que involucra a todos los factores que surgieron de la revisión de literatura, este modelo lo podemos visualizar en la Figura 1.



Figura 1. Modelo teórico general de factores (en conjunto) que inciden en el sentido de pertenencia. Fuente: Elaboración propia (2019).

Trabajo a futuro

Dados los resultados de este trabajo se pueden realizar más estudios a futuro sobre el tema e implementar en una organización el modelo propuesto de los factores (en conjunto) que inciden en el sentido de pertenecía del personal dentro de una organización para analizar su posible impacto y los posibles beneficios que se obtendrían.

Conclusiones

Esta investigación resalta la importancia de contar con un modelo de un conjunto de factores encontrados en literatura que inciden en el sentido de pertenencia del personal. El logro de objetivos organizacional depende en gran medida del sentido de pertenencia que el trabajador tenga hacia la organización en la que desempeña actividades, ya que el trabajador que cuenta con un sentimiento de arraigo hacia su organización, desempeñará de manera adecuada todas sus actividades y pondrá su mejor empeño para su realización. En consecuencia, al unir todos los factores encontrados se podrán obtener resultados orientados al logro del sentido de pertenencia.

Referencias

1. Aldape, A., Pedrozo, J., Castillo, V., & Moguel, M. (2011). Liderazgo y satisfacción en el trabajo ¿Vale la pena estudiarlos? *Revista de economía, Finanzas y Negocios*, *1*(2), 35-42.
2. Añez, S. (2006). Cultura organizacional y motivación laboral de los docentes universitarios. CICAG, 4(1), 102-126.
3. Betancourt, O. (2003). Globalización y salud de los trabajadores. *Salud de los Trabajadores*, *11*(1), 53-63.
4. Brea, L. M. (2014). Factores determinantes del sentido de pertenencia de los estudiantes de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, Campus Santo Tomás de Aquino (Doctoral dissertation).
5. Campana Aguilar, J. M., & Pérez Yucra, K. V. (2019). Sentido de pertenencia y satisfacción laboral en trabajadores de una empresa comercial de telecomunicaciones de Lima Metropolitana.
6. Cañedo Andalia, R. (2007). Motivación, pertenencia, responsabilidad… En busca de una cultura de excelencia. *Acimed*, *16*(4), 0-0
7. Cerquera Córdoba, A. M., & Meléndez Merchán, C. (2010). Factores culturales asociados a las características diferenciales de la depresión a través del envejecimiento. *Pensamiento psicológico*, *7*(14).
8. De la Dehesa, G. (2007). Comprender la globalización. Alianza.
9. De la Puente Ruíz, L. A. (2017). Compromiso organizacional y motivación de logro en personal administrativo de la Municipalidad Provincial de Trujillo.
10. Elizalde, A., Martí Vilar, M., & Martínez Salvá, F. (2006). Una revisión crítica del debate sobre las necesidades humanas desde el enfoque centrado en la persona. Polis. Revista Latinoamericana, (15).
11. Espelt, E., & Javaloy, F. (1997). El racismo moderno. Barcelona: SOS Racismo.
12. Esteves, E. (2000). Globalización y empresas globales. *Revista venezolana de análisis de coyuntura*, *6*(2), 269-280.
13. Flores Trujillo, M. V. (2016). La globalización como fenómeno político, económico y social. *Revista Orbis*, (34), 26-41.
14. Frías, C. (2014). Compromiso y satisfacción laboral como factores de permanencia de la generación Y.
15. García Viamontes, D. (2010). Satisfacción laboral. Una aproximación teórica. Contribuciones a las ciencias sociales, 1.
16. González, M. A. (2017). Sense of Belonging, Identification and Liquidity. Argentine Journal of Cardiology, 85(3), 298-298.
17. Herrera Sánchez, R., y Cassals Villa, M. (2005). Algunos factores influyentes en la calidad de vida laboral de enfermería. Revista Cubana de enfermería, 21(1), 1-1.
18. Hirsch, J. (1997). ¿Qué es la globalización?. *Realidad Económica*, *147*, 7-17.
19. Jaén Díaz, M. A. (2010). Predicción del rendimiento laboral a partir de indicadores de motivación, personalidad y percepción de factores psicosociales (Doctoral dissertation, Universidad complutense de Madrid).
20. Margulis, M. (1997). Cultura y discriminación social en la época de la globalización. *Nueva sociedad*, *152*, 37-52.
21. Marvel Cequea, M., Rodríguez Monroy, C., & Núñez Bottini, M. A. (2011). La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores. Intangible capital, 7(2).
22. Mateus, J. R., & Brasset, D. W. (2002). La globalización: sus efectos y bondades. *Economía y desarrollo*, *1*(1), 65-77.
23. Maya Jariego, I. (2004). Sentido de comunidad y potenciación comunitaria. *Apuntes de psicología*, *22*(2), 187-211.

24. Mballa, L. V. (2017). Desarrollo local y microfinanzas como estrategias de atención a las necesidades sociales: un acercamiento teórico conceptual. Revista mexicana de ciencias políticas y sociales, 62(229), 101-127.
25. Mejía Giraldo, A., Bravo Castillo, M., & Montoya-Serrano, A. (2013). El factor del talento humano en las organizaciones. *Ingeniería Industrial*, *34*(1), 2-11.
26. Montalvo, G., & Plasencia, R. (2015). La Motivación. Comportamiento organizacional Trabajo, 23(06).
27. Pecino Medina, V., Mañas Rodríguez, M. A., Díaz Fúnez, P. A., López Puga, J., & Llopis Marín, J. M. (2015). Clima y satisfacción laboral en el contexto universitario. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, *31*(2), 658-666.
28. Ramírez, R., Abreu, J. L., & Badii, M. H. (2008). La motivación laboral, factor fundamental para el logro de objetivos organizacionales: Caso empresa manufacturera de tubería de acero. Revista Daena (International Journal of Good Conscience), 3(1).
29. Sunkel, G. (2008). Sentido de pertenencia en la juventud latinoamericana: identidades que se van y expectativas que se proyectan. Pensamiento iberoamericano, (3), 183-202.
30. Turienzo, R. (2016). El pequeño libro de la motivación. Alienta.

Interrelación de la innovación con la responsabilidad social empresarial

M. D. López Noriega[1] y H. García Álvarez[1]
J. Montalvo González[2], M. G. Aguirre Alemán[2], M. T. Sainz Barajas[2]*
[1]Facultad de Ciencias Económicas Administrativas, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56, Número 4 Esq. Av. Concordia, Col. Benito Juárez, CP 24180, Ciudad del Carmen, Campeche, México
[2]Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Veracruzana, Av. Universidad Veracruzana Km. 7.5, Col. Santa Isabel, CP 96538, Coatzacoalcos, Veracruz, México
[*]tsainz@uv.mx
Área de participación: *Ingeniería Administrativa*

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo describir la relación de los elementos de la innovación y la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), iniciando con la búsqueda de diversos artículos que hablan de la conexión de ambas variables, así como la identificación de conceptos, teorías y modelos que apoyan el enriquecimiento del estudio. A partir de este análisis se identificaron conceptos de innovación y RSE, surgiendo la idea de adaptarlas a la organización para crear beneficios en lo económico, social y medioambiental. Este estudio pretende crear un análisis comparativo de los conceptos ya mencionados, compuesto por definiciones de diversos autores y modelos que determinan si existe una conexión como tal.

Palabras clave: *Innovación, Responsabilidad, Social, Empresarial.*

Abstract

The objective of this research is to describe the relationship between the elements of innovation and Corporate Social Responsibility (CSR), starting with the search for various articles that discuss the connection of both variables, as well as the identification of concepts, theories and models that support the enrichment of the study. Based on this analysis, the concepts of innovation and CSR were identified, with the idea of adapting them to the organization to create economic, social and environmental benefits. This research aims to create a comparative analysis of the aforementioned concepts composed of definitions of various authors and models that determine whether a connection exists as such.

Keywords: *Innovation, Corporate, Social, Responsibility.*

Introducción

Desde tiempos distantes las organizaciones han tenido cambios conforme a los avances tecnológicos. La innovación es fundamental dentro de estos, Treviño, Lorenz y Roque (2007), afirman que “La innovación se puede considerar como la aplicación comercial de una idea de forma que se originen productos, procesos o servicios nuevos o mejorados, permitiendo generar beneficios empresariales” (p.6). Estos autores hacen mención del desarrollo que debe tener el producto o servicio para una mejora continua y así ofrecer el mayor rendimiento posible para la organización.

Otro de los conceptos a tratar en este estudio es la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), sobre el cual León, Baptista y Contreras (2012), señalan que “La RSE orienta las acciones empresariales para lograr la protección del entorno natural y contribuir a mejorar la calidad de vida de empleados, sus familias, los clientes y demás grupos” (p.43). Este aporte, indica que, independientemente de su crecimiento, la organización alcance grandes beneficios económicos, sociales y medioambientales.

En ese contexto, el objetivo de este estudio, consiste en describir la relación de los elementos de la RSE y la innovación, piezas indispensables en la definición de la estrategia empresarial de las organizaciones actuales; de tal manera que, muchas de ellas, han optado por adoptar en su gestión, iniciativas encaminadas a generar valor a través de la innovación, que les permita no sólo desarrollar nuevos y renovados modelos de negocios, sino también, fomentar la responsabilidad social de las mismas.

Para lograr lo anterior, se usará el análisis comparativo que facilitará la detección de elementos e indicadores comunes en ambos conceptos, a través de la sistematización de la información obtenida en la revisión documental.

Generalidades de la innovación y la responsabilidad social empresarial

En los últimos años las organizaciones han logrado un alto impacto en la creación de bien o servicio ya que han fortalecido su desarrollo económico. La RSE y la innovación marcan un nuevo reto para estas empresas, en la actualidad, ya existen diversos estudios que relacionan estos dos conceptos; a continuación, se dará inicio a la exposición racional.

La innovación

En las últimas décadas se habla de innovación como el cambio que hay en el aumento de nuevas oportunidades, de acuerdo a Treviño, et al. (2007), la innovación es "La creación y modificación de un producto y su introducción en su mercado" (p.9). Así mismo, según la OCDE (2009): "La innovación es una pieza importante tanto para el desarrollo económico como para el crecimiento de la productividad. Tanto así que los gobiernos están conscientes que uno de los posibles caminos que les puede ayudar a sortear la actual crisis económica y financiera es la inversión en innovación". (p. 1). Dentro del concepto innovación existen diferentes tipos, mismos que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Tipos de Innovación Elaboración propia a partir de "Innovación empresarial, Difusión, Definiciones y Tipología" por Garzón e Ibarra (2013), Revista Dimensión Empresarial, 11 (1), p.53.

Clase de innovación	Concepto	Ejemplo
Innovación de Producto	Se refiere a todo lo relacionado con las características de las nuevas mercancías y servicios. Es el inicio de un bien y servicio especificando sus componentes, funciones, software.	GPS (Sistema de Posicionamiento Global), de radionavegación para equipo de transporte, incluyendo conectividad inalámbrica de equipos móviles y aplicación de buscadores rápidos.
Innovación de Proceso	Es el proceso de producción generalmente en la mejora del bien o servicio de lo cual, se basa específicamente en la tecnología.	FedEx, mejora de la red de distribución, como empresa de paquetería y transporte, la distribución es la pieza clave de esta compañía.
Innovación de Organización	Es el método en el cual las empresas se basan en la organización de nuevas relaciones con empresas externas.	Colaboraciones con Universidades, empresas públicas y privadas.
Innovación de *Marketing*	Es todo lo relacionado con el diseño de producto o servicio, aplicando los segmentos de mercado, marca, precio y promoción.	Tecnología en aparatos electrónicos.

Es necesario recalcar que la innovación cuenta con un concepto diferente de cada tipo desde la introducción del producto o servicio, el proceso de su mejora, la organización y el diseño conocido como marketing. Adicionalmente, la innovación es uno de los principales retos a los que se enfrentan las empresas; su alcance va más allá de la generación de productos y servicios nuevos o mejorados. De acuerdo a Sawhney, Wolcott y Arroniz (2006), la innovación implica entregar valor al mercado y, para evaluar su nivel en las empresas, propusieron el "RADAR de la Innovación" que permite calificar cada una de las 12 dimensiones que lo integran, veáse Tabla 2:

Tabla 2 Dimensiones de la Innovación Elaboración propia, a partir de "The 12 Different Ways for Companies to Innovate", por Mohambir Sawhney, Robert C. Wolcott, Inigo Arroniz (2006), MITSloan Management Review, p.78.

Dimensión	Definición	Ejemplos
Oferta	Se basa en la creación del desarrollo de nuevos productos o servicios de manera que sean innovadoras.	Rasuradora Gillette Mach3Turbo.
Plataforma	Es el conjunto de componentes para la relación de tecnologías por medio de bloques que se utilizan en la construcción del bien o servicio.	Películas animadas de Disney.
Solución	Resuelve problemas en las operaciones realizadas de los clientes de distancia a distancia.	Soluciones Logísticas de suministro de servicios de UPS.
Cliente	Es la detección de saber si existen clientes insatisfechos.	Enterprise Rent-A-Car se centra en el alquiler de coches de reemplazo.
Experiencia del Cliente	Es la aplicación de la regeneración de las interacciones con los clientes.	El concepto de "experiencia de entretenimiento" de Cábela.
Captura de valores	Es la acción de redefinir cómo cobran las empresas y detectar cómo crean nuevas fuentes de ingresos.	Búsqueda pagada en Google.
Procesos	Es la remodelación de los procedimientos operativos para la mejora del producto o servicio.	Sistema de operación de Toyota.
Organización	Es el cambio a cualquier función, forma o actividad de la organización.	Organización virtual en red centrada en los socios de Cisco.
Cadena de suministros	Es el proceso de realizar de forma diferente el abastecimiento de sus suministros de forma directa.	General Motors Celta utiliza el suministro integrado y las ventas en línea.
Personalidad	Es la creación de nuevos canales de distribución con toques de innovación principalmente en lugares donde clientes puedan comprar y hacer uso de las ofertas.	Venta de CD en la tienda Starbucks.
Redes	Implanta redes con mayor avance tecnológico para la obtención de nuevas ofertas.	Servicio de Monitoreo Remoto de Elevadores Otis.
Marca	Se basa en aprovechar el uso de nuevos dominios en la marca.	La marca Yahoo!.

La Responsabilidad Social Empresarial

En la evolución histórica de la RSE no se contaba con un significado específico de ella como tal; sin embargo, en los últimos años diversos autores le han dado significados diferentes a la RSE, a continuación, algunas definiciones Tabla 3:

Tabla 3 Definición de autores Elaboración propia a partir de "Responsabilidad Social (RS) y Responsabilidad Social Corporativa (RSC): una nueva perspectiva para las empresas", por Avendaño y William (2013), Revista Lasallista de Investigación, 10 (1), p.154; "Responsabilidad social y gestión del conocimiento como estrategias de gestión humana", por Saldarriaga (2013), Revista Estudios Gerenciales, p. 113; "Los diferentes tipos de responsabilidad social y sus implicaciones éticas" por Vélez y Cano (2016), Revista Dominio de las Ciencias, p.116.

Autores	Definición
(Avendaño & William, 2013)	La significación actual de la RS responde, más bien, a un cambio en la comprensión de la empresa, es decir, cuando ya es evidente que el beneficio económico no es separable del beneficio social y ecológico.
(Saldarriaga, 2013)	La responsabilidad social ha sido un concepto aplicado a las obligaciones y compromisos legales y éticos que se derivan de los impactos que la actividad de las organizaciones produce en el ámbito social, laboral, medioambiental y de los derechos humanos, es decir, a aspectos relacionados con la incidencia de los procesos y productos de la empresa en el escenario social.
(Vélez & Cano, 2016)	La responsabilidad social es el resultado tanto de la conciencia ética de las personas como de organizaciones que la practican.

Desde los orígenes previos, la RSE proviene del cambio intra-organizacional, generalmente éste es aplicado en las grandes empresas del sector privado. La RSE no es resultado únicamente de la responsabilidad económica de la empresa ya que forma parte de la actividad empresarial.

Existen diversos beneficios que las grandes empresas pueden lograr si se aplica la RSE, independientemente de su crecimiento, también se generaría un nuevo impacto en el beneficio de la organización, tanto económico como ambiental.

La dimensión medioambiental se ocupa del cuidado del medio ambiente como lo es el ahorro de energía, contaminación del aire, suelo y agua y la protección del entorno; mientras que la dimensión social, abarca todo lo relacionado con los empleados de las organizaciones, la comunicación entre ellos, la igualdad y equidad de género; y la salud laboral para crear un bienestar; finalmente, la dimensión económica, tiene que ver con la gestión de servicios y productos; el trato a los clientes en servicio y sugerencia y atención a proveedores.

Antecedentes

El documento "Análisis de la incidencia de la responsabilidad social empresarial en el éxito competitivo de las microempresas y el papel de la innovación" de Gallardo y Sánchez (2013), tiene como objetivo "observar si la mayor o menor predisposición positiva de los directivos de las microempresas hacia las acciones de RSE influye directamente en el éxito competitivo que la empresa alcanza en su mercado" (p.19). Para ello, las autoras analizan las tres dimensiones: económica, social y medio ambiental de la RSE, a través de un modelo conceptual de investigación que permitió determinar la existencia de relación entre las variables de RSE, de innovación y de éxito competitivo, considerando sus respectivos indicadores. El modelo se aplicó a una muestra de 710 microempresas de Extremadura en España, a través de una entrevista telefónica, durante el mes de mayo de 2010. Los resultados permitieron a las autoras, afirmar que la RSE puede ser considerada como un motor de competitividad empresarial, incidiendo y potenciando su innovación.

En el artículo "Responsabilidad social corporativa e innovación propuesta de diseño para su medición" de Mejía, Sánchez, y Hernández (2013), que tuvo como finalidad presentar las variables e indicadores que relacionan la RSE con la innovación, con el propósito de diseñar una herramienta conceptual que permita a los directivos de las organizaciones medir la relación entre estas variables y facilite la toma de decisiones para lograr una maximización de ganancias y reducción de costos. La metodología seguida por Mejía et al. (2013), partió de una revisión conceptual de la RSE y de la innovación de tal manera, que les permitió relacionar estas variables a través de un modelo conceptual de medición. El modelo integró las variables: RSE, con un total de cuatro

dimensiones, que consideraban 14 indicadores, agrupados en los cuatro tipos de RSE definidos en la revisión bibliográfica; mientras que para la variable innovación, consideraron cuatro dimensiones y cuatro indicadores referentes a los arquetipos de innovación.

De la Torre, Maruri, y Jáuregui (2011), en su libro "Innovación y responsabilidad social: tádem de la competitividad. Claves para innovar y crecer en la empresa inteligente. 11 casos de éxito en innovación". Plantean que la innovación hoy en día, se ha convertido en una obligatoriedad para las empresas, ya que se requiere de empresas con cultura innovadora, capaces de generar emprendimiento corporativo de manera responsable y poder así hacer frente a los retos globales. Dentro de la obra, se analiza el top 5 de casos empresariales de compañías innovadoras como Apple, Google, Microsoft, Toyota y Nintendo, así como casos empresariales de empresas que ya han vinculado la innovación con la responsabilidad social tales como Philips, Zeltia, Tata, El Circo del sol y Starbucks y finalmente, en el ámbito de las PYME el caso del restaurante el Bulli.

Para concluir, el artículo "Responsabilidad social corporativa la última innovación en management", Nieto y Fernández (2004) , exponen la relación de crear vínculos entre la RSE y la innovación a través de la identificación de las causas que contribuyen en la difusión de las prácticas de RSE, haciendo mención del cambio en las empresas y la relación con las dimensiones económica, medioambiental y social.

Metodología

Este trabajo se realiza utilizando un método comparativo o de análisis comparativo, tomando como base el proceso mas utilizado por los investigadores de las ciencias sociales.

Grosser y Lasswell (citado en Nohlen, (2003), señalan que el método comparativo tiene como ventajas el facilitar la comprensión de cosas desconocidas a partir de las conocidas, la posibilidad de explicarlas e interpretarlas, perfilar nuevos o mejores conocimientos, destacar lo peculiar de fenómenos conocidos, sistematizar la información, distinguiendo las diferencias con fenómenos o casos similares.

Como cualquier método científico el, método comparativo sigue un proceso sistematizado, que de acuerdo al objetivo de este documento se presenta a continuación:

La primera etapa para conducir una investigación comparativa, consiste en la configuración de una estructura teórica; en este trabajo se realizó una indagación de artículos a través de un buscador, en el cual se identificaron diversas investigaciones de autores que aportaran a la relación de la innovación y RSE, sirviendo de apoyo para construcción de este análisis.

En la segunda fase, se procedió al estudio de los modelos, dimensiones y teorías que componen a la innovación y RSE, con el fin de poder llevar a cabo un análisis robusto, que permitiera el comparativo de ambas variables.

Y, por último, en el tercer paso se realizó el análisis comparativo a través de un cuadro en el cual se utilizaron las definiciones de autores y organización, con el fin de detectar si existen modelos y/o dimensiones que relacionen a la innovación, con la RSE.

Como se ha podido observar, hasta el momento, se han ejecutado ya las dos primeras fases del método comparativo; por consiguiente, es momento de dar entrada al último paso.

Análisis comparativo de la RSE y la innovación

Para efectos del análisis comparativo, se han considerado distintos modelos que permiten establecer los elementos comunes que se presentan en la RSE y la innovación, estos se utilizan para la evaluación de hechos, pactos y teorías que existen dentro del estudio. A continuación Tabla 4, resume el análisis comparativo de ambos conceptos de acuerdo a los autores seleccionados.

Tabla 4 Análisis comparativo de la innovación y RSE Elaboración propia a partir de "Análisis de la incidencia de la Responsabilidad Social Empresarial en el éxito competitivo de las microempresas y el papel de la innovación", por Gallardo y Sánchez (2013), Universia Business Review, p.17,21; "La Innovación social en el contexto de la Responsabilidad Social Empresarial", por León, Baptista, Contreras (2012), Revista Forum Empresarial, p. 32,43; "Competencias Organizacionales y su Impacto en el desempeño Organizacional: Innovación y Creatividad, Trabajo en equipo y RSE", por Rositas, Mendoza y Cruz (2012), Trabajo presentado en el VII Edición de la Cátedra en Contabilidad y Administración "Agustín Reyes Ponce", Ciudad de México, p.6,15.

Autor/Organización	Innovación	RSE	Elementos
(Gallardo & Sánchez, 2013)	La conciben como la adopción de una nueva idea o práctica que puede dar inicio a nuevos productos, mercados, procesos productivos, organizacionales o administrativos.	La teoría señala que aquellas empresas que llevan a cabo acciones socialmente responsables consiguen competir en mejores circunstancias en el mercado.	• Dimensión Económica • Dimensión Social • Dimensión Medioambiental
Guez (citado en León et al. (2012)	Considera que incide en las diversas funciones y procesos organizacionales que marcan ventajas en cuanto a productividad y competitividad.	La RSE puede verse como un camino evolutivo, en el cual las empresas se inician con acciones sociales quizás no imbricadas en su gestión.	• Dimensión Interna • Dimensión Externa • Dimensión Operativa
ISO/DIS 26000 (citado en Rositas et al. (2012))	Consiste en la capacidad que tiene el recurso humano de una empresa para organizar, motivar y llevar a cabo el trabajo en una forma lo suficientemente novedosa que le permita además de lograr las metas de la empresa, lograr una ventaja competitiva.	La responsabilidad social empresarial es un elemento que integra diferentes aspectos como ético, desarrollo social y económico.	• Gobernanza de la organización • Derechos Humanos • Prácticas Laborales • Medio Ambiente • Practicas justas de Operación • Asunto de Consumidores • Participación activa y desarrollo de la comunidad

Como se puede observar en la Tabla 4, sin duda alguna existe una notoria coincidencia entre los autores y su concepción de la innovación, RSE y elementos; ya que a manera de resumen, se puede afirmar que la innovación es concebida como la capacidad con que cuenta el recurso humano, para la adopción de una nueva idea o práctica, capaz de incidir en procesos y/o funciones organizacionales, con el objetivo de mejorar la productividad y competitividad, garantizando así, la materialización de una ventaja competitiva. En lo referente a la significación de RSE, puede aseverarse que es un camino que, mediante la adopción de buenas prácticas sociales, se puede evolucionar hasta obtener un desarrollo económico. El común denominador en los elementos, radica en que aquellos enunciados por la ISO/DIS 26000, también conocidos como grupos de interés o stakeholders, pueden ser agrupados en dos taxonomías, la primera, que incluye la dimensión económica, social y medioambiental; y la segunda en la dimensión interna, externa y operativa; no obstante, los elementos están interrelacionados entre sí, de tal manera, que tienen un efecto no independiente en el total.

Trabajo a futuro

Una vez finalizada esta investigación, y al tomar en consideración los documentos revisados y antes descritos, se puede deducir que existe una relación entre los conceptos, el siguiente paso, demanda evidentemente, el diseño de un instrumento que permita llevar a cabo una investigación cuantitativa y correlacional, con una población finita, cuyo objetivo consista en determinar el nivel de relación que existe entre la RSE e innovación en las pymes de comercio al por menor, mediante la recolección de datos numéricos de variables sociodemográficas, la relación entre las dimensiones de RSE económica, social y medioambiental; y la influencia que tiene la innovación.

Conclusiones

Se puede decir que el concepto innovación, es el proceso de generar una idea en la creación de un bien o servicio, utilizando tecnologías que aporten al desarrollo económico de las organizaciones, mientras que la RSE, es el movimiento en el cual las empresas tienen la iniciativa de idear y cumplir con acciones económicas, sociales y medioambientales, que favorezcan el bienestar social. Por lo que ambos conceptos están ligados a la reputación o productividad, que, a su vez, incrementa la competitividad de las empresas, tal cual quedó demostrado por De la Torre, Maruri y Jáuregui (2011); en otras palabras, tanto la RSE como la innovación, se manifiestan en la reducción de costos a partir de la eficiencia, resultado de nuevas oportunidades de negocio que ofrezcan productos o servicios sociales y sostenibles; logrando anticiparse a los riesgos y generando confiabilidad en los grupos de interés, tanto internos como externos, propiciando con ello una ventaja competitiva.

Por otro lado, ambas concepciones, consideran de manera explícita o implícita, dimensiones que abarcan la creación, procedimiento y desarrollo del producto o servicio bajo condiciones de sostenibilidad; en ese sentido, tanto los autores como las iniciativas, coinciden en que la RSE y la innovación, generan beneficios en las organizaciones, que favorecen tanto la imagen corporativa como su reputación. Es por ello, que la aportación científica de dicha investigación, radica en que, si bien ya se ha comprobado que una empresa socialmente responsable obtiene beneficios cuantitativos y cualitativos sustantivos, el adoptar buenas prácticas innovadoras, socialmente responsables, sostenibles e inclusivas, incidirán en la solvatación de la hipoteca social adquirida desde su nacimiento.

Finalmente, la RSE y la innovación deben ser concebidas como factores de competitividad en las empresas, de tal manera que les permitan asumir los entornos de riesgos financieros bajo esquemas sostenibles y de creación de valor para todos sus grupos de interés, por lo que al fusionarse y ser consideradas parte integral de la estrategia empresarial incidan positivamente en su competitividad.

Referencias

1. Avendaño, C., & William, R. (05 de octubre de 2013). Responsabilidad Social (RS) y Responsabilidad Social Corporativa (RSC): una nueva perspectiva para las empresas. *Lasallista de Investigación, 10*(1), 152-163. Recuperado el 19 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492013000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=es
2. De la Torre, G. C., Maruri, P. I., & Jáuregui, A. R. (2011). España: Wolters Kluwer; Edición.
3. Gallardo, D., & Sánchez, M. (2013). Análisis de la incidencia de la Responsabilidad Social Empresarial en el éxito competitivo de las microempresas y el papel de la innovación. *Universia Business Review*(38), 14-31. Recuperado el 04 de junio de 2019, de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43328033001
4. Garzón, M., & Ibarra, A. (2013). Innovación empresarial, difusión, definiciones y tipología. Una revisión de literatura. *Dimensión Empresarial, 11*(1), 45-60. Recuperado el 19 de junio de 2019
5. León, M., Baptista, M., & Contreras, H. (2012). La Innovación social en el contexto de la Responsabilidad Social Empresarial. *Forum Empresarial*, 31-63.
6. Mejía, J., Sánchez, J., & Hernández, S. (2013). Responsabilidad social corporativa e innovación: propuesta de diseño para su medición. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad, 7*(1), 1-22. Recuperado el 04 de junio de 2019, de https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/316

7. Nieto, A., & Fernández, R. (enero de 2004). Responsabilidad social corporativa: la pultima innovación en management. *UNIVERSIA Business Review*(1), 28-39. Recuperado el 06 de junio de 2019, de http://www.redalyc.org/pdf/433/43300103.pdf
8. Nohlen, D. (2003). *http://www.rzuser.uni.* Recuperado el 21 de junio de 2019, de http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~k95/es/doc/diccionario_metodo-comparativo.pdf
9. OCDE. (abril de 2009). Innovación regional en 15 estados mexicanos. *Síntesis*, 1-8. Recuperado el 20 de junio de 2019, de http://www.oecd.org/centrodemexico/medios/43058465.pdf
10. Rositas, J., Mendoza, J., & Cruz, J. (2012). Competencias organizacionales y su impacto en el desempeño organizacional: innovación y creatividad, trabajo en equipo y RSE. *Trabajo presentado en el VII Edición de la Cátedra en Contabilidad y Administración "Agustín Reyes Ponce"*. Recuperado el 04 de junio de 2019
11. Saldarriaga, J. (ene-mar de 2013). Responsabilidad social y gestión del conocimiento como estrategia de gestión humana. *Estudios Gerenciales, 29*(126), 110-117. Recuperado el 23 de junio de 2019, de http://www.redalyc.org/pdf/212/21228397013.pdf
12. Sawhney, M., Wolcott, R., & Arroniz, I. (1 de abril de 2006). The 12 different ways for Companies to Innovate. *MITSloan Management Review, 47*(3), 75-81. Recuperado el 19 de junio de 2019, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1961036
13. Treviño, J., Lorenz, G., & Roque, M. (2007). *Manual de Innovación.* España: CEEI Ciudad Real.
14. Vélez, X., & Cano, E. (2016). Los diferentes tipos de responsabilidad social y sus implicaciones éticas. *Dominio de las Ciencias*, 117-126. Recuperado el 03 de junio de 2019, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5802930

COMPROMISO ORGANIZACIONAL COMO ESTRATEGIA POTENCIALIZADORA EN LA ATENCIÓN AL CLIENTE PYMES, CIUDAD DE BARRANQUILA-COLOMBIA

L. A. Jiménez[1], R. Gamboa[2], C. Vera[3]

[1]Universidad Nacional Abierta y A Distancia. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – Colombia. Correo electrónico: ***lualf0115@gmail.com***
ORCID: ***http://orcid.org/0000-0001-8656-9406***

*[2]Universidad Surcolombiana Neiva, Universidad Antonio Nariño Neiva-Colombia. Correo electrónico:****gasur11@yahoo.com****ORCID:* ***http://orcid.org/0000-0002-5727-6409***

[3]Universidad Zulia, Maracaibo, Venezuela. Universidad Popular del Cesar. Correo electrónico ***cvcarlosalberto@gmail.com****ORCID:* ***https://orcid.org/0000-0002-8425-7940***

Área de participación*: Ingeniería Administrativa*

RESUMEN

Se analizó el compromiso organizacional de acuerdo con la variable atención al cliente en las Pymes de Barranquilla; Colombia. Se enmarcó en la corriente positivista, método cuantitativo con enfoque empírico inductivo, aplicando instrumentos donde se agrupo, tabuló y analizaron los datos a través del método estadístico Alfa de Cronbach, que garantizó confiabilidad y validez con valor fiable de 0.887.Entre los resultados, se detectó el trabajo cooperativo de equipo, aún no se encuentra dentro de las competencias de estas empresas, trayendo como consecuencia que el compromiso organizacional no esté presente. En relación, al proceso de identificar los elementos que apalancan el estudio en las Pymes, se logró ubicar que el indicador “Autonomía”, presentó el porcentaje más bajo, junto a la “Lealtad”, sin embargo, el indicador “Necesidades” y “Recompensas”, están en nivel moderado, y el indicador “Identificación”, con nivel más alto, estableciéndose una brecha muy alta en relación con los otros indicadores.

Palabras clave:*Compromiso organizacional, estrategias, atención al cliente, Pymes.*

ABSTRACT

The organizational commitment was analyzed according to the variable customer service in the SMEs of Barranquilla; Colombia. It was framed in the positivist current, quantitative method with inductive empirical approach, applying instruments where the data was grouped, tabulated and analyzed through the Cronbach's alpha statistical method, which guaranteed reliability and validity with a reliable value of 0.887. Among the results, the cooperative team work was detected, it is not yet within the competence of these companies, bringing as a consequence that the organizational commitment is not present. In relation to the process of identifying the elements that leverage the study in SMEs, it was possible to locate that the “Autonomy” indicator presented the lowest percentage, together with the “Loyalty”, however, the “Needs” and “ Rewards ”are at a moderate level, and the“ Identification ”indicator is at a higher level, establishing a very high gap in relation to the other indicators.

Key words:*organizational commitment, strategies, customer service, SMEs.*

Introducción

Un servicio prestado sin efectividad pareciera ser la mayor de las preocupaciones del empresarial, es tan evidente lo anteriormente planteado que se hacen esfuerzos muy fuertes por tratar de cubrir esas debilidades organizacionales. Es común ver que el personal que presta el servicio al cliente o front line tenga ausencia de protocolos, cortesía y diligencia y lo peor que no haga los esfuerzos necesarios para promover una atención al cliente que resulte en un gran compromiso para demostrar que el cliente lo es todo en resultado productivo y la rentabilidad empresarial.

Ahora bien, estos productos y/o servicios que ofrece el personal siempre deben ir acompañados de una excelente promoción por parte de quien los presta y deben brindar garantía y seguridad a quien los adquiere ya que esto permite que el cliente se sienta comprometido a regresar y mantener la fidelización.

La lealtad tanto por parte del cliente como de los empleados de las empresas es fundamental para fortalecer el compromiso organizacional, por cuanto es a partir de allí que se establece una estrecha vinculación entre lo que la empresa ofrece y la imagen que de ella queda fijada en la memoria de sus compradores. Las Pymes colombianas y en particular las de la ciudad de Barranquilla, tampoco escapan a esas falencias presentadas en la atención al cliente. Para ello, se planteó desarrollar la investigación considerando lo expuesto Barrera (2010),

quien indica que en el realismo se ubica la realidad y aprende de ella. De igual forma, se enfocó en el método cuantitativo con enfoque empírico inductivo, ya que se extrajo la información de forma secuencial y probatoria, aplicando los instrumentos para posteriormente agrupar, tabular y analizar los datos encontrados a través de la aplicación de métodos estadísticos que garantizaron confiabilidad y validez para luego concluir con objetividad y rigor sobre los resultados de la investigación "Compromiso organizacional como estrategia potencializadora en la atención al cliente en las Pymes de Barranquilla".

Por otro lado, es significativo comprender que en relación con el momento en que se haga este tipo de investigación no experimental Hernández, Fernández y Baptista (2010), confirman que la línea de tiempo o número de momentos es determinante para clasificar el tipo de diseño no experimental.

Fundamento teórico

Compromiso organizacional

Al hacer referencia a los valores organizacionales, el valor compromiso es quizás el que une al resto, por cuanto la fuerza de acción que pone de manifiesto el trabajador, está dependiendo de ese vehículo de acción. De acuerdo con las diversas perspectivas de los autores que han abordado el tema, el compromiso organizacional es la determinante más importante en la relación empresa- colaborador, es la que liga al colaborador con la empresa y enfoca hacia la satisfacción en el trabajo que desempeña. Igualmente, el compromiso organizacional se manifiesta en la satisfacción propia de cada uno y se refleja positiva o negativamente en la ejecución de sus funciones. Por su parte, Díaz y Montalbán (2004) el compromiso organizacional lo plantea como una identificación psicológica de una persona con la organización en la que trabaja, considerando las metas, las creencias, y los valores, ejerciendo esfuerzos considerables en aras del beneficio de la organización y con mucho orgullo por ser parte importante de ella.

Atención al cliente

Al efectuar la revisión se pudo detectar que aun existe confusión de términos tales como servicio al cliente con la atención al cliente. Desde la práctica el concepto del servicio al cliente tiene dos aspectos: El técnico y el humano. Respecto de esta investigación la variable determinante es la parte humana pese a que muy seguramente, en algunos momentos el aspecto técnico tenga referencia directa.

Por tal razón, para Larson (2004), "La atención al cliente es el arte de servir al cliente. Por otro lado, y continuando la idea para Paz (2010 p. 147), "La atención al cliente está constituida por todas las acciones que realiza la empresa para aumentar el nivel de satisfacción de sus clientes", afirma que la atención al cliente puede convertirse en una herramienta estratégica de mercadeo dado que la competencia de hoy está centrada en el servicio, el valor añadido y las relaciones, haciendo referencia a la fidelización de clientes.

En tanto que, Elías (2007), afirma que, "La atención al cliente crea una nueva dimensión de las relaciones humanas.

Metodología y Discusión de Resultados.

Producto de la aplicación del instrumento de recolección de datos que contiene cincuenta y siete (57) ítems dirigido a los integrantes de las empresas distribuidora de medicamentos ÉTICOS así como a las empresas de telecomunicaciones TELMEX y la fabricante de aceites comestibles GRACETALES, ubicadas en la ciudad de Barranquilla Colombia, para Analizar el compromiso organizacional como estrategia potencializadora en la atención al cliente en las pyme de las empresas objeto de estudio. Los resultados están vinculados directamente con el cuerpo de objetivos diseñados, al planteamiento del problema tratado en la investigación presentada y además dichos resultados, se clasifican considerando las dimensiones e indicadores que se formularon a partir del estudio de las variables. Según Chávez (2007), el análisis de los datos se deriva de las frecuentes comparaciones que se producen entre los resultados. Tal análisis, depende de la naturaleza del tratamiento estadístico seleccionado, en el caso de las investigaciones explicativas se busca las causas y efectos del fenómeno estudiado. De igual manera, se empleó la técnica de Análisis de la Varianza (ANOVA) y la prueba de Post Hoc de Tukey. En la tabla 1, la Varianza (ANOVA) se precisa la significancia obtenida por los indicadores de la dimensión "Características del compromiso organizacional" la cual obtuvo un nivel de significancia de 0,000; siendo este valor menor que 0,05 (0,000 < 0,05; nivel de significancia referencial), se concluye que existen diferencias altamente significativas entre los indicadores comparados, por lo que todos no tienen el mismo grado de presencia dentro de esta dimensión, tal como se muestra a continuación.

Tabla 1
Nivel de significancia
Dimensión: características del compromiso organizacional

 ISSN 2007-8102

ANOVA

Puntaje

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	40,436	4	10,109	51,040	,000
Intra-grupos	87,146	440	,198		
Total	127,582	444			

Fuente: Elaboración propia (2018).

La comparación de la prueba de múltiples rangos Post Hoc de Tukey revela las diferencias entre los diversos indicadores de la dimensión "Características del compromiso organizacional" de la variable Compromiso Organizacional, al mismo tiempo se destaca la homocedasticidad de las varianzas entre los indicadores. (Ver tabla 2).

Tabla 2
Dimensión: características del compromiso organizacional
Anova de un factor
Subconjuntos homogéneos

Puntaje

HSD de Tukey[a]

Factor	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Equipos de trabajo	89	2,5281			
Liderazgo	89		2,7416		
Capacitación	89		2,8315		
Diseño organizacional	89			3,0449	
Comunicación	89				3,4157
Sig.		1,000	,662	1,000	1,000

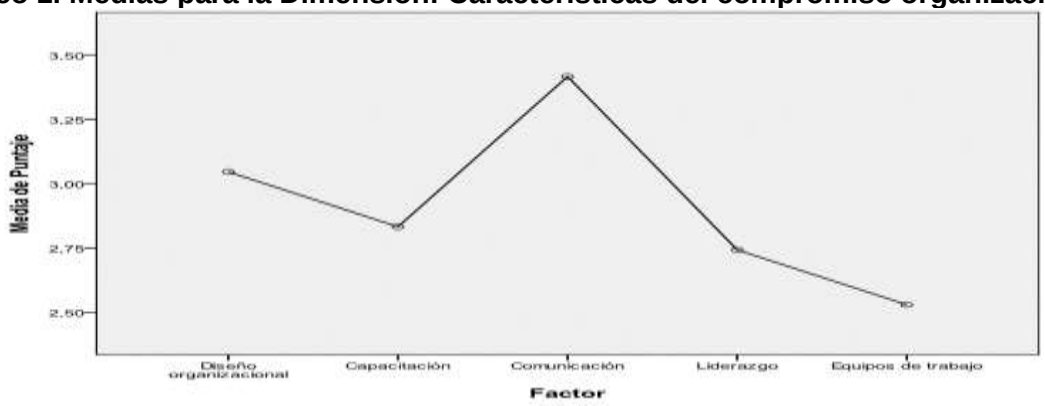
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 89,000.

Fuente: Elaboración propia (2018)

El compromiso organizacional es la determinante más importante en la relación empresa- colaborador, es la que liga al colaborador con la empresa y enfoca hacia la satisfacción en el trabajo que desempeña. Igualmente, el compromiso organizacional se manifiesta en la satisfacción propia de cada uno y se refleja positiva o negativamente en la ejecución de sus funciones. El promedio del indicador "Equipos de Trabajo" se ubicó en la Categoría de Análisis "Bajo" entre el intervalo establecido (1.80 < 2,59), mientras que los indicadores "Liderazgo", Capacitación y Desarrollo Organizacional se situaron en la categoría de Análisis Moderada, en el intervalo (2,60 < 3,39). Por último, el indicador comunicación se situó "alto" en el intervalo (3,40 < 4,19).

A continuación, se presenta un gráfico de polígono de frecuencias, que para el caso concreto del estudio únicamente expresa las medidas de tendencia central. Se observa los promedios en orden descendentes de acuerdo a la preferencia de los sujetos consultados en las empresas en mención. (Ver Gráfico 1).

Gráfico 1. Medias para la Dimensión: Características del compromiso organizacional



Fuente: Elaboración propia (2018)

 ISSN 2007-8102

Con respecto al segundo objetivo específico orientado a Identificar los elementos que apalancan el compromiso organizacional en las Pyme, se precisa la significancia alcanzada por los indicadores de la dimensión "Elementos que apalancan el compromiso organizacional" la cual obtuvo un nivel de significancia de 0,000, siendo este valor menor que 0,05 (0,000 < 0,05; nivel de significancia referencial), se demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los indicadores comparados. (ver tabla 3)

Tabla 3
Nivel de significancia
Dimensión: elementos que apalancan el compromiso organizacional

Fuente:

ANOVA de un factor

Puntaje	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	29,245	4	7,311	50,602	,000
Intra-grupos	63,573	440	,144		
Total	92,818	444			

Elaboración propia (2018).

De igual modo, la comparación de la prueba de múltiples rangos Post Hoc de Tukey revela las diferencias entre los indicadores de la dimensión "Elementos que apalancan el compromiso organizacional" de la variable Compromiso Organizacional, al mismo tiempo se destaca la homocedasticidad de las varianzas entre los indicadores. (Ver tabla 4).

Tabla 4
Dimensión elementos que apalancan el compromiso
Anova de un factorSubconjuntos homogéneos

Puntaje

Factor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Autonomía	89	2,7416		
Lealtad	89	2,8315		
Necesidades	89		3,0000	
Recompensas	89		3,0449	
Identificación	89			3,4831
Sig.		,513	,934	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 89,000.

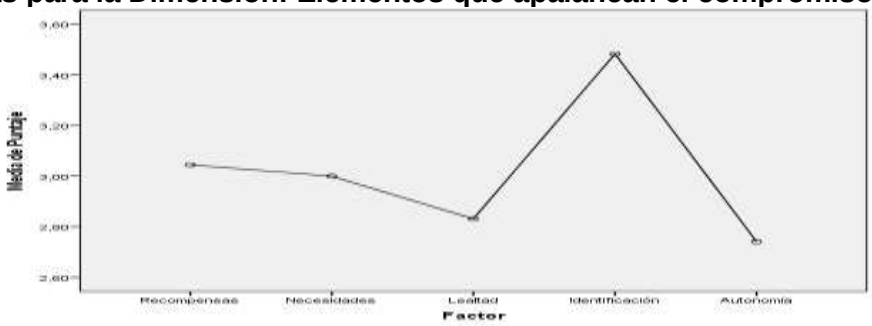
Fuente: Elaboración propia (2018)

El análisis realizado permitió observar las diferencias significativas entre indicadores, al igual que entre los grupos. Lo anterior es el resultado de la opinión expresada por la población objeto de estudio, mediante el cual se establecieron los tres subconjuntos, revelándose diferencias altamente significativas entre los indicadores "Identificación" con respecto a "Autonomía", "Lealtad", "Necesidades" y "Recompensas".

Los promedios de los indicadores "Autonomía", "Lealtad", Necesidades y Recompensas se ubicaron en la Categoría de Análisis "Moderada", mientras que la "Identificación" se situó en la categoría de análisis "Alta" Estos resultados revelan contradicciones muy marcadas en los criterios manifestados por los sujetos informantes, quienes conciben que los Elementos que apalancan el compromiso organizacional se sitúen moderados y altos respectivamente. Con relación a los hallazgos observados, se puede decir que Elementos que apalancan el compromiso organizacional son moderadamente concordante con Ivancevich (2012 p. 95).

 ISSN 2007-8102

Gráfico 2. Medias para la Dimensión: Elementos que apalancan el compromiso organizacional



Fuente: Elaboración propia (2018)

En cuanto al estudio de la variable Compromiso Organizacional, se desarrolló sobre la base de los dos objetivos específicos que definen cada una de las dimensiones correspondientes a la misma, los resultados generales que a continuación se presentan en la tabla 5, exponen el comportamiento asumido por los sujetos en torno al fenómeno investigado.

Tabla 5
Variable: compromiso organizacional "t" para muestras

Estadísticos de grupo

	Factor	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Puntaje	Características del compromiso organizacional	89	2,8940	,31604	,14134
	Elementos que apalancan el compromiso organizacional	89	2,9900	,29841	,13345

Fuente: Elaboración propia (2018)

La tabla 5 recoge los datos generales obtenidos en el procesamiento para la variable "Compromiso Organizacional", donde la prueba "t" para muestras independientes arrojó en la dimensión "Características del compromiso organizacional" una media de = 2,89 ptos. La variable "Compromiso Organizacional" se ubicó con una media de = 2,94 ptos.Con respecto al tercer objetivo específico orientado a determinar los principios básicos de la atención al cliente de las Pyme, se destaca que al emplear la técnica estadística Análisis de la Varianza (ANOVA) se precisa la significancia alcanzada por los indicadores de la dimensión
A continuación se muestra el comportamiento de los sujetos en los contextos investigados. (Ver tabla 6).

Tabla 6
Nivel de significancia
Dimensión: principios básicos de la atención al cliente

ANOVA de un factor

Puntaje

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	32,236	3	10,745	57,563	,000
Intra-grupos	65,708	352	,187		
Total	97,944	355			

Fuente: Elaboración propia (2018)

De igual modo, la comparación de la prueba de múltiples rangos Post Hoc de Tukey revela las diferencias entre los indicadores de la dimensión "Principios básicos de la atención al cliente" de la variable Atención al Cliente, al mismo tiempo se destaca la homocedasticidad de las varianzas entre los indicadores. (Ver tabla 7).

Tabla 7
Dimensión principios básicos de la atención al cliente
Anova de un factorSubconjuntos homogéneos

 ISSN 2007-8102

Puntaje

HSD de Tukey

Factor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Selección de personal	89	2,5281		
Orientación al cliente	89		2,7865	
Entrenamiento técnico	89		2,8989	
Calidad de servicio	89			3,3596
Sig.		1,000	,307	1,000

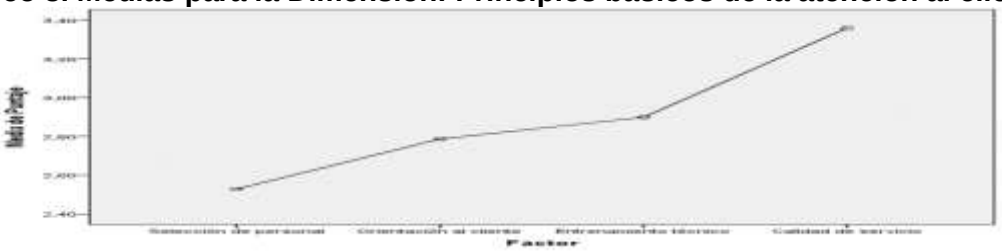
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 89,000.

Fuente: Elaboración propia (2017)

El posicionamiento del indicador "Calidad de servicio" en la tabla analizada obedece a la preferencia de los sujetos encuestados al momento de emitir sus respuestas, siendo indicativo que la Calidad de servicio representa el primer aspecto que amerita considerarse Los promedios de los indicadores "Selección de personal", "Entrenamiento técnico", "Calidad de servicio" y Orientación al cliente se ubicaron en la Categoría de Análisis "Moderada" entre el intervalo establecido (2,60<3.39), El gráfico 3, que a continuación se presenta permite ilustrar las tendencias de las opiniones manifestadas por los sujetos de las empresas informantes, donde se observa las medias por cada uno de los indicadores de la dimensión "Principios básicos de la atención al cliente".

Gráfico 3. Medias para la Dimensión: Principios básicos de la atención al cliente



Fuente: Elaboración propia (2017)

Con respecto al cuarto objetivo específico orientado a Revisar las estrategias que potencialicen la atención al cliente en las Pyme, se destaca que al emplear la técnica estadística Análisis de la Varianza (ANOVA) se precisa la significancia alcanzada por los indicadores de la dimensión "Estrategias que potencializan la atención al cliente" la cual obtuvo un nivel de significancia de 0,000, siendo este valor menor que 0,05 (0,000 < 0,05; nivel de significancia referencial), se demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los indicadores comparados, con ello se señala que no todos tienen el mismo grado de presencia dentro de esta dimensión, a continuación, se muestra el comportamiento de los sujetos en los contextos investigados. (Ver tabla 8).

Tabla 8
Nivel de significancia
Dimensión: estrategias que potencializan la atención al cliente

ANOVA de un factor

Puntaje

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7,969	4	1,992	11,602	,000
Intra-grupos	75,551	440	,172		
Total	83,519	444			

Fuente: Elaboración propia (2017)

De igual modo, la comparación de la prueba de múltiples rangos Post Hoc de Tukey revela las diferencias entre los indicadores de la dimensión "Estrategias que potencializan la atención al cliente" de la variable Atención al Cliente, al mismo tiempo se destaca la homocedasticidad de las varianzas entre los indicadores. (Ver tabla 9).

Tabla 9
Dimensión: estrategias que potencializan la atención al cliente
Anova de un factor Subconjuntos homogéneos

Puntaje

HSD de Tukey

Factor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Empoderamiento	89	2,5955		
Actitudes	89	2,7528	2,7528	
Momentos de verdad	89		2,8315	2,8315
Encuestas de satisfacción	89		2,8989	2,8989
Ciclos de servicios	89			2,9888
Sig.		,085	,131	,085

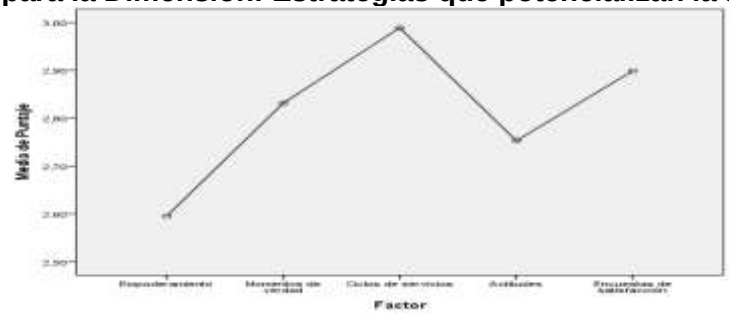
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 89,000.

Fuente: Elaboración propia (2018)

En la tabla 9, se presentan los resultados de la comparación establecida, donde la prueba de múltiples rangos de Tukey ubicó tres subconjuntos, establecidos en la similitud y diferencias de comportamientos entre sus medias, correspondiendo el primero al indicador “Empoderamiento” con la puntuación más baja con una media de = 2,59 ptos., seguido del indicador “Actitudes” con un promedio de = 2,75 ptos., seguido del indicador “Momentos de verdad” con una media = 2,83 ptos., seguido del indicador “Encuestas de satisfacción” con una puntuación de 2,89 ptos, y por último en el tercer subconjunto se situó el indicador “Ciclos de servicios” con el valor más alto = 2,98 ptos. El gráfico 4, que a continuación se presenta, permite ilustrar las tendencias de las opiniones manifestadas por los sujetos de las empresas en cuestión, se observa las medias por cada uno de los indicadores de la dimensión “Estrategias que potencializan la atención al cliente”. En éste se muestran los promedios en orden descendentes de acuerdo a la preferencia de los supervisores y analistas de los contextos investigados.

Gráfico 4. Medias para la Dimensión: Estrategias que potencializan la atención al cliente



Fuente: Elaboración propia (2018)

La tabla 10, recoge los datos generales obtenidos en el procesamiento para la variable “Atención al Cliente”, donde la prueba “t” para muestras independientes arrojó en la dimensión “Principios básicos de la atención al cliente” una media de = 2,91 ptos. De igual manera, el promedio de la dimensión “Estrategias que potencializan la atención al cliente” mostró una media de = 2,82 ptos., ambos promedios se ubican en una categoría “Moderada” entre el intervalo (2.60 < 3.39).

Lo anterior indica, que tanto los principios básicos de la atención al cliente y los Estrategias que potencializan la atención al cliente y no difieren respecto a sus medias..

Conclusiones y recomendaciones

En relación al primer objetivo de esta investigación, que consistió en describir las características del comportamiento empresarial como marco conceptual del compromiso organizacional en las Pymes, se puede señalar que en la dimensión características del compromiso Organizacional, el indicador que obtuvo la más baja calificación fue el de Equipos de Trabajo, mientras que los indicadores “Liderazgo”, Capacitación y Desarrollo Organizacional se situaron en la categoría de Análisis Moderada, significa que en las Pymes de Barranquilla, Colombia, el trabajo cooperativo de equipo, aún no se encuentra dentro de las competencias de éstas empresas, considerando que el compromiso organizacional no esté presente en las mismas.

El segundo objetivo Identificar los elementos que apalancan el compromiso organizacional en las Pymes, se logró ubicar que el indicador “Autonomía”, presentó el porcentaje más bajo, junto a la “Lealtad”, sin embargo, el indicador Necesidades seguido de “Recompensas”, están en un nivel moderado, sin embargo, el indicador

"Identificación", se reflejó con el nivel más alto, estableciéndose una brecha muy alta en relación con los otros indicadores. Por otra parte, el tercer objetivo se logró determinar los principios básicos de la atención al cliente de las Pymes, se pudo obtener como resultado el análisis que el indicador "Selección de personal" con la puntuación más baja seguido del indicador "Orientación al cliente" y "Entrenamiento técnico", por su parte, el indicador "Calidad de servicio" se consideró con el porcentaje más alto. Esto hace inferir, que las Pymes de Barranquilla, se encuentran en condición de sentirse en condiciones favorables de evaluación frente a sus clientes. El cuarto objetivo, las estrategias que potencialicen la atención al cliente en las Pymes y se pudo comprobar que el indicador "Empoderamiento" se reflejó como el de puntuación más baja seguido de los indicadores "Actitudes" y "Momentos de la Verdad" y "Encuestas de Satisfacción" que se consideran moderadas, sin embargo, en el indicador "Ciclos de Servicios" se logró observar que tiene el mayor nivel de satisfacción. Por otro lado, del indicador "Encuestas de satisfacción", con una puntuación de 2,89, y por último, en el tercer subconjunto se situó el indicador "Ciclos de servicios" con el valor más alto = 2,98 ptos. Se recomienda generar herramientas que permitan fortalecer la filosofía y cultura organizacional para impulsar la gestión del éxito en las organizaciones.

Referencias Bibliográficas

Barrera, M. F. (2010). **Modelos epistémicos en investigación y educación.** 6ª edición. Quirón Ediciones. Caracas. Venezuela.

Blake y Mouton. (2006). **El Nuevo Gris**. Mc Graw Hill. México.

Chávez, N. (2007). **Introducción a la Investigación Educativa**. Cuarta edición. Editorial ARS Gráfica, Maracaibo, Venezuela.

Chiavenato, I. (2009). **Comportamiento organizacional la dinámica del éxito en las organizaciones**. Segunda edición. McGraw-Hill. México, D.F.

Elías, J. (2007). **Clientes contentos de verdad**. Ediciones Gestión 2000, S.A. Barcelona, España.

Griffin, R. y Moorhead, G. (2010). **Comportamiento organizacional Gestión de personas y organizaciones**. Novena edición.Cengage Learning Editores, S.A. de C.V. México, D.F.

Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2010). **Metodología de la investigación.** Quinta edición. McGraw-Hill. México, D.F. México.

Ivancevich, j.; Konopaske, R. y Matteson, M. (2012). **Comportamiento organizacional**. Séptima edición. McGraw-Hill. México, D.F.

Levitt T. (1960). **Marketing myopia**. Harvard Business Review (Julio-Agosto, p. 45-56).

Meyer, J. P. y Allen, N. J. (1991). **A three-component conceptualization of organizational commitment**. Human Resource Management Review, 1, 61-89.

Nelson, D; Quick, J (2013). CORG**Comportamientoorganizacional.** Tercera edición. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V. México, D.F.

Ramírez, R., J. L. Abreu y M. H. Badii. (2008). **La motivación laboral, factor fundamental para el logro de objetivos organizacionales: Caso empresa manufacturera de tubería de acero**. Daena: International Journalof Good Conscience. 3(1) : 143-185. Marzo 2008. ISSN 1870-557X.

Robbins, S. y Judge, T. (2009). **Comportamiento Organizacional**, Treceava edición, Pearson Educación. México, D.F.

Análisis de la disminución de la producción del cacahuate en la región de los Tuxtlas

I.M. Sánchez Oliveros [1], B.C. Fiscal Leo [1], L. Muñoz Gómez [1], R,M. Berea Gutiérrez [1]*
[1] Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Carretera Costera del Golfo S/N Km 140+100 Matacapan CP. 95804 Mpio. de San Andrés Tuxtla, Veracruz
[*]itzel96magi@gmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La necesidad de contribuir con la economía del país en el sector productivo, fue uno de los motivos que surgió para realizar el análisis de la disminución de la producción del cacahuate en la región de los Tuxtlas. Se empleó un diseño de investigación de tipo no experimental cuantitativa, se tomó como muestra a los productores del cacahuate de la región de los Tuxtlas, por ser las regiones de estudio. Los resultados obtenidos de la estadística descriptiva, muestra que el 100% de los productores siembran por necesidad, tradición y otros motivos. El 50% contestó que ha disminuido la producción por falta de apoyo económico; el 30% dijo que por falta de tierras y el resto comento que no es redituable el negocio.

***Palabras clave:** Disminución, producción, causas y apoyo económico.*

Abstract

The need to contribute to the economy of the country in the productive sector was one of the reasons that arose to carry out the analysis of the decrease in peanut production in the Tuxtlas region. A quantitative non-experimental research design was used, peanut producers from the Tuxtlas region were taken as a sample, as they were the study regions. The results obtained from the descriptive statistics show that 100% of the producers sow by necessity, tradition and other reasons. 50% replied that production has declined due to lack of financial support; 30% said that due to lack of land and the rest commented that the business is not profitable.

***Key words:** Decrease, production, causes and economic support.*

Introducción

El presente trabajo tiene como propósito analizar por qué ha disminuido la producción del cacahuate en la región de los Tuxtlas, con el fin de diseñar estrategias que fortalezcan la producción del mismo y de esta manera reactivar el crecimiento económico en la región, a través de la creación de empleos.

También, con el resultado del trabajo de investigación se pretende a largo plazo, crear un plan de mercadotacnia que ayude a los productores a obtener mayores ganancias como comenciantes.

El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico.

Sembrando vida es un programa dirigido a las y los sujetos agrarios para impulsar su participación efectiva en el desarrollo rural integral. Dicho programa incentiva a los sujetos agrarios a establecer sistemas productivos agroforestales, el cual combina la producción de los cultivos tradicionales en conjunto con árboles frutícolas y maderables, y el sistema de Milpa Intercalada entre Árboles Frutales (MIAF), con lo que se contribuirá a generar empleos, se incentivará la autosuficiencia alimentaria, se mejorarán los ingresos de las y los pobladores y se recuperará la cobertura forestal de un millón de hectáreas en el país. (Plan Nacional de Desarrollo: 2019-2024).

El cultivo de cacahuate es ya tradicional en los estados de Morelos; ocupa el séptimo lugar en la producción nacional (después de puebla, Oaxaca, Chiapas, Chihuahua, Sinaloa y Guerrero). Es un cultivo poco apoyado técnica y crediticiamente por parte de las instituciones oficiales. Además, su precio en el mercado tiende a la baja, de manera que su producción y productividad se encuentran en declive a pesar de existir un amplio mercado nacional con destinos diversos: por la obtención de aceites, la elaboración de dulces y botanas, y la venta en vainas para las piñatas decembrinas. Es el cultivo que en general, y específicamente en la región estudio, se asienta en tierras poco fértiles, arenosas principalmente y siempre en temporal. En el poniente de Morelos se encuentra en los municipios de puente de Ixtla. Mazatepec, Tetecala, Coatlan del Rio y Miacatlan, en los cuales la producción ha ido disminuyendo paulatinamente a partir de 1975 en que llegaron a sembrarse alrededor de 6000 ha, para 1985 ya solo se registraron 2335 ha y entre 1990 y 1997 se registró un promedio de 1773 ha cultivadas. (Guzmán Gómez, 2005.)

En la zona de los Tuxtla, no ha existido un programa en el cual apoye a los productores del cacahuate, lo que ha provocado disminución de la producción a tal punto que deje de existir en esta zona, muchos agricultores han tenido que usar otros tipos de programas para poder solventar la producción, algunos utilizan el programa para la producción del maíz, sin embargo, es insuficiente el apoyo en la producción. Algunas autoridades del municipio de San Andrés Tuxtla han buscado la manera para apoyar a los productores, pero no han logrado resultados favorables. (Azamar, 2016).

Como se puede observar, con base a lo anterior no es un problema el cual haya surgido de un día para otro, no solo afecta esta zona sino también al país entero, porque México sólo aporta una mínima parte a la comercialización mundial del cacahuate (0.39%), aun sabiendo que tiene tierras fértiles el cual sustentarían una mayor producción, el único problema es que no hay apoyos económicos el cual sustente dicha actividad. Los pocos productores que existen están en lugares aislados como, Santa Rosa Abata, Caravaca, Zapoapan de Cabañas y Santa Rosa Cintepec, los cuales se encuentran dispersos dentro de la misma.

El cacahuate aunque existe desde hace varios años en el municipio de San Andrés Tuxtla, no ha logrado expandir su explotación debido a la ignorancia de cómo cultivarlo y comercializar el cacahuate, además, la problemática que está enfrentando el cacahuate en los mercados con la caída del precio ha tenido como consecuencia la baja producción de este producto, y las pérdidas económicas de muchos estados, por esta razón es un excelente momento para incorporar el cultivo y comercialización del cacahuate en el municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.

Metodología

Sujetos de estudio:

- La unidad muestral fue la región de los Tuxtlas.
- Las unidades de análisis fueron los productores de esa zona.

Diseño de la Investigación:

Con base a la episteme del positivismo, el tipo de investigación es, no experimental con un alcance correlacional y el método es deductivo, el cual es propio para trabajos cuantitativos.

 ISSN 2007-8102

Recopilación de datos:

Se diseñó un instrumento de recolección de datos que ayudara a recolectar la información que se necesita para comprobar la hipótesis planteada, por lo que se elaboró un cuestionario. La confiabilidad se realizó por medio de la prueba de Alfa de Cronbach y la validez de los constructos se efectuó a través del programa Statistical Package for the Social Sciences.

Cálculo de la muestra:

Para aplicar el cuestionario, se utilizó una muestra no probabilística, se tomó esa decisión porque no existen muchos productores en la zona. La muestra es de n=34.

Análisis de datos:

Para la realización del análisis de los datos, se realizó por medio de la estadística descriptiva, porque era necesario ordenar los datos a través de tablas y gráficos que ayudarán a interpretar los cuestionarios contestados. Se determinó la frecuencia de cada categoría para emitir las opiniones.

Resultados

Cabe hacer mención que el siguiente análisis de datos se realizó considerando una muestra no probabilística ya que eran pocos productores en el área de estudio, por lo que se decidió encuestar a todos. A continuación, se muestran las gráficas relevantes de la investigación, que ayudaron a conocer los resultados de la encuesta:

Tabla 1. Pregunta del cuestionario: ¿por qué decidió usted iniciar con la siembra del cacahuate?

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Por necesidad	24	70	70
Por tradición	6	18	88
Otro motivo	4	12	100
Total	34	100	



Figura 1. Factores que inciden en la siembra del cacahuate

Interpretación: Como se puede observar en la gráfica N°1, de una muestra de 34 productores, 24 de ellos que representan un 70% contestó que por necesidad ellos siembran, seis de los productores que son el 18% respondió que lo hacen por tradición y que el resto que por otros motivos siembran el cacahuate.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Otra pregunta: ¿Qué tipo de incidente sufre más a menudo en la cosecha?

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Insectos-plagas	28	82	82
Enfermedades	6	18	100
Ambos	0	0	
Total	34	100	

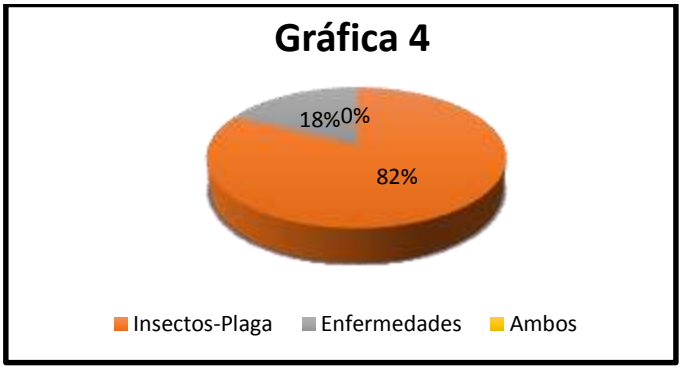


Figura 2. Tipos de incidentes en la cosecha del cacahuate

Interpretación: Como se puede observar en la gráfica N° 4, de una muestra de 34 productores, 28 encuestados contestaron que los insectos y plagas son sus incidentes más frecuentes y seis de ellos, respondieron que son las enfermedades.

Tabla 3. Otra pregunta: ¿qué tipo de fertilización aplica a sus cultivos?

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Fertilizantes químicos	19	56	56
Abono orgánico	15	44	100
Mixto	0	0	
Total	34	100	



Figura 3. Tipos de fertilización

 ISSN 2007-8102

Interpretación*:* Como se puede observar en la gráfica N° 6, de una muestra de 34 productores, 19 de los encuestados, que representan 56% contestaron que utilizan fertilizantes químicos para sus cultivos y 15 productores que son el 44% de la muestra, dijeron que usan abono orgánico como fertilización en sus cultivos.

Tabla 4. Otra pregunta: ¿qué características toma en cuenta para la cosecha?

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Época del año	8	23	23
Color del follaje	16	47	70
Color de vaina	1	3	73
Color de la semilla	8	24	97
Otro	1	3	100
Total	34	100	

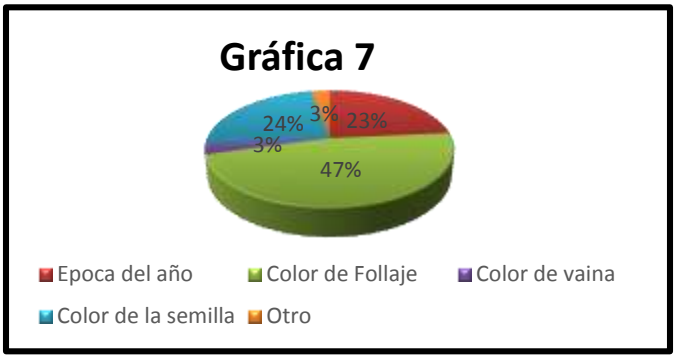


Figura 4. Características para la cosecha del cacahuate

Interpretación: Como se puede observar en la gráfica N° 7, de una muestra de 34 productores, el 23% de la muestra, contesto que toma en cuenta para la cosecha la época del año, un 47% respondió, que toma en cuenta el color del follaje, el 24% dijo que toma en cuenta el color de la semilla y el 6% menciono que toma en cuenta el color de la vaina y otras características.

Tabla 5. Otra pregunta: ¿por qué cree usted que la producción del cacahuate en México ha disminuido?

	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Por falta de infraestructura	0	0	0
Por falta de apoyo económico	19	56	56
Porque no es redituable el negocio	2	6	62
Por faltas de tierra para cultivar	13	38	100
Total	34	100	

 ISSN 2007-8102



Figura 5. Factores de disminución de la producción del cacahuate

Interpretación: Como se puede observar en la gráfica N° 8, de una muestra de 34 productores, 19 de ellos contestaron que ha disminuido la producción del cacahuate por falta de apoyo económico, dos de los encuestados dijeron que porque no era redituable el negocio y el resto que son 13 productores, mencionaron que es por falta de tierras para cultivar.

Discusión

De acuerdo con el autor Durán Prado et al. (2011) y los datos estadísticos obtenidos específicamente en la gráfica 4, en la región de los Tuxtlas, se llegó a la conclusión que tanto en el centro y sur de Veracruz, se presentan varias especies de insectos y plaga, como son: gallina ciega, gusano de alambre, hormigas, termitas o comejenes, afectando principalmente las áreas productoras de cacahuate, causando daños económicos durante toda la época de crecimiento del cultivo de cacahuate.

De acuerdo con Azamar (2016) y los resultados obtenidos en la gráfica No. 7 de la encuesta, se dice que para los productores, la fase más difícil del cultivo del cacahuete es determinar cuándo dicha planta está lista para cosecharse. Si el productor se espera demasiado para que todos los frutos llenen completamente, aquellos que se desarrollaron primero pueden extralimitar su madurez e iniciar su germinación. Por otra parte, una cosecha prematura resulta en una gran proporción de frutos que llenaron parcialmente y que no tienen valor. Así de esta manera, se toma en cuenta las diferentes características como señal de que la planta ya está germinada.

De acuerdo con Azamar (2017) y los datos obtenidos de la encuesta aplicada, en la gráfica 8 y 1, se requiere de mayor apoyo para la producción del cacahuate en San Andrés Tuxtla. Hay muchos productores que se dedican a la siembra del cacahuate, mencionan que es un cultivo muy benévolo porque no requiere una gran inversión, al ser una planta leguminosa no requiere tanta tecnificación porque tiene la capacidad de filtrar el nitrógeno del suelo. Se dice que los productores no han recibido apoyo económico importante, porque siembran pequeñas superficies, una o dos tareas, no hay algún productor que siembre dos o tres hectáreas de cacahuate, por lo cual, no son sujetos a apoyo de algún tipo de programa que se dedique específicamente a apoyar a estos productores en específico, es por esto, que la producción no se ve beneficiada.

Trabajo a futuro

Se sugiere diseñar estrategias de apoyo, para fortalecer la producción del cacahuate en la región de los Tuxtlas.

Conclusiones

Con base al análisis de los datos obtenidos, se logró determinar las causas, por las cuales se ve disminuido la producción del cacahuate en la región de los Tuxtlas, dando como resultado que la causa principal es por falta de apoyo económico que tienen dichos productores, por lo mismo ellos siembran por poca cantidad. Por lo que se diseñarán estrategias de apoyo para fortalecer la producción del cacahuate en el área de estudio.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla por todo su apoyo.

Referencias

Azamar, A. (2016). No hay apoyos para productores de cacahuate en San Andrés Tuxtla. Presencia Noticias.com. Recuperado de http://presencianoticias.com/2016/02/22/no-hay-apoyos-para-productores-de-cacahuate-en-san-andres-tuxtla/

Azamar, A. (2017). Carecen de apoyos productores de cacahuate en San Andrés Tuxtla. Presencia Noticias.com. recuperado de http://presencianoticias.com/2017/07/28/carecen-de-apoyos-productores-de-cacahuate-en-san-andres-tuxtla/

Cámara de diputado. (2019, abril). Plan nacional de desarrollo 2019-2024: Programas, 37-40. Recuperado de file:///C:/Users/lorena/AppData/Local/Temp/Plan-nac.-de-desarrollo-2019-2024.pdf

Durán Prado, A., López Galván, V., et al. (2011). Manual de producción del cultivo del cacahuate Arachis hypogaea L. en el estado de Veracruz. México: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Guzmán Gómez, E. (2005). Resistencia, permanencia y cambio: Estrategias campesinas de vida en el poniente de Morelos. Recuperado de https://books.google.com.mx/books?id=YSW6YOSHYBkC&printsec=frontcover&dq=resistencia,+permanencia+y+cambio&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj3v3LtbfjAhWOVc0KHRrfBEkQ6AEIKDAA#v=onepage&q=resistencia%2C%20permanencia%20y%20cambio&f=false.

Montesinos Ramos, N. (2004). *Canales de comercialización del cultivo de cacahuate (Arachis hypogaea L.) en el Estado de Chiapas*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Participación actual y futura en supermercados en relación al género de los consumidores

*M. Dávila Hernández[*1], A. Martínez Guzmán[1], S. Garrido Roldán[1], O. A. Sierra López[2], B. E. Hernández Bonilla[3]*

[1] *Subdirección de Estudios Profesionales "A", Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Av. 16 de Septiembre # 54, C.P. 55700, Col. Cabecera Municipal, Coacalco de Berriozábal, México.*

[2] *Facultad de Economía y Relaciones Internacionales, Universidad Autónoma de Baja California, Calzada Tecnológico y Universidad S/N, Delegación Mesa de Otay, C.P.22390, Tijuana, Baja California.*

[3] *Centro Universitario UAEM Valle de Teotihuacán, Avenida Principal S/N Poblado, 55955 Santo Domingo Aztacameca, Méx.*

**davilahernandezmargarita@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El objetivo del presente estudio es analizar la participación actual y futura en el mercado de cuatro supermercados en relación al género de los consumidores, aplicando procesos de Markov. Los resultados muestran cambios en la participación en el mercado, siendo éstos de mayor magnitud en el caso de las mujeres. Los hallazgos evidencian la necesidad de implementar estrategias diferenciadoras, en relación al género, que favorezcan la lealtad de los consumidores. Lo anterior es un referente de que la utilización de técnicas de investigación de operaciones proporciona elementos que favorecen la oportuna toma de decisiones por parte de los administradores.

***Palabras clave**: Participación en el mercado, género, Markov.*

Abstract

The objective of this study is to analyze the current and future market share of four supermarkets in relation to the consumer's gender, applying Markov processes. The results show changes in the participation in the market, these being of greater magnitude in the case of women. The findings show the need to implement differentiating strategies, in relation to gender, that favor consumer loyalty. The above is a reference that the use of operations research techniques provides elements that favor timely decision making by administrators.

***Key words**: Participation in the market, gender, Markov.*

Introducción

Los antecedentes de los estudios acerca de los hábitos del consumo y género pueden encontrarse en la obra de Vevlen, *Teoría de la clase ociosa* (publicada en 1889), donde señala cómo el consumo es un ámbito femenino ya que es a través del mismo desde donde la mujer expresa el estatus social del marido, en lo que se ha denominado un consumo de representación social del estatus del cabeza de familia. Borrás (2007) complementa lo anterior explicando que

"… ya sea desde las posiciones sociales dominantes, como desde los grupos más necesitados, el mundo de la compra y el consumo ha estado y está ligado a la mujer y a la feminidad. Una feminidad que desde el consumo trata de huir y negar cualquier relación con el trabajo, la responsabilidad, la organización, la eficiencia y la racionalidad, más propias del ámbito laboral productivo y por tanto masculino. Se ha logrado desde el consumo construir y reconstruir lo femenino como el ámbito de las emociones, los sentimientos, los deseos, la falta de voluntad, los caprichos, los impulsos, lo festivo y placentero".

En los 1970´s se presentan las investigaciones acerca del comportamiento de compra de hombres y mujeres tomando como punto de partida variables de carácter personal y psicológico para explicar el comportamiento

diferenciado de consumidores y consumidoras (Dema, 2014), aunque Costa (2000, como se cita en Dema, 2014) planteó que esta perspectiva es demasiado limitada y se impone la necesidad de estudiar el comportamiento de compra en relación con variables sociales, culturales, históricas, etc., que ofrecen una visión más sistémica del consumo, resaltando la importancia de analizar aspectos sociales y culturales ligados a la propiedad, las prácticas matrimoniales y de herencia, así como las relaciones de poder en el hogar. Costa continúa señalando que el análisis de los espacios sociales que dominan hombres y mujeres, así como sus roles y su relación con los productos que consumen son otro de los ámbitos de estudio del consumo desde una perspectiva de género, pudiéndose señalar la existencia de productos "con género" que se consumen en función de los roles sociales que se reproducen, aunque existe evidencia de la mayor participación de los hombres en esta esfera tradicionalmente considerada femenina; Borrás (2007) cita un estudio realizado en España donde se encontró que disminuyó el porcentaje de mujeres que realizaban la compra de alimentos solas (en cinco años casi 10% menos), pero no significaba que sean los hombres los que asumen esta carga (solamente aumenta un 1%), lo que en realidad sucede es que se comparte o mejor dicho, se realiza conjuntamente.

Lealtad a la marca

Cuando los consumidores compran los productos sin tener en cuenta el nombre de la marca y basando su compra en función del precio y las características del producto, la marca tendrá un escaso valor; pero cuando son fieles a la marca, es decir, la siguen comprando a pesar de que existen otros productos alternativos con precios inferiores o con características superiores, en ese caso, tendrá un gran valor sustancial y supondrá ingresos futuros para la empresa (García, 2000). En este sentido, la fidelidad o lealtad se puede definir como "la propensión a comprar la misma marca o frecuentar el mismo establecimiento para satisfacer una misma necesidad" (Grande, 1996, como se cita en García 2000).

Aunque el concepto de fidelidad se ha utilizado hace mucho tiempo, no existe realmente un consenso en la definición; a esta cuestión hay que añadir también la falta de un acuerdo al hacer operativa la medida. Así, existen varios enfoques siendo uno de ellos el de comportamiento que centra su atención en el resultado final de la lealtad, basándose en la repetición del comportamiento de compra**.** En este caso, la fidelidad comportamental es la probabilidad de la recompra de una marca, siendo una de las aproximaciones para medirla la probabilidad de compra que mide la frecuencia de compra de una misma marca en un tiempo determinado (Frank, 1962; Otrowski, O`Brien and Gordon, 1993, como se cita en Rodríguez, 2017), considerándose que un consumidor es leal a una marca si su patrón de compra depende de forma positiva de la última marca comprada, lo que se denomina efecto Markov[1] (Wernerfelt, 1991, como se cita en García, 2000).

Cadenas de Markov

Para describir un análisis de Markov se tomarán como referencia a Render, Stair y Hanna (2016). Como explican los autores antes mencionados, el *análisis de Markov* es una técnica que maneja las probabilidades de ocurrencias futuras mediante el análisis de las probabilidades conocidas en el presente. El análisis de Markov se basa en el supuesto de que el sistema comienza en un estado o condición inicial. La predicción de los estados futuros implica conocer las posibilidades del sistema o la probabilidad de cambiar de un estado a otro. En el caso de un problema específico, estas probabilidades pueden reunirse y colocarse dentro de una matriz o una tabla. Esta *matriz de probabilidades de transición* muestra la posibilidad de que el sistema cambie de un periodo al siguiente. Este enfoque se conoce como proceso markoviano y permite predecir estados o condiciones futuros. El modelo básico de un proceso markoviano tiene como base los siguientes cuatro supuestos:

- Existe un número limitado o finito de estados posibles.
- La probabilidad de que los estados cambien permanece igual a lo largo del tiempo.
- Se puede predecir cualquier estado futuro a partir del estado anterior y de la matriz de probabilidades de transición.

[1] Los modelos de procesos de Markov son útiles para estudiar la evolución de sistemas a lo largo de ensayos repetidos los que, a menudo, son periodos sucesivos donde el estado del sistema en cualquier periodo particular no puede determinarse con certeza. Por ello, para describir la manera en que un sistema cambia de un periodo al siguiente se emplean probabilidades de transición; por lo tanto, se está interesado en la probabilidad de que el sistema esté en un estado particular en un periodo dado (Anderson, Sweeney & Williams, 2016).

- El tamaño y constitución del sistema no cambian durante el análisis.

Los estados se utilizan para identificar todas las condiciones posibles de un proceso o sistema. En el análisis de Markov se supone que los estados son tanto *colectivamente exhaustivos* como *mutuamente excluyentes*; colectivamente exhaustivo significa que se puede confeccionar una lista que contenga todos los estados posibles de un sistema o proceso (se supone que existe un número finito de estados en cualquier sistema). Mutuamente excluyente significa que un sistema sólo puede estar en un estado en un momento dado. Una vez que se ha identificado los estados, el siguiente paso es determinar la probabilidad de que el sistema se encuentre en un estado en particular. Tal información se coloca entonces en un *vector de probabilidades de estado.*

¶ (i) = vector de probabilidades de estado del periodo i = ($¶_i$, $¶_2$, $¶_3$,…, $¶_n$)

donde

n = número de estados

$¶_i$, $¶_2$, $¶_3$,…$¶_n$ = probabilidad de encontrarse en el estado 1, estado 2,…, estado n

El concepto que permite pasar de un estado actual a un estado futuro, es la *matriz de probabilidades de transición.* Esta es una matriz de probabilidades condicionales de llegar a un estado futuro si se encuentra en un determinado estado actual. La siguiente definición es útil:

Sea P_{ij} = probabilidad condicional de encontrarse en el estado j si se encuentra actualmente en el estado i

Por ejemplo, P_{12} es la probabilidad de llegar al estado 2 en el futuro dado que el evento se encontraba en el estado 1 durante el periodo anterior.

Sea P = matriz de probabilidades de transición.

$$P=\begin{Bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2n} \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ P_{m1} & P_{m2} & P_{m3} & \dots & P_{mn} \end{Bmatrix}$$

Los valores individuales de P_{ij} generalmente se determinan de manera empírica.

Considerando lo antes descrito, el presente trabajo tuvo como objetivo analizar la participación actual y futura (a través de la intención de compra de los consumidores) en un mercado constituido por cuatro detallistas intermediarios: Bodega Aurrera, Walmart (ambas tiendas pertenecientes a Walmart México), Comercial Mexicana Mega Soriana (MS) y Soriana (ambas pertenecientes a Soriana) en relación al género de los consumidores, aplicando el modelo de procesos de Markov.

Metodología

Tipología. Se trata de un trabajo descriptivo correlacional ya que se tiene como objetivo analizar la participación actual y futura en un mercado constituido por cuatro detallistas, a través la intención de compra, en relación al género de los consumidores. Considerando el número de veces que se obtiene información del objeto de estudio, se tiene una investigación transversal y no experimental. El estudio se realizó en el municipio de Coacalco, Estado de México, siendo importante señalar que este estudio forma parte de una investigación para analizar la relación de las características sociodemográficas y la lealtad de los consumidores respecto a la participación en el mercado. Los pasos aplicados se resumen a continuación:

1**.** Se elaboró un cuestionario de ocho preguntas: cuatro estaban relacionadas con características sociodemográficas (sexo, edad, existencia de pareja y de hijos), una acerca de la tienda en que se realizó la

compra actual y otra para conocer la tienda en que se tenía la intención de realizar la siguiente compra, además de la razón principal que influía en dicha decisión. Finalmente, se cuestionó acerca de la importancia que tenía la cercanía de la tienda con diferentes establecimientos (bancos, cines, etc.).

2**.** La aplicación del instrumento se realizó en el mes de febrero de 2019. A la salida de la tienda se les solicitó a las personas su participación para contestar el cuestionario; cuando un sujeto aceptaba, el encuestador realizaba las preguntas, asentando las respuestas en el cuestionario. Las personas que aceptaron participar en el estudio constituyeron una muestra por conveniencia.

3. La información obtenida a través de instrumentos se codificó capturándose en una base de datos elaborada en el software SPSS 19.0[2]. A continuación se analizaron los datos aplicando técnicas de estadística descriptiva e inferencial; la participación en el mercado, a largo plazo, se determinó aplicando el modelo de procesos de Markov mediante el uso del software WinQSB 2.0[3].

Resultados y discusión

Características sociodemográficas de la muestra

La muestra definitiva, después de eliminar los cuestionarios incompletos o mal contestados, fue de 336 sujetos: el 39.53% eran hombres y el 60.47%, mujeres. Las edades de los consumidores se encontraban entre 15 y 70 años. El 60.2% tenían pareja estable y el 69.2% señaló tener hijos.

Probabilidades iniciales

Se definieron los diferentes estados (es decir, las opciones entre las que puede elegir cada consumidor). El sistema de estudio está constituido por las tiendas departamentales Bodega Aurrera, Walmart, MS y Soriana (cuatro estados); la información recolectada indica que se tienen, en promedio 0.94 viajes de compra por semana, en el caso de los hombres, y 0.95 en las mujeres (lo anterior coincide con lo señalado por León (2007) en su estudio de las tiendas de autoservicio). Así, prácticamente cada semana un cliente hace un viaje de compras a Bodega Aurrera o a Walmart o MS o a Soriana (se realizará el análisis considerando el supuesto de que sólo se realiza la compra en una tienda.

Usando la terminología de los procesos de Markov los periodos o viajes de compras constituyen los *ensayos del proceso.* Por lo tanto, en cada ensayo el cliente comprará ya sea en Bodega Aurrera, Walmart, Comercial Mexicana MS o Soriana. La tienda particular seleccionada en un periodo dado se conoce como *estado del sistema* en ese periodo. Así, los estados son:

Estado 1. El cliente compra en Bodega Aurrera
Estado 2. El cliente compra en Walmart
Estado 3: El cliente compra en MS
Estado 4: El cliente compra en Soriana

Si se dice que el sistema está en el estado 1 en el ensayo 3, significará que el cliente compra en Bodega Aurrera durante el tercer periodo de compra. Conforme se continúa con el proceso de los viajes de compras en el futuro, no se puede precisar con certeza dónde comprará el cliente en un ensayo dado. De hecho, puede notarse que en cualquier ensayo dado, el cliente puede ser ya sea cliente de Bodega Aurrera o de Walmart o de MS o de Soriana. Para determinar las probabilidades de los diversos estados que ocurren en ensayos sucesivos del proceso de Markov se requiere información sobre la probabilidad de que un cliente permanezca con la misma tienda o cambie a una tienda competidora conforme continúa el proceso de un ensayo a otro.

[2] La base del software estadístico SPSS incluye estadísticas descriptivas como la tabulación y frecuencias de cruce, estadísticas de dos variables, además pruebas T, ANOVA y de correlación. Con SPSS es posible realizar recopilación de datos, crear estadísticas y análisis de decisiones de gestión, entre otras aplicaciones.
[3] WinQSB es un sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones que contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación de operaciones. El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema.

 ISSN 2007-8102

La información obtenida se capturó en una base de datos del software SPSS y, utilizando tablas cruzadas, se determinaron las probabilidades iniciales considerando la tienda departamental en la que se había realizado la compra. Se estimó que el mercado está distribuido de la siguiente forma: Bodega Aurrera 10%, Walmart 53%, MS 8% y Soriana 29%; lo anterior constituye la participación en el mercado de las tiendas departamentales. La Tabla 1 muestra la participación en el mercado de las tiendas en relación al género.

Tabla 1. Participación inicial en el mercado, en relación al género. Elaboración propia.

Sexo	Estados			
	Bodega Aurrera	Walmart	MS	Soriana
Hombre	12.69	50.75	7.46	29.10
Mujer	8.91	53.47	7.92	29.70

Probabilidades de transición

Las probabilidades de transición se determinaron mediante el software SPSS, a partir de las intenciones de compra mostradas en la Tabla 2.Para los hombres, en el caso de la Bodega Aurrera, se observa que del 100% de sujetos que realizaron una compra, sólo el 47.06% planean realizar su siguiente compra en la tienda antes mencionada; 35.29% de los consumidores expresó su intensión de realizar su siguiente compra en Walmart, 0% en MS y 17.65% en Soriana. La situación de las tres tiendas restantes se explica de manera similar. En la misma Tabla 2 también se presenta la información correspondiente a las mujeres.

Tabla 2. Estado actual e intención de compra en el siguiente ensayo, en relación al género. Elaboración propia.

Género			Intención de compra futura				Total
			Bodega Aurrera	Walmart	MS	Soriana	
Hombre	Lugar de compra actual	Bodega Aurrera	8	6	0	3	17
		Walmart	10	38	4	16	68
		MS	1	4	4	1	10
		Soriana	3	20	1	15	39
	Total		22	68	9	35	134
Mujer	Lugar de compra actual	Bodega Aurrera	10	5	3	0	18
		Walmart	17	55	6	30	108
		MS	2	3	8	3	16
		Soriana	6	30	8	16	60
	Total		35	93	25	49	202
Total	Lugar de compra actual	Bodega Aurrera	18	11	3	3	35
		Walmart	27	93	10	46	176
		MS	3	7	12	4	26
		Soriana	9	50	9	31	99
	Total		**57**	**161**	**34**	**84**	**336**

Una propiedad importante de la tabla de probabilidades de transición es que la suma de las probabilidades de cada fila es 1; cada fila de la tabla proporciona una distribución de probabilidad. Así, por ejemplo, un cliente que compra en Bodega Aurrera en una semana debe comprar ya sea en Bodega Aurrera o en Walmart o en MS o en Soriana la siguiente semana (las entradas en la fila 1 dan las probabilidades asociadas con cada uno de estos eventos. Las probabilidades 0.4706, 0.5588, 0.4000 y 0.3846 en la Tabla 3 pueden interpretarse como medidas de lealtad de los hombres a la tienda, ya que indican la probabilidad de una visita repetida a la misma tienda; Walmart es la que presenta mayor lealtad. Del mismo modo, las probabilidades restantes son medidas

de las características de cambio de tienda de los clientes. Al elaborar un modelo de procesos de Markov se está suponiendo que las probabilidades de transición son las mismas para cualquier cliente y que las probabilidades de transición no cambian con el tiempo. Lo anterior también se aplica a la Tabla 4, para las mujeres donde Bodega Aurrera presenta la mayor lealtad.

Con la matriz de probabilidades de transición se puede determinar la probabilidad de que un cliente visite Bodega Aurrera, Walmart, Comercial Mexicana o Soriana en algún periodo en el futuro.

Tabla 3. Probabilidades de transición de los cuatro estados. Hombres. Elaboración propia.

Lugar de Compra actual	Intención de Siguiente Compra			
	Bodega Aurrera	Walmart	MS	Soriana
Bodega Aurrera	0.4706	0.3529	0.0000	0.1765
Walmart	0.1471	0.5588	0.0588	0.2353
MS	0.1000	0.4000	0.4000	0.1000
Soriana	0.0770	0.5128	0.0256	0.3846

Tabla 4. Probabilidades de transición de los cuatro estados. Mujeres. Elaboración propia.

Lugar de Compra actual	Intención de Siguiente Compra			
	Bodega Aurrera	Walmart	MS	Soriana
Bodega Aurrera	0.5556	0.2778	0.1667	0.0000
Walmart	0.1574	0.5093	0.0555	0.2778
MS	0.1250	0.1875	0.5000	0.1875
Soriana	0.1000	0.5000	0.1333	0.2667

Probabilidades de estados estables a largo plazo

Cuando se continúa con el proceso de Markov, se encuentra que la probabilidad de que el sistema esté en un estado particular, después de una gran cantidad de periodos, es independiente del estado inicial del sistema. Las probabilidades a las que se aproxima después de una gran cantidad de transiciones se conocen como *probabilidades de estado estable.* Las Tablas 5 y 6 muestran el comparativo de las probabilidades iniciales de cada estado respecto a las obtenidas en el estado estable (a largo plazo). Los resultados se obtuvieron mediante el software WinQSB 2.0. Las probabilidades de estado estable pueden interpretarse como la futura participación en el mercado para las cuatro tiendas.

En el caso de los hombres, Walmart mantiene la mayor penetración en el mercado perdiendo 0.84 puntos porcentuales; lo que supondría el éxito en la aplicación de la estrategia mantenimiento de los clientes existentes como vía de crecimiento (lo que es más sencillo, menos costoso y tiene la ventaja de que, al mismo tiempo, puede facilitar la captación de nuevos clientes (García 2000)); la única tienda que incrementa su participación en el mercado es Bodega Aurrera, con 6 puntos porcentuales adicionales. Soriana muestra la mayor pérdida con 3.68 puntos.

Tabla 5. Comparativo entre probabilidades iniciales y probabilidades de estados estables a largo plazo. Hombres. Elaboración propia.

Tienda Departamental	Probabilidades iniciales	Probabilidad del estado estable a largo plazo
Bodega Aurrera	0.1269	0.1869
Walmart	0.5075	0.4991
MS	0.0746	0.0598
Soriana	0.2910	0.2542

Al realizar un análisis similar para las mujeres, aunque Walmart mantiene la mayor penetración en el mercado, muestra una importante pérdida de 13.79 puntos porcentuales; Soriana pierde 10.2 puntos y tanto MS como Bodega Aurrera presentan incremento en su participación, siendo la de esta última la mayor (14.45 puntos). En la comparación global de los resultados, hombres y mujeres, se puede observar una mayor dispersión en éstas últimas.

Tabla 6. Comparativo entre probabilidades iniciales y probabilidades de estados estables a largo plazo. Mujeres. Elaboración propia.

Tienda Departamental	Probabilidades iniciales	Probabilidad del estado estable a largo plazo
Bodega Aurrera	0.0891	0.2336
Walmart	0.5347	0.3974
MS	0.0792	0.1739
Soriana	0.2970	0.1950

Cabe resaltar que, independientemente del género, Bodega Aurrera es la que presenta en el futuro un incremento mayor de participación en el mercado, siendo sobresaliente el caso de las mujeres coincidiendo con la información que se ha reportado acerca de que el formato "Bodega Aurrera" es el de mayor crecimiento del Corporativo Walmart de México, al aplicar una estrategia de reorientación hacia el consumidor de productos de menores precios (Expansión, 2017). Un aspecto a resaltar de la estrategia ha sido el personaje de *Mamá Lucha*: "*… un personaje que fue creado con la intención de representar a las consumidoras, y en específico a las madres de familia que día con día hacen rendir su gasto...",* ante el reconocimiento de que el plan de este supermercado consiste en generar ahorros para la administradora del hogar (Malacara, 2017). Entre los factores que apoyan la estrategia se pueden mencionar los siguientes: en el municipio de Coacalco, el 24.4% de los hogares presentaron jefatura femenina en el año 2010 y el 64.9% de los habitantes presenta algún grado de pobreza (de acuerdo al informe de SEDESOL); además diversas investigaciones señalan que las compras que se realizan con mayor frecuencia y que son necesarias para el bienestar del hogar forman parte del trabajo cotidiano de las mujeres (Borrás, 2007), y que al menos el 80% de las decisiones de compra del hogar las toman las mujeres (Carosio, 2008).

Por el contrario, Soriana es la tienda de autoservicio que muestra la mayor pérdida futura de participación en el mercado (con independencia del género) lo que se puede atribuir a los problemas en su cadena de suministro por cuestiones de integración (la empresa Soriana adquirió 143 tiendas Comercial Mexicana en el año 2015), ya que tuvo problemas para contar con el nivel adecuado de inventario, aunado al tiempo que tarda el consumidor en asimilar una nueva marca (Rodríguez, 2018).

Trabajo a futuro

Se sugiere continuar la investigación aplicando, además, un instrumento para obtener información acerca de los aspectos que influyen en la decisión de compra, como la sensibilidad al precio.

Conclusiones

Se determinó la participación actual y futura de cuatro tiendas de autoservicio (detallistas), en relación al género de una muestra no probabilística de consumidores, aplicando la técnica de procesos de Markov. En general, los resultados son congruentes como respuesta a las estrategias implementadas, por una parte, y con los problemas que atraviesan algunas de las tiendas consideradas. Definitivamente, los cambios de mayor impacto que se pronostican a largo plazo corresponden a las mujeres, lo que parece confirmar lo que sugieren diversas investigaciones: que el poder de decisión en la compra de artículos de uso frecuente, en los niveles de bajo ingreso corresponde a las mujeres. Adicional a lo anterior, para incrementar la participación en el mercado es evidente la necesidad de "conectarse" con el consumidor, siendo un claro ejemplo *Mamá Lucha*: "*…una representación clara de una mujer mexicana, de quién es, de que es luchona, empoderada, que siempre está atenta a las necesidades de su familia, y en la actualidad no solamente de su familia, sino de su comunidad…",* (Malacara, 2017).

Los resultados muestran la validez de la aplicación de los procesos de Markov para el pronóstico de participación en el mercado constituyendo, además, un referente de la necesidad de implementar estrategias diferenciadoras que favorezcan la lealtad de los consumidores.

Agradecimientos

Se agradece la participación de los estudiantes de Ingeniería Ambiental del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco que participaron en la aplicación de cuestionarios.

Referencias

1. Anderson, R.; Sweeney, J. and Williams, A. (2016). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. México.
2. Borrás, C. (2007). Las desigualdades en el consumo a través del género.*RES,* **(8)** 139-156. Recuperado el 9 de mayo de 2019 de http://www.fes-sociologia.com/files/res/8/06.pdf
3. Carosio, A. (2008). El género del consumo en la sociedad de consumo. *La ventana, revista de estudios de género*, 130-168.
4. Expansión. (24 de Enero de 2017). *Expansión. Empresas*. Recuperado el 10 de junio de 2019 de https://expansion.mx/empresas/2017/01/24/bodega-aurrera-la-joya-de-la-corona-del-crecimiento-de-walmart-citibanamex
5. Dema, M. S. (2014). Marketing y género: dos realidades llamadas a entenderse. Recuperado el 19 de junio de 2019 de https://www.researchgate.net/publication/28203749_Marketing_y_genero_dos_realidades_llamadas_a_entenderse
6. García, R. (2000). La importancia de mantener la fidelidad de los clientes como un activo estratégico de gran valor para la marca. *ESIC Market,* 37-53.
7. Hernández, G.; Domínguez, M. and Ramos, A. (2002). Canales de distribución y competitividad en artesanías*. Espiral*, **(25)**, 143-164.
8. León, I. O. (2007). Las tiendas de autoservicio y la pugna por el mercado. *Rev. Comercio Exterior* **(57)**, 1046-1057.
9. Hillier, F. and Lieberman, G. (2001). *Investigación de Operaciones.* México.
10. Malacara, N. (18 de Septiembre de 2017). *Clan Marketing*. Recuperado el 10 de junio de 2019 de https://clan.marketing/entrevista-poder-mama-lucha-va-alla-del-cuadrilatero/
11. Martínez, E. (2012). Distribución Plaza. Universidad Virtual del Estado de Guanajuato. Recuperado el 20 de mayo de 2019 de http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/licenciatura/45/Lectura1DistribucinPlaza.pdf
12. Orrego, R. (2012). Las cadenas de Markov como medio alterno de proyectar indicadores de calidad en el tiempo. *Revista Universidad Eafit **(103)** 7-13.*
13. Render, B.; Stair, R. and Hanna, M. (2016). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. México.
14. Rodríguez, A. (23 de Julio de 2018). *Soriana pierde parte de lo que ganó con Comercial Mexicana.* Obtenido el 10 de junio de 2019 de El Financiero: https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/soriana-pierde-parte-de-lo-que-gano-con-comercial-mexicana
15. Rodríguez, V. (2017). Fidelidad del consumidor hacia las marcas propias en los canales de distribución. Artículo en Revisión. Recuperado el 20 de mayo de 2019 de https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4451/RodriguezDaniela2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. SEDESOL (2010). *Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/42653/Mexico_020.pdf
17. Stanton W.; Etzel M. & Walker B (2007). *Fundamentos de marketing*. México.
18. Thorstein, V. (2014). *Teoría de clase ociosa.,* Madrid, 2014 [1899]. Recuperado el 21de mayo de 2019 de https://libros-gratis.com/ebooks/teoria-de-la-clase-ociosa-thorstein-veblen/

Análisis de los indicadores del clima laboral que promueven la rotación de personal: Caso empresa restaurantera de Chimalhuacán Estado de México

J. González García[1], A. E. Márquez Ortega [2], L. E. Galindo Cano [1]*, G. Pérez González
[1]Departamento de Posgrado en Administración, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Calle Primavera S/N Col. Santa María Nativitas, C.P. 56330, Chimalhuacán, Estado de México, México
[2]Departamento de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán. C.P. 56330, Estado de México, México.
**jonathangonzalezgarcia17@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Durante el 2017, los restaurantes del municipio de Chimalhuacán ofrecieron en la entrada de los locales anuncios de puestos vacantes de forma frecuente. Por esta razón, el presente trabajo está enfocado a describir los indicadores relacionados con el clima laboral que influyen en la rotación del personal. Los datos se obtuvieron por medio de un censo, ya que todos los integrantes del equipo de trabajo dentro del restaurante participaron en la encuesta, por lo que, el instrumento de trabajo se elaboró con base en la escala de Likert. Los resultados mostraron que el clima laboral tiene una relación estrecha con la rotación de personal, siendo las dimensiones con mayor influencia, la formación y el rendimiento en el trabajo, con respecto a las expectativas que persiguen y la realidad de los trabajadores en la actualidad en la industria gastronómica.

***Palabras clave**: Clima Laboral, Rotación de Personal, Restaurantes.*

Abstract

During 2017, restaurants in the municipality of Chimalhuacán offered frequent vacancy announcements at the entrance of the premises. For this reason, the present work is focused on describing the indicators related to the work environment that influence staff turnover. The sample was determined in a non-probabilistic way, due to the fact that data were obtained from all the members of the work team within the restaurant, therefore, the work instrument was prepared based on the Likert methodology. The results showed that the work environment has a close relationship with staff turnover even if it is not decisive, being the dimensions with the greatest influence, training and performance at work with respect to the expectations they pursue and the reality of the workers currently in the gastronomic industry.

***Key words**: Work Climate, Personnel Rotation, Restaurants.*

Introducción

Dentro de los procesos administrativos, el clima laboral es uno de los componentes importantes de la organización, ya que se encuentra dentro del medio ambiente de la empresa [Chiavenato, 2007], el cual está integrado de varios aspectos que pueden ser tangibles o intangibles, y van desde el salario, las prestaciones inherentes al salario, hasta la manera de comunicación o el liderazgo ejercido por la dirección. Por lo tanto, el clima laboral es considerado por varios investigadores como una causa que propicia la rotación voluntaria de personal [Portillo,Morales e Ibarvo, 2016; Zimmerman y Frank, 2006]. Por otro lado, la rotación de personal es un fenómeno complejo que se presenta en la mayoría de las organizaciones, esta se define como el número total de ingresos y egresos de personal que hubo en una empresa, durante un periodo determinado [Castillo, 2006; Varela, 2006]. En este sentido, las salidas de la organización pueden darse de manera premeditada o programada, es decir, planificada por la organización, o de forma voluntaria [Castillo, 2006]; siendo la segunda, la manera de interés, dado el enfoque de este trabajo.

Por lo anterior, surge el interés de analizar los indicadores del clima laboral que promueven la rotación de personal; este análisis se llevó a cabo en una microempresa dedicada a la restauración alimentaría, en el municipio de Chimalhuacán, al oriente del Estado de México. En primera instancia, se describe la metodología que se persiguió durante la realización del trabajo, para después realizar la descripción de los modelos de la rotación del personal [Steers y Modway, 1982] y de clima laboral [Pulgar, 1999], que se utilizarán como ejemplos para contrastar la posible influencia que ejerce el clima laboral (variable independiente) en la rotación de personal (variable dependiente).

Metodología

Tipología

El presente estudio descriptivo, tiene el objetivo de analizar los indicadores del clima laboral de la empresa que propician en mayor medida la rotación de personal, para ello, se plantearon cuatro etapas de la vida laboral en las que pueden generarse detonantes que conduzcan a la separación entre la empresa y el trabajador, con esto, se busca contribuir al establecimiento de mejoras en las condiciones laborales y/o en el proceso de selección de personal de la empresa, que actualmente efectúa. No obstante, este trabajo se considera no experimental y seccional.

Censo

Se obtuvo a través de la aplicación de una herramienta (encuesta) a todos los trabajadores de la empresa (microempresa de tan solo 11 empleados), esta fue diseñada con base en la escala Likert. Por otra lado, el censo estuvo conformado por los integrantes de todas las áreas de la empresa, tales como cocina, bar, servicio y gerencia, cuyas edades se encuentran entre el rango de los 22 a los 36 años, y que en su mayoría está conformado por mujeres. Una vez obtenidos los resultados, la captura de los datos y la ejecución de las estadísticas propuestas como análisis de correlación, la cual se realizó a través del programa Excel. Para ello, se estableció un valor numérico a cada Likert-ítem que representa la preferencia de respuesta, por ejemplo, el ítem muy en desacuerdo = 1, ítem en desacuerdo = 2, etc. (Figura 1), hasta alcanzar el valor de 5. Posteriormente, se sumaron los ítems obtenidos en el cuestionario por persona, etapa por etapa, después, las sumatorias de cada Likert-ítem se representaron en porcentaje con respecto al total de respuestas posibles en cada etapa, para así proceder a realizar el análisis correlacional entre los valores de Likert y el porcentaje de respuesta obtenido. Según el modelo de rotación elegido [Steers y Modway, 1982], permite analizar los indicadores del clima laboral en 4 etapas, antes de que se presente la rotación voluntaria y con ello, determinar la correlación entre las variables implicadas, tomando como base los criterios de Cohen, mismos que se muestran en la Figura 2:

Tabla de Escalas de Valor asignados a Likert-ítems	
ítem	**Valor numérico**
Muy en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Nulo o indiferente	3
De acuerdo	4
Muy de acuerdo	5

Figura 1. Escala de Valor de Likert ítems

$r = 1$	correlación perfecta.
$0'8 < r < 1$	correlación muy alta
$0'6 < r < 0'8$	correlación alta
$0'4 < r < 0'6$	correlación moderada
$0'2 < r < 0'4$	correlación baja
$0 < r < 0'2$	correlación muy baja
$r = 0$	correlación nula

Figura 2. Criterios de fuerza de Correlación de Cohen [Saravia, 2015].

Variables utilizadas

1. **Rotación de personal:** La rotación de personal es la fluctuación de personal entre la organización y su ambiente [Chiavenato, 2007]; esta se divide en rotaciones voluntarias o desvinculaciones producidas por necesidad o conveniencia de la organización [Castillo, 2006]. El modelo de análisis de la rotación de personal se divide en cuatro dimensiones 1) expectativas del trabajador (se entiende como la impresión que el trabajador posee de la empresa con base en la información obtenida del ambiente, sobre lo que encontrará al ingresar a ella); 2) Realidad empresarial (se entiende como el grado de equidad entre las expectativas y la experiencia vivencial a su ingreso); 3) Satisfacción en el puesto de trabajo (es comprendida como el grado de aceptación, comodidad y agrado que el trabajador expresa ante lo ofrecido

por la empresa) y 4) Oportunidades de empleo (se entiende como la actividad o pasividad del trabajador para obtener otra oportunidad de empleo).

2. **Clima laboral:** Es indicador que comprende las normas internas de funcionamiento, las condiciones ergonómicas del lugar de trabajo y del equipamiento, las actitudes de las personas que integran el equipo de trabajo, los estilos de dirección de líderes y jefes, los salarios, las remuneraciones, hasta la identificación y satisfacción de cada persona con la labor que realiza [Gan y Taringe, 2012]. El modelo de análisis fue tomado de [Pulgar, 1999], considerando unicamente la dimensión formativa, cuyos indicadores son: 1) Remuneración (es comprendida como el conjunto de beneficios otorgados por la empresa, tales como salario, bonos, compensaciones, entre otros); 2) Comunicación (se entiende como la forma en la que interactuan los trabajadores verbal o no verbal con sus compañeros y jefes en el trabajo); 3) Evaluación del rendimiento (es considerada la manera en la que la empresa, a través del jefe de área, evalua el trabajo realizado por el empleado); 4) Selección (este indicador es comprendido como la percepción de la manera en la que se realizó el proceso de selección por parte de la empresa al trabajador de nuevo ingreso); 5) Formación (se entiende como el grado de interés por parte de la empresa en capacitar a sus trabajdores, así como la existencia de planes de carrera). Además de estos cinco indicadores propuestos por el autor, se utilizó uno más conocido como 6) jornada laboral (la cual se entiende como el tiempo que pasa el trabajador dentro de la empresa, realizando las tareas).

Modelo de Rotación de Personal

El modelo de rotación de personal utilizado como base de análisis en este trabajo, fue el propuesto por Steers y Modway en 1982, el cual consiste en cada una de las dimensiones propuestas que fueron identificadas a través de seis preguntas formuladas con base en indicadores de clima laboral, cuyo estudio ha sido abordado por expertos en el tema. La finalidad de estas preguntas es identificar si uno o más indicadores del clima laboral ejercen cierto grado de influencia en la rotación voluntaria de los trabajadores. En este sentido, las cuatro dimensiones de Steers y Modway [1982], disgregan esta variable de manera significativa, ya que permite identificar el proceso de cambio o adaptación, que va generándose en el trabajador conforme pasa el tiempo dentro de la empresa.

Características del Clima Laboral

Los indicadores del clima laboral tomados en cuenta para identificar la influencia de esta variable en la rotación voluntaria de personal, están basados en la propuesta de Pulgar [1999], la cual se relaciona directamente con el entorno que se vive en los establecimientos dedicados a la elaboración de alimentos y bebidas condimentadas; los indicadores propuestos por el autor, tienen que ver con la funcionalidad de la empresa, ya que estos, son aspectos con los que el trabajador tiene contacto frecuente y representan a su vez, el grado de desarrollo particular que puede irse generando a lo largo del tiempo ejercido en su puesto de trabajo.

Por otra parte, la observación ha sido una herramienta clave para detectar las necesidades particulares de esa empresa con respecto a su alto nivel de rotación de personal, gracias a esta técnica, se ha podido corroborar lo propuesto por los autores con respecto a lo expresado por los trabajadores censados; cabe resaltar que, los cinco indicadores que el autor propone fueron mencionados al menos una vez, no obstante, en este trabajo se incluyó una más, denominado jornada laboral, ya que en este tipo de negocios presenta una condición atípica con respecto a otros giros.

Resultados y discusión

Efectos del clima laboral en la rotación de personal

De acuerdo a lo observado en la Figura 3, se aprecia que la dimensión de rotación de personal denominada “Expectativa del trabajo”, los indicadores del clima laboral que más toman en cuenta los censados son la jornada laboral, la evaluación del rendimiento en el puesto de trabajo y la formación. Sin embargo, al someter los datos a la prueba de **coeficiente de determinación (R^2)**, resultó **0.2562**, mientras que el **coeficiente de correlación (CCL)**, fue de **0.5061**, lo cual se interpreta como correlación moderada según los criterios de Cohen; mientras que la ecuación **y=0.0364x + 0.0909**, expresa una correlación positiva cuya pendiente se mantiene a la alza y cuya constante es menor al punto porcentual, en otras palabras, existen otras razones que conllevan a tomar la decisión de rotación voluntaria, además del clima laboral durante el proceso de ingreso e inducción al trabajo, debido a que por cada vez que la percepción del trabajador se acerca a estar muy de acuerdo con lo preguntado,

 ISSN 2007-8102

la pendiente aumenta solo 0.03634 puntos porcentuales de estima o convencimiento. Por ende, en esta etapa el empleado necesita estar más tiempo en contacto con la organización y su entorno, para que exista mayor influencia del clima, esto se aprecia de forma gráfica en la Figura 3.1

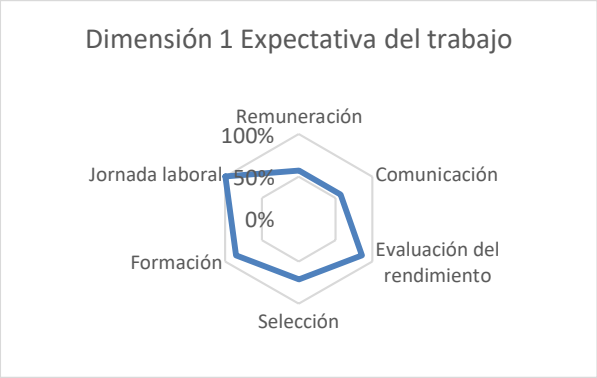


Figura 3. Resultados de la encuesta, con referencia a la Dimensión 1 de la Rotación de Personal.

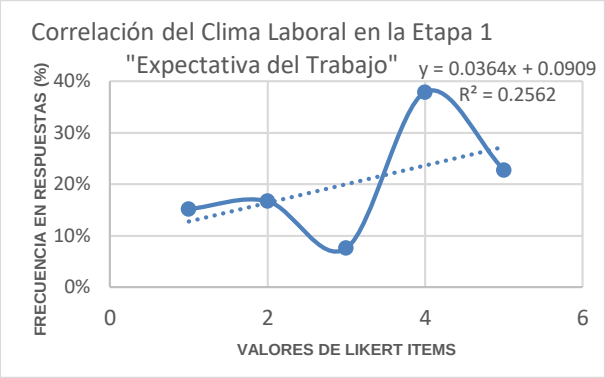


Figura 3.1 Resultados del cálculo de correlación, con referencia a la Dimensión 1 de la Rotación de Personal.

Mientras que en la Figura 4, los censados muestran que al contrastar sus expectativas contra la "Realidad del trabajo", la remuneración, resulta ser el indicador que más impacta en su percepción, de igual forma, la evaluación del rendimiento y la formación, siendo estos, indicadores de suma importancia para tomar la decisión de mantenerse o salir voluntariamente de la organización donde laboran actualmente. Por otra parte, a diferencia de la etapa anterior, en esta, es posible observar una **correlación muy alta** entre el clima laboral y la rotación voluntaria, pues, **(R^2)** resultante fue de **0.8839** y **(CCL)= 0.8839;** asimismo, la ecuación **y=10x-10** representa correlación positiva, con una pendiente de 10 puntos porcentuales, mostrando que existe una correlación alta con respecto a las demás etapas del análisis, confirmando que el trabajador tomó la decisión de formarse antes de ingresar a trabajar en una empresa y la realidad ofrecida dentro de ella, con relación a los factores del clima laboral utilizados en este estudio, teniendo claro el efecto en la decisión de rotación voluntaria, como se muestra de forma gráfica en la Figura 4.1.

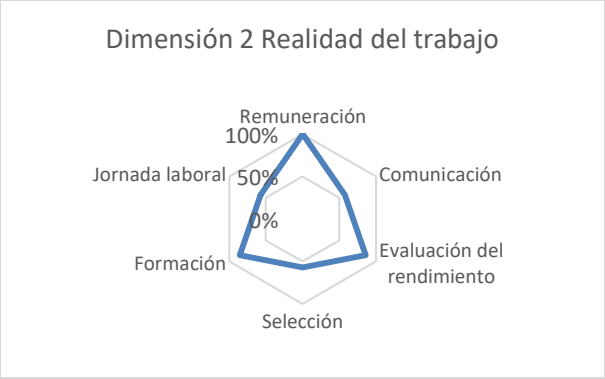


Figura 4. Resultados de la encuesta, con referencia a la Dimensión 2 de la Rotación de personal.

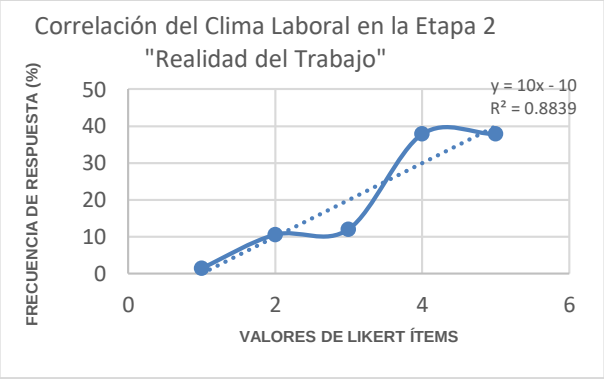


Figura 4.1 Resultados del cálculo de correlación, con referencia a la Dimensión 2 de la Rotación de Personal.

Por otra parte, en la siguiente etapa del modelo propuesto por Steers y Modway [1982], conocido como "Satisfacción en el puesto de trabajo" (Figura 5), después de un periodo de permanencia en la empresa, la comunicación resulta determinante en los trabajadores, para elegir el rumbo de su carrera profesional dentro de su actual organización, más allá de la evaluación del rendimiento, la formación o la remuneración, las personas censadas, buscan mantener buenas relaciones de comunicación tanto en línea vertical, como horizontal para permanecer mayor tiempo dentro de la organización. En este sentido, **(R^2) fue 0.1467** con un **(CCL)= 0.3830,** que según Cohen representa una correlación baja; mientras que la ecuación **y=2.7273x + 11.818,** precisa una pendiente ascendente a estar de acuerdo con una constante de 11.81 puntos porcentuales, es decir, que en caso de mostrarse satisfechos con su actual puesto de trabajo, al menos en el corto plazo, tendría que ser cualquier factor no considerado en este estudio, la causa de su salida como se observa de forma gráfica en la figura 5.1.

 ISSN 2007-8102



Figura 5. Resultados de la encuesta, con referencia a la Dimensión 3 de la Rotación de personal.

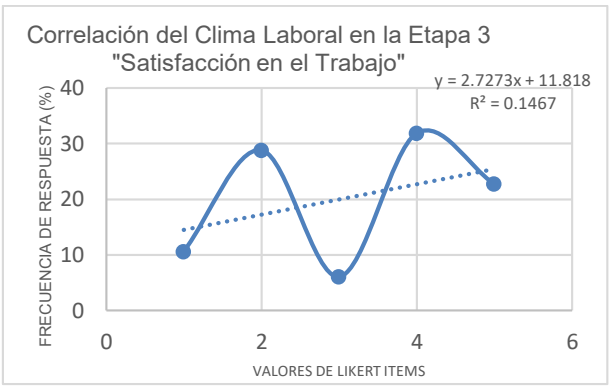


Figura 5.1 Resultados del cálculo de correlación, con referencia a la Dimensión 3 de la Rotación de Personal.

Por último, en la etapa conocida como "Oportunidades de empleo" (Figura 6), vuelven a tomar importancia indicadores como remuneración, evaluación del rendimiento y el proceso de selección de personal, además de que la jornada laboral adquiere alto grado de importancia, ya que los trabajadores desean evaluar su situación actual, con respecto a la posible, si decidieran cambiar de empleo. Con respecto a los resultados de la encuesta, **(R^2)=0.6929**, con **(CCL)= 0.8324,** es decir, una correlación muy alta, así como **y=7.1212x – 1.3636**, la cual indica que la pendiente presenta un valor de 7.1212 puntos porcentuales, teniendo el clima laboral un efecto alto en la decisión de rotación en esta etapa, ya que independientemente de la posición en su respuesta la tendencia muestra un alza importante con respecto a la constante, aunque pueden existir más factores que motiven la salida del trabajador y no solo la variable en cuestión, pues no hay una relación perfecta como se muestra en la Figura 6.1.

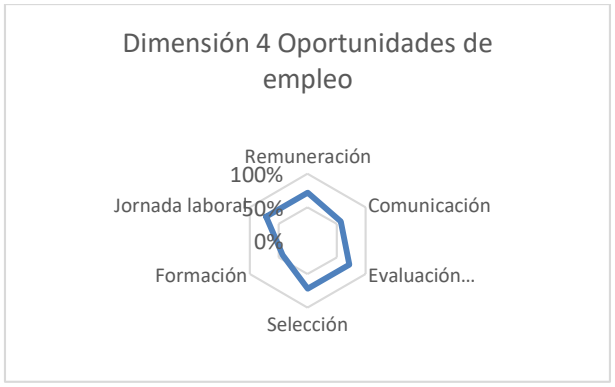


Figura 6. Resultados de la encuesta, con referencia a la dimensión 4 de la rotación de personal.

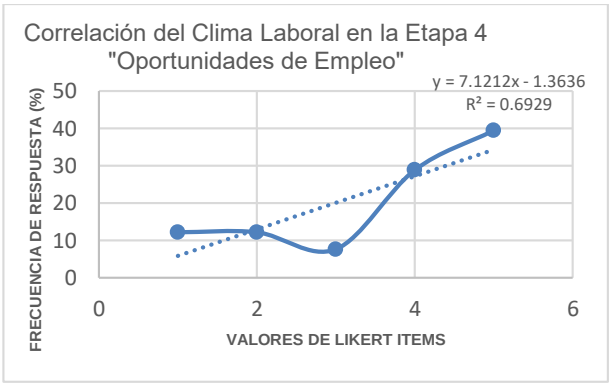


Figura 6.1 Resultados del cálculo de correlación, con referencia a la Dimensión 3 de la Rotación de Personal.

Influencia del clima laboral en la rotación voluntaria de personal

Al someter el análisis de los resultados de cada etapa, se mostró en la Figura 7, el comportamiento simultaneo de cada indicador, principalmente se aprecia que los indicadores tanto "evaluación del rendimiento", como "formación" son consistentes en cuanto a la influencia que ejercen en el trabajador durante cada etapa, considerándose los dos indicadores que posiblemente detonarán la decisión de desvinculación entre el trabajador y la empresa. No obstante, el indicador "jornada laboral" presenta una clara diferencia con respecto a la percepción de los censados, pues tomando en cuenta su posición en el modelo de rotación, solo ejerce total influencia cuando se encuentran en la etapa de expectativa, sin embargo, ya en la etapa de realidad, la jornada que debe cubrir en su puesto de trabajo resulta ser bastante tolerable, disparándose nuevamente cuando se está en la etapa de oportunidades de empleo, ya que si está es más agradable en la nueva oferta, se vuelve atractiva como incentivo para concretar el cambio, no obstante, podría considerarse como efímera para el trabajador la

 ISSN 2007-8102

necesidad de disponer de mayor tiempo para realizar actividades distintas al trabajo. Asimismo, la "comunicación" resulta ejercer poca influencia en la decisión de cambio de trabajo, según los censados, ya que solo es tomada en cuenta en la etapa de satisfacción en el puesto de trabajo, sugiriendo que, si no es adecuada, el trabajador podría dar paso a la etapa de oportunidades de empleo.

Por último, la "remuneración" resulta ser de alta influencia solo en la etapa de realidad en el puesto de trabajo, a pesar de que los censados manifestaron en sus respuestas verbales no tomarle importancia antes de aceptar un empleo, sin embargo, en los resultados gráficos se aprecia como este indicador es el que abre pauta a la siguiente etapa, la satisfacción en el puesto de trabajo.

En este orden de ideas, la prueba de correlación a los resultados generales, se obtuvo un valor **(R^2)=0.615**, y un **(CCL)= 0.7841,** demostrando que se tiene una **correlación alta** entre el clima laboral y la rotación de personal de esta organización, mientras que **y=5.8712x + 2.3864** muestra correlación positiva con 5.87 puntos porcentuales en la pendiente, demostrando estar de acuerdo con los efectos del clima laboral, siendo probable su salida voluntaria de la organización. No obstante, al no ser muy alta o perfecta, da pauta a tener en cuenta otros factores ajenos a este estudio como causas potenciales de rotación voluntaria como se observa de forma gráfica en la Figura 8.

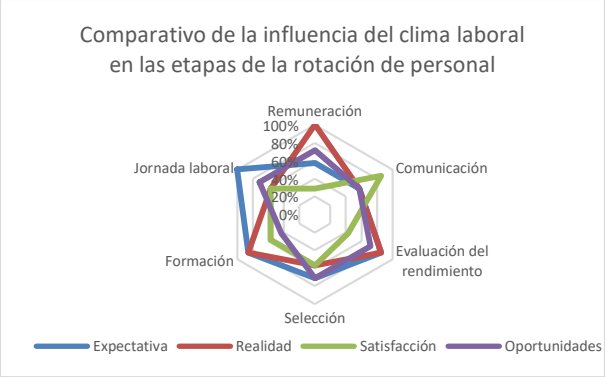


Figura 7. Comportamiento de los indicadores del clima laboral en las etapas del modelo de rotación de personal.

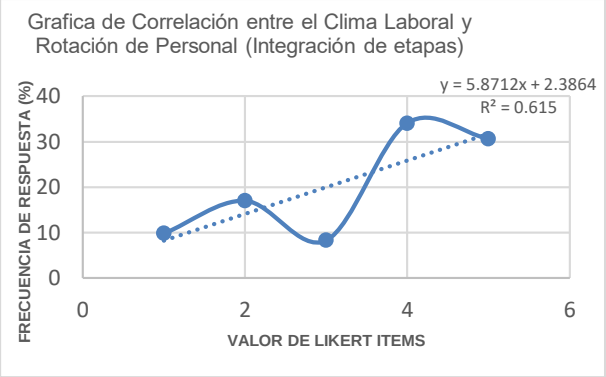


Figura 8. Correlación entre el clima laboral y la rotación de personal en la empresa restaurantera.

Trabajo a futuro

En este sentido, el trabajo pendiente preponderantemente buscará en identificar los factores externos que pudieran influenciar el alto índice de rotación de personal existente en la empresa, además, del clima laboral, ya que demostró ser una variable con alto grado de correlación, sin embargo, queda la incógnita sobre aspectos como la relación familiar, la infraestructura de transporte, las políticas públicas, entre otras variables externas, que puedan influir directamente en la decisión de rotación voluntaria de los individuos que componen esta organización.

Conclusiones

Al procesar los datos obtenidos en el censo, se pudo apreciar que existe un alto grado de concordancia entre las respuestas de los trabajadores de esta empresa, sin importar el puesto de trabajo que estén ocupando, sus percepciones resultan similares, lo cual, es bastante interesante, pues según Mumford y Smith [2004], las respuestas difieren según el puesto de trabajo que se esté ocupando.

Por otra parte, si se analiza detenidamente el modelo propuesto por Steers y Modway [1982], para este caso, los detonantes pertenecientes al clima laboral, en cada etapa que el trabajador debe pasar antes de salir voluntariamente de la organización, son muy distintos, ya que a lo largo del modelo, resulta inconsistente la

presencia de un indicador específico que claramente manifieste la tendencia de promover la intención de rotar de organización, por lo tanto, aplicado a esta empresa, los resultados de la encuesta indican que los trabajadores tienen altas expectativas con respecto a la jornada laboral y a la posibilidad de formación antes de entrar a la organización. Posteriormente, al contrastar estas expectativas con la realidad en la empresa, resulta ser de mayor influencia la remuneración percibida que la jornada laboral, no obstante, se corrobora la comparación de la formación que reciben con respecto a lo esperado, esto da pauta a que realicen un análisis personal sobre el grado de satisfacción que tienen en su trabajo, lo que provoca que otro indicador tome mayor relevancia, este es la comunicación, por ende, surge una hipótesis, en la cual, se plantea lo siguiente: después de ir acumulando descontentos, las relaciones personales se vuelven el último recurso de los trabajadores para decidir, entre permanecer o abandonar la empresa; esto debido a que, en la última etapa, al evaluar las oportunidades de empleo se repite el indicador jornada laboral, sumándose a este en relevancia la remuneración y la selección de personal.

Finalmente, la prueba de correlación corrobora la influencia del clima laboral ante la rotación voluntaria de personal; sin embargo, se considera relevante realizar otro instrumento que contenga parámetros exclusivos de la variable rotación de personal, para someter el estudio a la prueba de correlación de Spearman, de esta manera, se obtendrá además de mayor comprensión del comportamiento tan marcado de rotación de personal que sufre la organización, una comprobación a los resultados obtenidos previamente.

Agradecimientos

Es complicado enlistar a todas las personas que de manera directa o indirecta participaron en la realización de este trabajo; sin embargo, he de agradecer infinitamente a mí director de proyecto, a mis docentes y compañeros, que me alentaron para concluir este modesto trabajo, a mi familia que siempre me ha apoyado en lo que me he propuesto y a Dios, que ha sido la fuerza invisible que me ha mantenido a flote.

Referencias

1. Abreu, R., & Badii, J. A. (Marzo 2018). Factores que originan la rotación de personal en las empresas mexicanas. Daena: International Journal of Good Conscience, 65-99.
2. Beneyto, D., Herrero, V., & Prado, J. (2007). 2000 Soluciones laborales. España: Wolters Kluwer S.A.
3. Bermeo, C. (2016). El Clima organizacional y su influencia en la rotación de personal operativo en las farmacias de FARMAENLACE. Quito: Universidad Central del Ecuador.
4. Castillo, J. (2006). Administración de personal: un enfoque hacia la calidad. Bogotá: Ecoediciones Ltd.
5. Chiavenato, I. (2007). Administarción de recursos humanos: El capital humano de las organizaciones. México: McGraw-Hill Interamericana.
6. Gan, F., & Taringe, J. (2012). Clima laboral. Madrid: Díaz de Santos S.A.
7. INEGI. (2009). Estadísticas de la Dinámica Laboral en México 2005-2009. México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.
8. Mumford, K., & Smith, P. N. (2004). Job Tenure in Britain: Employee Characteristics Versus Workplace Effects . Bonn, Germany: IZA.
9. Porter, L., & Steers, R. (1973). Organizational, Work and Personal Factors in Employee Turnover and Absenteeism. Psychological Bulletin, 80, 151-176.
10. Portillo, M., Morales, A., & Ibarvo, V. (2016). Clima laboral y su relación con la rotación de personal operativa de una empresa maquiladora en la ciudad de Chihuahua. 21º Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México (págs. 2 - 23). Mérida, Yucatán: AMECIDER-ITM.
11. Puchol, L. (2012). Dirección y gestión de Recursos Humanos. Madrid: Díaz de Santos S.A.
12. Pulgar, L. (1999). Comunicación en la empresa en entornos turbulentos. Madrid: ESIC.
13. Saracostti, M. (2002). El trabajo como proceso de investigación: una versión de los(as) jovenes jefes de hogar. Chile: Escuela de Trabajo Social de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
14. Saravia, J. (10 de Marzo de 2015). ¡Pero que linda relación tienen! La correlación de Pearson: Stats SOS. Obtenido de Stats SOS: https://statssos.net
15. Zimmerman, L y Frank, H. (2006). Antecedentes de la Rotación Voluntaria de Personal. Investigación Administrativa. Num. 97, enero-junio, pp. 7-25. Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Santo Tomás.

Análisis para el desarrollo del modelo Canvas en una comunidad artesanal

L.T. Pérez Cervera[1], K. A. López Ruiz[2], H. Hernández Garcia[3] y J. L. Robert Arias[4].

[1]Profesora de Tiempo Completo de la División de Administración, Universidad Tecnológica Metropolitana, Mérida Yucatán, lucia.perez@utmetropolitana.edu.mx, [2]Profesora de Tiempo Completo de la División de Administración, Universidad Tecnológica Metropolitana, Mérida Yucatán, karen.lopez@utmetropolitana.edu.mx, , [3]Profesor de Tiempo Completo de la División de Administración, Universidad Tecnológica Metropolitana, Mérida Yucatán, heber.hernandez@utmetropolitana.edu.mx, [4]Profesor de Tiempo Completo de la División de Administración, Universidad Tecnológica Metropolitana, Mérida Yucatán, juan.robert@utmetropolitana.edu.mx, Mérida Yucatán.

Área de participación: *Ingeniería Administrativa*

Resumen

Las comunidades artesanales son grupos de personas organizadas para elaborar productos con técnicas tradicionales adquiridas de generación en generación, presentan la particularidad de que se encargan de promover la cultura, valores, creencias y costumbres de los pueblos a los que pertenecen, son atractivos particularmente para el turismo, quienes al visitar un lugar, desean llevarse como recuerdo una artesanía.

Otra de las particularidades que tienen estas comunidades es que suelen ubicarse en zonas rurales con baja densidad poblacional, con altos niveles de marginación, cuya economía principal depende en la mayoría de los casos de la agricultura de tipo extensiva, la labor artesanal es vista en muchos casos como una opción para contribuir a los ingresos familiares; el desarrollar modelos de negocios, permite visualizar las fortalezas y debilidades que hay que subsanar para potencializar la comercialización de sus productos.

Palabras clave: *artesanías, comunidades artesanales, modelo Canvas.*

Abstract

The craft communities are groups of organized people in order to manufacture products with traditional techniques passed trough generations. This type of product presents the particularity that they promote culture, values, creed and costume of the people they belonged to. They are very attractive to tourists, especially those who like to take home a souvenir that is representative of the places they visited.

Another particularity of this type of communities is that they are established in rural regions with very low population density, very marginalized and the main income in most cases is extensive agriculture. Crafting is viewed as an option to contribute for family income. It is also viewed as a business model who stresses the strength and weakness found in order to the potential commercialization of their products.

Key words: *Crafts, Craft community, Canvas Model.*

Introducción

La apertura de las economías en los contextos macroeconómicos pone en primer plano la necesidad de modernizar el modelo de negocios de las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) de los diferentes sectores y hacer frente a los desafíos de la competitividad internacional.

El sector artesanal se encuentra inmerso dentro de la clasificación de mipymes, cuya relevancia económica reside en que constituyen el 99,8% de las empresas en México (Hernández, Pineda, Andrade, 2011)

Las organizaciones de este tipo constituyen un factor importante del sistema económico, sobre todo por su contribución al empleo.

Las organizaciones del sector artesanal, presentan la misma problemática que enfrentan las mipymes; sus características particulares hacen más difícil su situación, debido a la alta marginación en la que se encuentran por su ubicación fuera de los centros urbanos y de consumo directo, grados de formación académica baja y escasa formación técnica empresarial.

La actividad artesanal sigue estando vigente en pleno siglo XXI, porque en todo el mundo se producen diversos productos y artículos artesanales, originados en culturas ancestrales, que contrastan la mayoría de las veces con los producidos por la revolución tecnológica y los avances en diversas áreas del conocimiento; además, las situaciones y divisiones socioeconómicas aún prevalecen para esta actividad económica, debido a que todavía existen zonas rurales en diversos países, cuyos habitantes viven en condiciones de miseria y marginación;

Es así que las mipymes artesanales, en el contexto de la globalización, se convierten en una alternativa válida para ciertos grupos sociales, en donde se genera empleo y se aprovecha el potencial creador y artístico que ya desde la época prehispánica han tenido los pueblos indígenas, principalmente.
Esta es también una oportunidad para identificar áreas de oportunidad, a fin de impulsar modelos de negocios adecuados al contexto en que se desenvuelven estas organizaciones, con el propósito de que mejoren su situación económica y social.

De acuerdo con los estudios realizados sobre el concepto de artesanía, ésta tiene su origen en Europa, en la llamada historia del arte, que podría decirse historia de la artesanía. Por tanto, según Becerra (2009, p. 2), "el concepto de artesanía tal como se entiende hoy fue creado por William Morris y otros pensadores del Movimiento (Art and Crafts) durante el siglo XIX, como una reacción contra los efectos de la Revolución Industrial sobre las condiciones de vida de los trabajadores y sobre el medio ambiente".
Otra visión es la que plantea Rodríguez (2002, p. 32); para éste "la artesanía se entiende a menudo, bien como actividad restringida a un entorno local que no se encuentra integrado en la dinámica productiva general o como una labor complementaria de la oferta turística de algunos territorios". Esta es, sin duda, una postura que al contextualizarla en la realidad implica un hecho real, ya que algunas comunidades desarrollan la actividad artesanal como la única fuente de ingreso.
La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, 2015), reconoce que el sector artesanal desempeña un papel determinante en el desarrollo económico local y en la lucha contra la pobreza, básicamente porque las producciones artesanales las realizan poblaciones con características similares, aún en los países llamados de primer mundo.
En México, caracterizado por un alto crecimiento de la actividad económica en los municipios urbanizados con respecto a los rurales, éstos últimos suelen ser marcados principalmente por el desempleo y la creciente migración de los pueblos marginados, en donde han quedado en su mayoría mujeres y niños, aparecen como relevantes las microempresas de artesanos, quienes elaboraran prendas, enseres, utensilios y objetos diversos con fines múltiples (Sandoval y Guerra, 2010). Es en este contexto, según Duque (1996, citado por Hernández-Girón, Yexcas y Domínguez-Hernández, 2007), la producción de artesanías toca todos los campos del desarrollo humano: cultural, social, educativo y económico.
El presente estudio se centra en la zona sur del Estado de Yucatán, concretamente en el municipio de Tahdziú, ubicado en la región sur del Estado, que ocupa una superficie de 241.57km2, limita al norte con Yaxcaba, al sur con Peto, al este con Peto y al oeste con Chacsinkin (Inafed, 2015), en donde la pobreza se compara con la que existe en África, inclusive, es considerado el municipio más pobre de América Latina; de acuerdo con Secretaría de desarrollo social (Sedesol) Yucatán, Tahdziú tiene 4 de los 5 indicadores que señala la pobreza: rezago educativo, rezago en salud, rezago alimenticio y rezago en materia de ingresos. Ha sido calificado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) en 2012 como el municipio con mayor marginación en Yucatán, incluido como prioridad nacional en la política nacional de la Cruzada contra el hambre. "El 91.7% de su población vive en pobreza, quedando por encima de los otros 105 municipios yucatecos". En el municipio la mayoría de las personas sobreviven de trabajos temporales. El 90 por ciento de las personas se dedican al cultivo para consumo personal, esos campesinos se alimentan de sus cosechas durante varios periodos del año y sobreviven a través de trabajos en milpas y ranchos, en donde obtienen una ganancia de 50-80 pesos por jornada laboral, también se dedican a la apicultura, entre otros trabajos pagados con un salario igual o menor a los 62.50 pesos por día, lo cual no alcanza para mantener a una familia.
Las circunstancias por las que atraviesan estos pobladores los ha obligado a buscar mejores niveles de vida en otras ciudades mejor desarrolladas, dada su escasa preparación académica, suelen ubicarse en el desempeño de oficios como la albañilería; la población crece y el problema de la aglomeración se agudiza, lo que va creando cinturones de pobreza. Las familias más pobres que se quedan, se encuentran desempleados o en actividades de baja remuneración, como ocuparse de la milpa, vendedores ambulantes, servicios de fuerza de trabajo en casas particulares y pequeños artesanos que fabrican una mínima cantidad de artículos para la venta.
Tradicionalmente, la mayor parte de las artesanías se venden a precios muy bajos, ya que surgen de una economía de trueque que no le asigna precio al trabajo, y en todo caso cuando la artesanía, prenda de vestir o utensilio, se destinan al autoconsumo, tampoco interesa mucho conocer o determinar el tiempo invertido o el costo de la materia prima utilizada. En estos casos, el grado de avance que tengan estas comunidades de artesanos en aspectos de comercialización y su nivel de consolidación, les dará una perspectiva diferente tanto en términos de producción y calidad de los productos, como en la búsqueda de los mercados para colocar los mismos.

 ISSN 2007-8102

Los modelos de negocios son excelentes mecanismos que son utilizados para potencializar la comercialización de los productos, Clark, Osterwalder y Pigneur (2012) señalan que "los nuevos modelos de negocios están cambiando el entorno…por lo que las empresas deben evaluarlos y modificarlos constantemente para poder sobrevivir", estos autores definen al modelo de negocios como "la lógica que sigue una empresa para obtener ganancias" (Clark, Osterwalder y Pigneur, 2012).
Socconini y Reato, (2019) mencionan que la importancia de elaborar un modelo de negocios radica en que hoy en día, la gran empresa ya no acaba con los pequeños negocios, sino que ahora las empresas rápidas son las que se quedan con el mercado sin importar su magnitud.
Un modelo de negocio ampliamente utilizado y recomendado actualmente es el modelo Canvas, el cual establece la particularidad de centrarse en el análisis de nueve aspectos: clientes, valor añadido, canales, relaciones con clientes, ingresos, recursos claves, actividades clave, asociaciones clave y costos. (Osterwalder y Pigneur, 2011)
"El modelo Canvas, representa de forma gráfica la propuesta de valor, las relaciones con los consumidores, canales de venta y comunicación, segmentos de consumidores, actividades claves, recursos claves, aliados claves, estructura de costos fijos y variables, y los flujos de ingresos" (Hilarión, 2014, p.15).
Dado el dinamismo normal del mundo de los negocios, resulta especialmente importante para las empresas y para todas aquellas personas que deseen emprender, planificar cada uno de los componentes del modelo, de detectarse debilidades se estará en posibilidades de trabajar para subsanarlas, disminuyendo el riesgo al fracaso de la empresa, de allí la importancia de analizar la posibilidad de aplicar éste modelo de negocio para la comunidad artesanal del municipio de Tahdziú.

Metodología

El objetivo general de la investigación fue Identificar las áreas de oportunidad que actualmente existen en la comunidad artesanal de Tahdziú, para el desarrollo del modelo de negocios Canvas para impulsar la comercialización de sus productos. La investigación fue de naturaleza descriptiva, ya que se empleó la técnica cuantitativa de encuesta, el diseño de la investigación fue de tipo transversal.

Definición de variables

De acuerdo a la metodología del Seumenicht, (2013), para aplicar el modelo Canvas, se requiere el desarrollo de 9 aspectos para la implementación de un modelo de negocios: segmentar clientes, contar con una propuesta de valor, establecimiento de canales de distribución y comercialización, crear una relación con el cliente, disponer de fuentes de ingresos, identificar los recursos claves, implementar actividades claves, establecer alianzas con sociedades claves y aplicar adecuadamente una estructura de costos. En la tabla 1, se enuncian los elementos que se consideraron para la medición de cada una de los aspectos:

Tabla 1. Establecimiento de variables

<table>
<tr>
<td rowspan="2">Socios clave
-Pertenencia a alguna asociación de artesanos.
-Acercamiento con instituciones.
-Conocimiento de programas de apoyo.
-Alianzas
-Continuidad de los vínculos con instituciones.</td>
<td>Actividades clave
-Proceso productivo
-Tipos de prendas.
-Características del bordado.
-Forma de venta
-Recursos necesarios para fortalecer su labor.
-Cursos tomados.</td>
<td rowspan="2">Propuesta de valor
-Aspectos que diferencian su producto al de la competencia.</td>
<td>Relaciones con clientes
- De qué manera interactúan con los clientes, cómo identifican sus necesidades.</td>
<td rowspan="2">Segmento de mercado
-Procedencia de sus clientes.
-Sexo.
-Edad.
- Usos del profucto
-Temporalidad de las ventas.</td>
</tr>
<tr>
<td>Recursos clave
-Antigüedad en la labor artesanal.
-Familiares involucrados.
-Recursos disponibles.
-Tiempo invertido a la labor artesanal.</td>
<td>Canales
-Canales de distribución que utilizan para comercializar sus productos.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="3">Estructura de costos.
-Determinación de costos.
- Habilidades financieras.</td>
<td colspan="2">Flujo de Ingresos
-Puntos de venta -Precios.
-Temporalidad de las ventas</td>
</tr>
</table>

Fuente: Elaboración propia basada en la metodología de Seumenicht, (2013); Clark, T, Osterwalder, y Pigneur, (2012); Osterwalder y Pigneur, (2011) e Hilarión (2014).

 ISSN 2007-8102

Participantes
La población corresponde a un grupo de artesanas dedicadas al bordado de huipiles de la comunidad de Tahdziú Yucatán que carecen de apoyos. Gamboa (2015) señala que se requiere la colaboración de otras instituciones para impulsar el desarrollo del grupo artesanal en el municipio de Tahdziú en su informe anual de asistencia técnica y capacitación a artesanas de los municipios de Yucatán, el documento permitió la identificación de las participantes, se trabajó con una comunidad de artesanas integrada por 150 elementos.

Instrumento
El instrumento de medición se elaboró basado en la metodología de Seumenicht, (2013), Hilarión, (2014), Osterwalder y Pigneur, (2011) y Clark, Osterwalder y Pigneur, (2012). Para alcanzar el objetivo general de la investigación se generaron 39 reactivos, la escala utilizada en la mayoría de los casos fue opción múltiple. Los reactivos se construyeron de acuerdo a la revisión bibliográfica y después fue sometidos al análisis de expertos, siendo validado por dos especialistas, uno con especialidad en Administración de Negocios del Instituto Politécnico Nacional Sto. Tomas; el otro experto en Planificación regional del Instituto Tecnológico de Mérida, ambos expertos hicieron propuestas de mejoras que se implementaron al instrumento, la principales modificaciones fueron entorno al correcto acomodo de las opciones múltiples. La confiabilidad del instrumento se realizó mediante el análisis de consistencia interna con el alfa de Cronbach, se obtuvo .724 de fiabilidad después de haberse eliminado algunos reactivos que presentaron coeficientes de correlación bajos, el instrumento final se conformó de 33 reactivos, tal y cómo se ilustra en la tabla 2. Tanto la confiabilidad como el análisis de los datos se realizaron mediante el uso del SPSS 20.

Tabla 2. Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.724	.781	33

Fuente: Elaboración propia mediante uso del SPSS 20.

Procedimiento
Para la recolección de la información se acudió al municipio en dos períodos de tiempo, en el primer momento se contactó con la líder del grupo artesanal para solicitar su participación en la investigación, se le explicó puntualmente la finalidad y al mismo tiempo la visita permitió conocer las condiciones del operativo de campo. El segundo período fue para la recolección de información, para esta actividad se requirió del apoyo de 10 artesanas que dominaran tanto la lengua maya como el español, mismas que sirvieron de intérpretes con las demás participantes del gremio artesanal, esto en virtud de que un gran número de las participantes no hablan el idioma español y se comunican únicamente mediante el uso de la lengua maya.

Resultados y discusión

En la localidad el trabajo artesanal de mayor escala son blusas bordadas, huipiles y ternos; prendas que son utilizadas tradicionalmente por las mujeres de la comunidad como vestimenta diaria. A la vez tiene un valor sentimental, ya que recuerdan ver a sus abuelas y madres utilizando esta vestimenta y ellas fueron quienes les heredaron este conocimiento. La organización en la comunidad es de manera individual, todas las artesanas realizan sus productos conforme a sus tiempos libres y los pedidos que se les realizan, la mayor parte de las mujeres de la comunidad elabora esta artesanía.
Adicionalmente a la actividad artesanal, se fomenta la agricultura de los productos indicados en la tabla 3:

Tabla 3. Otras actividades económicas de los artesanos

Actividad	Temporada	Finalidad	Monto percibido
Agricultura	maíz, frijol, hibes y pepita mayo-junio siembra noviembre-diciembre cosecha	Autoconsumo y en algunos casos apoyo a gastos familiar	$500.00 semanales

Fuente: Elaboración propia

 ISSN 2007-8102

Resalta que son los varones de la comunidad quienes se dedican particularmente a la agricultura, pero existen varones que en sus tiempos libres realizan la actividad artesanal de bordado de punto de cruz, actividad que han aprendido mediante la observación del desarrollo de la técnica tanto de sus esposas como de sus madres y abuelas.
Los programas presentes en la comunidad son: Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) con el programa oportunidades, 70 y más, piso firme, Diconsa y Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO).
En lo que respecta a los apoyos que tienen acceso los pobladores del municipio para vivienda son exclusivamente del Fideicomiso del FONHAPO, fideicomiso que otorga subsidios a hogares en situación de pobreza para que adquieran, construyan, amplíen y mejoren sus viviendas; resalta que no tienen acceso a otras formas de financiamiento para este fin, situación únicamente comparable con el municipio Tixcacalcupul, aun así se encuentra en franca desventaja en el apoyo de estos fideicomisos, ya que Tixcacacupul recibió 1.87% (134/ 7,175 hab) fideicomisos con respecto a su densidad poblacional, mientras que Tahdziú recibió .13% (7/ 5,111 hab) fideicomisos con respecto a su población, el monto ejercido para tal efecto ascendió en los años de 2015-2016 a $140 mil pesos, el cual fue destinado al mejoramiento de 7 viviendas (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2017; es importante resaltar que para poder acceder a estos fideicomisos, el hogar mexicano debe tener ingresos por debajo de la línea de bienestar y con carencia de calidad y espacios en la vivienda, es decir, es aquel hogar cuyos integrantes no pueden adquirir la totalidad de los productos de consumo de la canasta alimentaria y canasta no alimentaria, ya sea en el ámbito rural o en el ámbito urbano. Además, en la vivienda habiten más de 3 personas por cuarto, y los materiales con los que estén construidos los pisos, techos y muros no sean resistentes o adecuados.

La elaboración de la prenda artesanal involucra una serie de pasos, los cuales no todas las artesanas logran realizar es así como en la figura 1 se aprecian las actividades que ellas dominan.

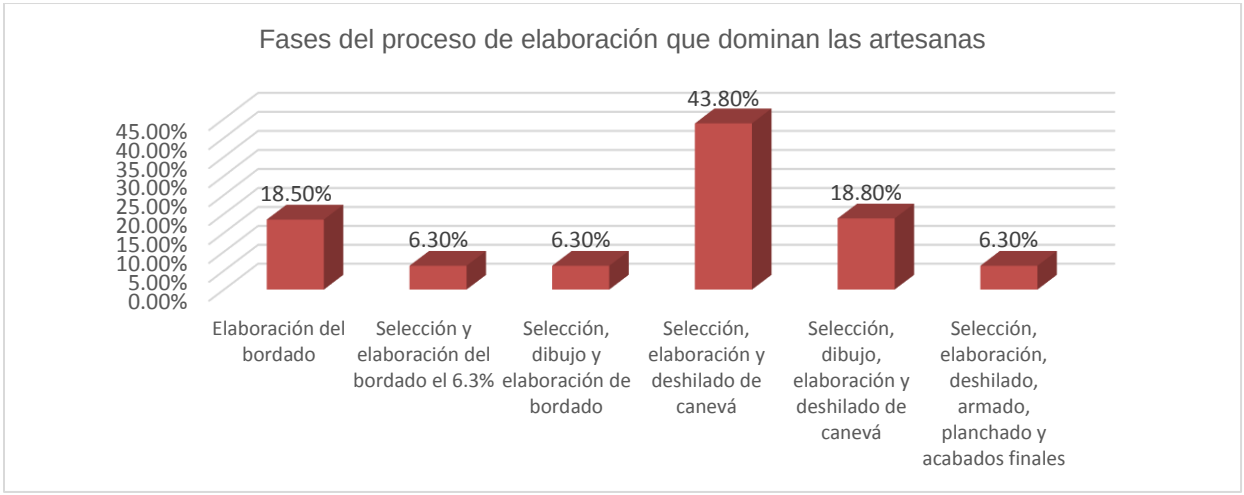


Figura 1. Etapas del proceso de elaboración de las prendas que desarrollan las integrantes del gremio artesanal.

El motivo por el que no todas concluyen la prenda es por falta de recursos tales como máquinas de coser para los acabados finales. Es reducido el porcentaje que logra concluir la prenda en su totalidad y de ellas, ninguna dispone de una marca, logotipo, slogan que identifique su producto.

Con la finalidad de identificar la viabilidad del desarrollo del modelo de negocios Canvas, el diagnóstico se centró en conocer cómo operan los 9 elementos que conforman la metodología, se identifica que:

Socios clave
Ninguna de las 150 artesanas pertenece a alguna asociación de artesanos. El 6.9% manifestó que la única asociación que se ha acercado a ellos es Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías (FONART). El 93.8% contrariamente manifestó que nadie lo ha hecho.

 ISSN 2007-8102

Con respecto a la existencia de programas de apoyo para las artesanas manifiestan: Enterarse por medio del palacio municipal un 6.3%, por recomendación de otras artesanas en un 18.8% de los casos, las instituciones les avisan en un 50% de los casos y el 25% manifestó que nunca se enteran de la existencia de este tipo de apoyos. Destaca que les gustaría establecer alianzas con el gobierno estatal en el 50% de los casos, con asociaciones civiles el 6.3%, con el gobierno municipal el 12.3% y el 31.3% desconoce con quien puede realizar alianzas.

Actividades clave
Para fortalecer la actividad artesanal, el 18.8% manifiesta haber recibido un curso sobre corte y patronaje de prendas. Concluido el curso terminó el vínculo con la institución que lo impartió que fue el FONART.
Las artesanas reconocen la necesidad de fortalecer los siguientes factores de producción:
Maquinaria y equipo 18.8%, capacitación 43.8%, comercialización 18.8% y dotación de materiales 18.8%

Propuesta de valor
Se identifica como fortaleza el diseño de los bordados en un 31.3%
Así mismo la calidad del bordado (punto de cruz tupido, con un grosor de aproximadamente 10 cm es su otra fortaleza en un 68.8% de los casos. Otra fortaleza es la habilidad que han desarrollado para crear sus propios diseños, lo que los hace únicos.

Relaciones con clientes
Tienen conocimiento de las necesidades de sus clientes que son: ternos e hipiles prendas con bordados de flores, de hilos de colores vivos, con un grosor del bordado mínimo de 10 cms, la tela más solicitada es Jamaica exclusivamente en color blanco.
En la mayoría de los casos desconocen del uso que le darán a la prenda.
Logran establecer una relación cercana con sus clientes, ya que intercambian números telefónicos para avisarle sobre la existencia de prendas y a su vez ellos les avisan de sus necesidades y fechas en que las visitarán.

Segmento de mercado
Un pequeño porcentaje de ellas comercializa la prenda al consumidor directo, la mayoría representada por el 95.0% lo hace mediante un intermediario, estos intermediarios son por lo general mujeres en el 87.5% de los casos y el 12.5% hombres.
De acuerdo a su lugar de procedencia los intermediarios provienen del mismo municipio en un 6.3%, de Teabo en el 56.3% y de otros municipios en el 37.5% de los casos.
El rango de edad de los intermediarios oscila entre 25 a 40 años 12.5%, de 41 a 55 años el 81.3% y más de 55 años el 6.3%.
El uso que le da el consumidor al producto es para regalar en el 18.8% de los casos, para revender en el 62.5% y un 18.8% manifestó desconocerlo. Desconocen los mecanismos que utilizan los intermediarios para comercializar sus productos, al igual que los precios de venta finales de los mismos.
Se identifica que muchas personas que se dedican a la comercialización de prendas femeninas con bordados artesanales, acuden a la comunidad de Tahdziú a adquirir los lienzos bordados que elaboran las artesanas en sus casas, lienzos que convierten en productos terminados y que posteriormente comercializan a precios mayores. Por lo que las ventas se llevan a cabo mediante la participación de intermediarios, desafortunadamente en muchos de estos casos, los artesanos reciben remuneraciones menores por su trabajo, permaneciendo un mayor margen de utilidad en los intermediarios.

Recursos clave
El 50% de las artesanas desempeña la actividad artesanal desde hace más de 15 años, pues es un oficio que suele pasar de generación en generación.
En el 56.3% de los casos se dedican a esta labor artesanal de 4 a 5 personas en el hogar.
Los productos que elaboran son prendas femeninas, particularmente huipiles, blusas y ternos en el 75% de los casos.
La tela que utilizan para elaborar las prendas es la Jamaica en el 93.8% de los casos y en menor volumen el lino.
Las imágenes que eligen para bordar son preferentemente flores en el 75% de los casos.
La iconografía que bordan suelen elegirla de folletos prestados, existe en la comunidad personas que se dedican a la pintura del bordado en la tela quienes suelen tener diferentes catálogos.
Los bordados son a mano en un 95.1% de los casos, dado que son muy pocas quienes disponen de máquina de bordar. La técnica que utilizan para el bordado a mano mayoritariamente es el punto contado.
Los recursos que disponen para la elaboración de las prendas son:

Diseños de bordados 50%, insumos menores 87.5%, telas el 87.5%, máquinas de bordado 4.9% y máquinas de costura recta 12.5%.
El tiempo dedicado a la elaboración de las prendas varia el 37.5% le destina de 5 a 6 hrs diarias, el 56.3% de 3 a 4 horas y un pequeño porcentaje representado por el 6.3 le dedica de una a dos horas diarias.
El tiempo de elaboración de las prendas varían de acuerdo al tipo de prenda, para la elaboración de las blusas se incurre en un tiempo promedio de 15 días a un mes, elaborar un huipil implica un trabajo de aproximadamente 3 meses y el terno, dada la cantidad de bordado que lleva la prenda conlleva 6 meses su elaboración.

Canales
Se identifican dos tipos de canales, uno para consumo final, que es productor-consumidor, el cual se utiliza en el 6.3% de los casos.
El otro canal que utilizan es el de bienes industriales, el de fabricante-distribuidor industrial-cliente, este canal se utiliza en un 93.7% de los casos.

Estructura de costos
El precio de los productos son fijados al tanteo en un 12.5% de los casos, es decir desconocen los aspectos que deben incluirse para la determinación de los mismos.
El 87.5% de las artesanas indican que los elementos principales que consideran para la fijación de sus precios son los costos de los materiales utilizados y el tiempo invertido en su elaboración.

Ingresos
El 100% de los artesanos comercializa sus productos en su propia casa, pues carecen de un punto de venta para hacerlo. No se cuenta con puntos de ventas, el comprador acude casa por casa de las artesanas para realizar los pedidos. Una vez contactada la artesana e identificada la calidad del bordado artesanal, establecen vínculos (telefónicamente) para que cuando se tengan concluidos los lienzos bordados, puedan contactar al intermediario y éste acuda por ellos.
No existe una temporada alta/baja para la comercialización de sus productos, por lo que durante todo el año elaboran sus productos en sus casas.
Los precios de comercialización varían de acuerdo a los productos, las artesanas elaboran huipiles, blusas y ternos, indumentarias totalmente femeninas. Los huipiles se comercializan en precios que oscilan entre $500.00 a $4,000.00. En el 62.6% de los casos se ubica entre $1,501.00 y $3,000.00
Los precios de las blusas bordadas oscilan en un 62.5% de los casos entre $500.00 y $1,000.00. Definitivamente los ternos son los que les genera un mayor ingreso, al poderse comercializar hasta en $8,000.00.

Conclusiones
Para la implementación del modelo de negocios bajo la metodología Canvas en la comunidad artesanal se identificó la necesidad de fortalecer los recursos de producción tales como máquinas e insumos, las artesanas carecen de máquinas de costura recta que les permita terminar los acabados de las prendas y en la comunidad no se cuenta con un área del municipio donde ellas puedan acudir a concluir la prenda, existe un centro comunitario en el municipio de Peto, ubicado a 8 km de la localidad, pero trasladarse a él conlleva el desembolso de $32.00 (para el viaje redondo) de transporte, dada la precariedad de sus ingresos, resulta complicado para ellas esa opción.
Se detecta la importancia de impartirles cursos de cursos de capacitación en temas de técnicas de bordado, calidades de tela, armado de prenda, combinación de colores, armado de prenda, nuevos diseños, comercialización y fijación de precios.
Existe una dependencia con los intermediarios, en virtud de que carecen de puntos de ventas para comercializar sus productos. Pero esta dependencia ocurre principalmente por carecer de los recursos (máquinas de coser) para poder concluir la prenda. Ante esto los intermediarios tienen amplia ventaja al momento de establecer el precio de la prenda.
Tienen desconocimiento de los programas de financiamiento y apoyo que existen para el sector artesanal. Esto pone de manifiesto la necesidad de establecer vínculos entre el sector gubernamental y organizaciones civiles con la comunidad artesanal.
Entre sus debilidades destaca que carecen de una marca para sus productos, en esto en virtud del conocimiento del impacto y beneficio que se tiene al disponer de esta, además de que en la mayoría de los casos no concluyen el proceso productivo de la prenda por carecer de la maquinaria adecuada.
Se hace necesario crear vínculos con personas involucradas en la comercialización de prendas femeninas de manera que no exista dependencia con los intermediarios actuales, lo que les otorgará mayor margen de gestión.

La importancia de la implementación del modelo de negocios, radica que propiciar mecanismos que coadyuven al mejoramiento de los ingresos de la comunidad artesanal estudiada, adaptados al respeto de la cultura, costumbres, tradiciones, creencias y valores de la comunidad.
Como se ha estudiado, la modernización de los pueblos indígenas y el mejoramiento de sus condiciones de vida, debe de realizarse conjuntamente con el respeto al mismo y a su medio ambiente.
Es viable el desarrollo del modelo de negocios en la comunidad artesanal, pero será necesario fortalecer elementos para la correcta aplicabilidad del mismo. La capacitación, la vinculación con las instancias gubernamentales y creación de redes para la comercialización de sus productos, son elementos claves que pueden desarrollarse y que permitirán potencializar la comercialización de las piezas artesanales de la comunidad artesanal.

Referencias

1. Becerra, L. D. 2009, “Pasado, presente y futuro de la artesanía”. Recuperado el 17 de mayo de 2010 de Fundación Española para la Innovación de la Artesanía, página web: http:// www.fundesarte.org/new/ES.
2. Clark, T, Osterwalder, A y Pigneur, Y. (2012). Tu modelo de negocio. DEUSTO. Centro Libros PAPF, S.L.U. ISBN 978-84-234-1636-3 (epub). Recuperado https://books.google.com.mx/books?id=QtXsXmEL5agC&printsec=frontcover&dq=modelo+canvas+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiQztOr_rXkAhVO2FkKHRvgDQgQ6AEINzAC#v=onepage&q&f=false
3. Consejo nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) en 2012. http://www.unionyucatan.mx/articulo/2013/06/07/tahdziu-politicas-federales-en-el-municipio-mas-pobre Fundación Wikimedia, Inc., 2010. Tahdziu (municipio), disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/tekan%C3%B3 %28municipio%29 (consultado en el mes de mayo 2012).
4. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. 2015 INAFED: http://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM31yucatan/municipios/31073a.html
5. Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías, 2015. https://www.gob.mx/fonart#documentos
6. Gamboa, R. 2015. Informe anual de asistencia técnica y capacitación a artesanas de los municipios de Yucatán. FONART. Universidad Tecnológica Metropolitana.
7. Hernández-Girón, J. D., Yexcas, M., y Domínguez-Hernández, M. L. 2007, Factores de éxito en los negocios de artesanía en México. En: *Estudios Gerenciales*, 23 (104): 77-99.
8. Hernández Ramírez, Victoria; Pineda Domínguez, Daniel; Andrade Vallejo, María Antonieta; 2011. *Las mipymes artesanales como un medio de desarrollo para los grupos rurales en México.* Universidad del Rosario Colombia. Universidad & Empresa, No.13 (21) ISSN: 0124-4639 editorial@urosario.edu.com
9. Hilarión Madariaga, Julia Esther. 2014. Emprendimiento e Innovación. Diseña y planea tu negocio. Cengage Learning, 15.
10. Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. Anuario estadístico y geográfico del estado de Yucatán. 2017. https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/YUC_ANUARIO_PDF.pdf
11. Osterwalder, A y Pigneur, Y. (2011). Generación de Modelo de Negocios. Centro Libros PAPF, S.L.U.,2011. ISBN 978-84-234-1635-6 Recuperado https://books.google.com.mx/books?id=NBSaoWaxeRsC&printsec=frontcover&dq=modelo+canvas+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiQztOr_rXkAhVO2FkKHRvgDQgQ6AEIKTAA#v=onepage&q&f=false
12. Rodríguez, C. J. 2002. De artesanos locales a artesanos globales. En: *ICE Económico*, (2744): 31-38.
13. Sandoval, E., y Guerra, E. 2010. *Migrantes e indígenas: acceso a la información en comunidades virtuales interculturales* [edición electrónica gratuita, texto completo]. Recuperado en: www.eumed.net/libros/2010b/684/
14. Seumenicht, Brigitte. 8 de Mayo de 2013. Modelo de Negocio Canvas. Merca2.0 https://www.merca20.com/modelo-de-negocio-canvas/ (28 de febrero de 2019).
15. Socconini, L. y Reato, C. 2019. Lean Six Sigma. Sistema de gestión para liderar empresas. Marge Books.Recuperado: https://books.google.com.mx/books?id=ODyeDwAAQBAJ&pg=PA75&dq=modelo+de+negocio+canvas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjWiZ2pxMLkAhWEzlkKHVAkCCU4ChDoAQgnMAA#v=onepage&q=modelo%20de%20negocio%20canvas&f=false

Diseño de las competencias gerenciales en las microempresas comercializadoras de artículos para decoración

J. M. García Mejía[1], J. C. Vásquez Jiménez[1], R. Matías López[1], L. C. Ortuño Barba[1], R. A. Diego Maldonado[2],*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico S/N, Sta María Coapan, C. P. 75770 Tehuacán, Pue., México
[2]Maestrante en Administración, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico S/N, Sta María Coapan, C. P. 75770 Tehuacán, Pue., México
**posgrados10@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se obtuvo el diseño de las competencias gerenciales que deben promoverse en el personal gerencial en las microempresas comercializadoras de artículos para decoración, para conseguir un desarrollo organizacional orientado a satisfacer los requerimientos actuales de los clientes internos y externos. La metodología utilizada fue inductivo-analítica, considerada como investigación mixta, transeccional durante el periodo 2018-19; en la que se pretendió conocer las características relacionadas con el nivel de las competencias gerenciales, por lo que se desarrollaron ítems, medidos a través de la escala Likert, en una muestra de microempresas aplicada en la Ciudad de Ajalpan, Puebla; los resultados mostraron que el diseño más apropiado es el de las 5 competencias directivas: comunicación, motivación, manejo de conflictos, trabajo en equipo y liderazgo. Se concluyó que son indispensables para generar un ambiente laboral agradable para los trabajadores y propicio para satisfacer de mejor forma al consumidor, incidiendo favorablemente en la cultura de compra.

***Palabras clave**: Competencias gerenciales, microempresas, ambiente laboral, clientes.*

Abstract

The design of the managerial competences that should be promoted in the managerial personnel in the micro marketers of articles for decoration was obtained, to achieve an organizational development oriented to satisfy the current requirements of the internal and external clients. The methodology used was inductive-analytical, considered as mixed, transectional research during the period 2018-19; in which it was intended to know the characteristics related to the level of managerial competencies, so items were developed, measured through the Likert scale, in a sample of microenterprises applied in the City of Ajalpan, Puebla; The results showed that the most appropriate design is that of the 5 managerial competences: communication, motivation, conflict management, teamwork and leadership. It was concluded that they are indispensable to generate a pleasant working environment for workers and conducive to better satisfy the consumer, favorably influencing the buying culture.
***Key words**: Management skills, microenterprises, work environment, customers.*

Introducción

El hombre por naturaleza es un ente social, por ello se integra en asociaciones o grupos formales e informales, donde la mayor parte de las veces se hace presente como un requerimiento, de la existencia de alguien que lo dirija y encause hacia las metas comunes, el cual lo consigue de mejor forma al aplicar algunas competencias inherentes a la dirección o manejo del capital humano; el efecto de esta acción se ve reflejado en la forma de cómo se llevan a cabo diariamente las actividades en los centros de trabajo, sobre todo en las microempresas, que por el número de empleados que ahí confluyen, la participación activa de cada empleado da por resultado el logro de los objetivos de la organización. A través del tiempo observamos empresas que nacen, crecen y desaparecen con un corto tiempo de vida y la pregunta es ¿por qué?, ¿cuál es la causa?, sin duda hay muchos factores que influyen en estos casos; sin embargo, uno de ellos objeto del presente estudio es que las empresas son operadas por gerentes o personal administrativo que no ha desarrollado competencias suficientes para guiar a un grupo de colaboradores al logro de los objetivos organizacionales. Señala Pomar, Rendón y Hernández,

(2010) que de acuerdo con datos del Instituto Panamericano de Alta Dirección de Empresas (IPADE) el 90% de los negocios en México son familiares y sólo dos de cada seis empresas de este tipo logran sobrevivir a la segunda generación.

A pesar de que en México muchas empresas comenzaron como familiares, corren el riesgo y optan por la institucionalización, sin embargo, la empresa familiar debe desarrollar estrategias basadas en los intereses de la organización en su conjunto, informarse sobre mejores prácticas administrativas y de gestión, para aplicarlas en la empresa y profesionalizar al personal, para acceder a mejores posiciones y mejorar su desempeño. Según González, (2013), es común que los propietarios de las PyMEs mexicanas, no logren visualizar sus negocios más allá de un medio de sustento, postergando el emprender oportunamente acciones que les permitan alcanzar los niveles de calidad y productividad que exigen los mercados actuales. La gran mayoría orienta sus resultados al corto plazo preponderando la ganancia económica sobre la generación de productos y servicios de calidad, dejando de lado la ejecución de estrategias efectivas que permitan sustentar su crecimiento y competir en círculos de negocios cada vez más elevados.

El presente estudio se proyecta a partir de que la contribución más importante de las grandes empresas en México es su impacto directo en el progreso de la sociedad moderna; solo que en el caso de las microempresas, el desarrollo del personal ha quedado relegado a un segundo plano ya que es más importante la supervivencia diaria de la empresa a través de cualquier estrategia administrativa o simple intuición en las decisiones, resaltando en muchos de los casos se debe a la falta de conocimiento de sus dirigentes. Esta situación no es la excepción en el Estado de Puebla, particularizando para las organizaciones comercializadoras de artículos para decoración, donde se requiere que sus administradores o personal gerencial, adopten como estrategia de gestión al diseño y aplicación de un conjunto de competencias gerenciales enfocadas al desarrollo del personal y orientado a los requerimientos actuales del cliente; cabe mencionar que a la fecha, son pocas las investigaciones que existen al respecto y menos aún que contextualicen esta problemática en la Ciudad de Ajalpan, Puebla, por lo que surge la necesidad de conocer más de ellas.

En el proceso del análisis de la problemática, la investigación tiene como fundamento teórico a los trabajos de Spencer y Spencer, que a decir de Alles (20013), las competencias gerenciales de las microempresas, y por ende de las organizaciones comercializadoras de artículos de decoración, son una variable muy importante para la permanencia y crecimiento de las mismas, entre las que se consideran en este trabajo están: la comunicación, motivación, manejo de conflictos, trabajo en equipo y liderazgo; como detonantes del diseño organizacional utilizando como base al desarrollo del personal que en ellas labora. El trabajo investigativo hace un tratamiento de la gestión directiva orientado hacia las empresas comercializadoras de tamaño micro ubicadas en la región de Ajalpan, Puebla, las cuales, enfrentan una serie de problemas cotidianos, entre los que destacan aspectos de decisiones y acciones sobre las finanzas, la comercialización, estructura regulatoria, competencia, recursos humanos, marco legal, etc.

En este trabajo se da respuesta a la problemática planteada, proponiendo el diseño de las competencias que debe poseer y promover el personal directivo de una empresa del ramo de servicios de comercialización de artículos decorativos (flores, plantas artificiales), considerando los factores incidentes, al interior de su organización, con el personal que apoya la labor diaria; y por consecuencia, que impacte al exterior, específicamente en la satisfacción de la expectativa de compra del cliente; promoviendo el desarrollo de su capital humano. La presente investigación contribuirá, en mediano plazo, a generar un modelo para entender los factores de influencia en el desarrollo de competencias gerenciales en las microempresas de la localidad. De la misma manera, los resultados de la investigación ayudarán a valorar la importancia de las competencias gerenciales para las microempresas de la localidad.

Metodología

Diseño de la Investigación

La investigación fue no experimental-mixta ya que no se manipuló ninguna de las variables intervinientes, puesto que hubo libertad de opinión tanto de empleados como de administradores, sobre la importancia del impacto positivo en su desarrollo profesional, del diseño y aplicación en forma efectiva de las competencias gerenciales y al mismo tiempo optimizar la satisfacción de los requerimientos de los clientes. El estudio se sustentó en el paradigma de la investigación-acción, a través de un estudio que se sustentó en los resultados de una muestra en las microempresas de servicios comercializadoras de artículos de florería y decoración artificial en la ciudad de Ajalpan, Puebla.

El método utilizado fue inductivo y analítico desde el momento de identificar y analizar las competencias gerenciales que ha desarrollado el personal administrativo de las microempresas objeto de estudio, puesto que a partir de conclusiones particulares aceptadas como válidas en la muestra, se infirieron a situaciones generales (total de microempresas comercializadoras de artículos de decoración de la región).

Población y muestra.

En esta investigación la población está constituida por 29 empresas de acuerdo con la información del INEGI (2014), que hacen el total de las microempresas comercializadoras de artículos para decoración en general, en la ciudad de Ajalpan, donde los tamaños de los establecimientos están en el intervalo de 1 a 10 trabajadores. Aunque la población no es mayor a 30, se debe utilizar muestreo no probabilístico debido a situaciones de inseguridad de la zona y en especial para este tipo de empresas (no dan opción de aplicar ningún cuestionario o estudio por temor a los continuos asaltos); la muestra que se trabajó fue de 8 microempresas, seleccionándose las que dieron opción de responder los instrumentos de investigación o bien que por referidos nos dieron la opción de entrar y que contestaran el cuestionario; pero cabe aclarar que fueron las más representativas en la ciudad de Ajalpan, por ubicación y posicionamiento entre los consumidores de flores artificiales; siendo por ende, un muestreo no probabilístico dirigido, que, de acuerdo con Hernández, Collado y Lucio, (2014), suponen un procedimiento de selección informal, es decir, no depende de que todos tengan la misma probabilidad de ser elegidos, sino de la decisión del investigador.

Elementos de obtención de información

El diseño del cuestionario fue producto de la operacionalización de variables, las cuáles fueron: como independiente: modelo de competencias gerenciales; y como dependiente: a las empresas comercializadoras de artículos para decoración. Se aplicó un cuestionario al personal administrativo-gerencial y otro similar (con cambios oportunos en la redacción) al personal operativo durante el período de enero a marzo del 2019; Los resultados de la investigación se concentraron en una hoja de Excel que sirvió para elaborar las gráficas y realizar el análisis estadístico de frecuencia.. Cada pregunta que se incluyó está relacionada con las preguntas y objetivos de investigación, como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Operacionalización de las variables en el estudio.

Variable	Definición conceptual	Categorías o dimensiones	Indicadores	Items para cuestionario
Competencias gerenciales	Es una capacidad laboral, medible, necesaria para realizar un trabajo eficazmente	Comunicación	Ascendente Descendente Formal Informal	1 – 8
		Motivación	Compromiso Resultados Recompensas Satisfacción Insatisfacción	9 – 16
		Manejo de conflictos	Diagnóstico del conflicto Solución del conflicto Autodominio personal Control de emociones	17 – 24
		Trabajo en equipo	Formación de equipos Colaboración	25 – 32
		Liderazgo	Autocrático	33 – 40

			Democrático	
Función directiva en la Microempresa	Son todos aquellos negocios que tienen menos de 10 trabajadores	Comercializadoras de artículos para decoración	Número de empleados Giro	La información se encuentra en el encabezado

De acuerdo con Hernández, Collado y Lucio (2014), es indispensable diseñar los instrumentos de medición en función de los objetivos de investigación y hacer una prueba piloto para asegurar su pertinencia. La validez responde a la pregunta ¿cuáles el diseño más apropiado de las competencias gerenciales para este tipo de empresas? La validez de un instrumento consiste en que mida lo que tiene que medir; por ello, los instrumentos fueron validados a través de la opinión experta de los maestros en mercadotecnia: Omar Gómez Carrasco y Luis Antonio Pereda Jiménez del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, con amplia experiencia en la elaboración de cuestionarios de opinión. Una vez hecha la revisión de los ítems contenidos en el instrumento de medición, los expertos hacen la observación de que se elaboren 2 cuestionarios (dirigidos al personal administrativo y al personal operativo); redactados de tal forma que sea el mismo contenido, pero dirigido al cargo y función de la persona que contesta; resaltando que ambos cuestionarios convergen en las mismas 5 competencias a analizar. La estructura de cada cuestionario es de 40 preguntas en escala de 1 a 5 (siendo 1 lo peor y 5 lo mejor), subdividida en 5 tipos de competencias (comunicación, motivación, manejo de conflictos, trabajo en equipo, liderazgo) y 2 preguntas abiertas sobre: el número de trabajadores y las actividades de la empresa.

Validación del Instrumento

Para determinar la validez del instrumento, se aplicó una prueba piloto de tamaño 5, éste fue revisado por 2 expertos mercadólogos y catedráticos de la Universidad Tecnológica de la sierra negra de Ajalpan; al término de ésta, recomendaron la modificación en la redacción de 4 preguntas para su mejor comprensión. Posteriormente, la confiabilidad fue calculada a través del índice de Alfa de Cronbach, cuya captura de pantalla se muestra en la tabla 2:

Tabla 2 Resultados de la aplicación de validez de Alfa de Cronbach

		N	%
Casos	Válido	2	40.0
	Excluido[a]	3	60.0
	Total	5	100.0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Alfa de Cronbach	N de elementos
.943	40

Luego de la renovación del instrumento y una vez aprobados los cuestionarios de opinión, se aplicaron, previa cita, a la muestra de 8 microempresas en estudio, tanto al personal administrativo, como al personal operativo de las mismas, en los tiempos que nos permitieron las empresas; en ambos casos, las unidades de análisis fueron seleccionadas por juicio de opinión.

Resultados y discusión

Los resultados de los cuestionarios se muestran concentrados en la tabla 3:

Tabla 3. Cuestionario con concentrado de resultados del personal administrativo/operativo.

CUESTIONARIO SOBRE COMPETENCIAS GERENCIALES

PERSONAL ADMINISTRATIVO/ PERSONAL OPERATIVO

Objetivo: Identificar las competencias gerenciales que actualmente tiene el personal administrativo de las microempresas comercializadoras de artículos para decoración de la ciudad de Ajalpan, Puebla.

 ISSN 2007-8102

INFORMACIÓN GENERAL

Cargo del entrevistado: _____ **Fecha:** _____

Razón social: _____

Giro de la microempresa: _____ **No. Empleados:** _____

Instrucciones para responder la encuesta

A continuación, usted encuentra una serie de enunciados agrupados en seis categorías. Son afirmaciones relacionadas con las competencias gerenciales que en la actualidad tienen las personas que desempeñan un cargo en su organización. Para esta parte, se necesita que, por favor, lea el primer recuadro y cada afirmación (de la tabla presentada a continuación) y señale la opción que usted considera concuerda con su percepción en una escala (Likert) de 1 a 5, en donde:

5 = Totalmente de acuerdo	4 = Parcialmente de acuerdo
3 = Indiferente	2 = Parcialmente en desacuerdo
1 = Totalmente en desacuerdo	

CUESTIONARIO SOBRE COMPETENCIAS GERENCIALES

PERSONAL ADMINISTRATIVO

No	COMUNICACIÓN	5	4	3	2	1	TOTAL
1	Tengo claro cuándo debo aplicar coaching o entrenamiento y cuándo debo brindar consultoría u orientación.	1	7	0	0	0	8
2	Soy capaz de ayudar a otros a reconocer y definir sus propios problemas cuando les brindo consultoría u orientación.	2	6	0	0	0	8
3	Soy capaz de ser completamente honesto en la retroalimentación que doy a otros, aun cuando ésta sea negativa.	5	3	0	0	0	8
4	Siempre relaciono la retroalimentación negativa con una norma o expectativa que se ha violado.	1	5	1	0	1	8
5	Cuando brindo retroalimentación negativa a otros, soy descriptivo; es decir, describo sucesos, sus consecuencias y mis sentimientos acerca de ello de manera objetiva.	1	7	0	0	0	8
6	Siempre sugiero alternativas específicas a los individuos cuyo comportamiento estoy tratando de corregir.	4	4	0	0	0	8
7	Refuerzo la autoestima y la valía personal de los demás cuando me comunico con ellos.	5	3	0	0	0	8
8	Transmito un interés genuino por el punto de vista de otras personas, aun cuando no esté de acuerdo con ellas.	3	4	1	0	0	8
No	**MOTIVACIÓN**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**TOTAL**
9	Establezco un estándar claro del desempeño esperado.	3	5				8
10	Soy honesto y directo al dar retroalimentación del desempeño y al evaluar las oportunidades de progreso.	3	5				8
11	Utilizo una variedad de recompensas para reforzar los desempeños excepcionales.	3	5				8
12	Diseño actividades interesantes y desafiantes.	3	4	1			8
13	Me aseguro de que la gente se sienta tratada en forma justa y equitativa.	3	5				8
14	Diagnostico con cuidado las causas del desempeño deficiente antes de tomar alguna acción correctiva o disciplinaria.	4	4				8
15	Ayudo a las personas a establecer metas de desempeño que sean desafiantes, específicas y de duración limitada.	4	4				8
16	Cuando es posible, me aseguro de que las recompensas valiosas estén vinculadas a un buen desempeño.	6	2				8
No	**MANEJO DE CONFLICTOS**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**TOTAL**
17	Evito hacer acusaciones personales y atribuirlo a motivos egoístas de la otra persona.	5	2	1			8
18	Describo problemas en forma concisa en términos del comportamiento que se presentó, sus consecuencias y mis sentimientos al respecto.	1	6			1	8

19	Especifico las expectativas y los estándares que se han violado.	5	3				8
20	Persisto en la explicación de mi punto de vista hasta que la otra persona lo entiende.	5	3				8
21	Estimulo la interacción bidireccional al invitar al interlocutor a expresar su perspectiva y a hacer preguntas.	2	6				8
22	Cuando alguien se queja de algo que he hecho: busco nuestras áreas comunes de acuerdo.	1	6			1	8
23	Cuando alguien se queja de algo que he hecho: demuestro preocupación e interés genuinos, aun cuando no esté de acuerdo.	1	6	1			8
24	Cuando alguien se queja de algo que he hecho: evito justificar mis acciones y ponerme a la defensiva.	1	6		1		8
No	**TRABAJO EN EQUIPO**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**TOTAL**
25	Sé cómo establecer credibilidad e influencia entre los miembros del equipo.	3	4	1			8
26	Me comporto de manera congruente con mis valores establecidos y demuestro un alto grado de integridad.	3	5				8
27	Comparto información con los miembros del equipo y aliento la participación.	1	7				8
28	Conozco muchas formas de facilitar la realización de actividades en el equipo.	3	5				8
29	Conozco varias formas para ayudar a establecer relaciones firmes y cohesión entre los miembros del equipo.	3	3	2			8
30	Confronto y ayudo a superar comportamientos negativos, disfuncionales o de bloqueo de los demás.	1	5	2			8
31	Ayudo a establecer expectativas y objetivos claros, y también ayudo a que los miembros del equipo se sientan cómodos entre ellos desde la formación del equipo.	2	6				8
32	Aliento a los miembros del equipo para que se comprometan tanto con el éxito de este último como con su éxito personal.	4	4				8
No	**LIDERAZGO**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**TOTAL**
33	Transmito energía positiva en los demás al interactuar con ellos.	1	7				8
34	Sé cómo activar la energía personal en los demás.	3	2	3			8
35	Destaco un propósito o significado más elevado relacionado con el trabajo que dirijo.	4	2	2			8
36	Mantengo altos estándares de desempeño, aunque perdono con rapidez.	2	4	2			8
37	Expreso gratitud en forma frecuente y notoria, incluso por acciones pequeñas.	2	5	1			8
38	Con frecuencia doy a otras personas retroalimentación positiva.	2	5	1			8
39	Hago hincapié en construir sobre las fortalezas y no sólo en superar las debilidades.	1	7				8
40	Sé cómo hacer que las personas se comprometan con mi visión de un cambio positivo.	3	3	2			8
No	**COMERCIALIZADORAS DE ARTÍCULOS PARA DECORACIÓN**						
41	El número de colaboradores en mi empresa es de	Abierta					8
42	La actividad principal de la empresa es	Abierta					8

Interpretación

En la tabla 4, se concentran los resultados obtenidos en la muestra de 8 microempresas relativas a las opiniones de los gerentes-encargados y el personal por cada competencia propuesta, destacando que el método que se aplicó en la interpretación de resultados fue el análisis de frecuencias, privilegiando a la medida de tendencia central de la moda, para conocer el mayor número de las opiniones de los entrevistados y así hacer una mejor interpretación de las respuestas manifiestas en los cuestionarios:

Tabla 4. Concentrado de los resultados e interpretaciones por competencias

COMPETENCIA	RESULTADO E INTERPRETACIÓN.
Comunicación	En el personal administrativo, el porcentaje arrojado fue de un 75% como parcialmente de acuerdo y un 25% como totalmente de acuerdo, respecto a la capacidad que tiene el personal administrativo de orientar a su personal. En el personal operativo, el porcentaje arrojado fue de un 19% como totalmente de acuerdo, un 61.9% como parcialmente de acuerdo, 14.3% indiferente y un 4.8% como parcialmente en desacuerdo respecto

	a la capacidad que tiene el personal administrativo de brindar consultoría u orientación a sus subordinados.
Motivación	El personal administrativo, se muestra como parcialmente de acuerdo en un 62.5% y en un 37.5% como totalmente de acuerdo referente a establecer estándares de desempeño para su personal. El personal operativo, se muestra como totalmente de acuerdo en un 9.5%, parcialmente de acuerdo en un 66.7% e indiferente en un 23.8% referente a establecer estándares de desempeño para su personal, por parte de los microempresarios.
Manejo de conflictos	El personal administrativo, el 62.5% como totalmente de acuerdo, contra un 37.5% como parcialmente de acuerdo en considerar las expectativas y los estándares que se han violado, para evitar hacer acusaciones personales. personal operativo, fue de un 28.6% como totalmente de acuerdo, 33.3% como parcialmente de acuerdo, 33.3% indiferente contra un 4.8% como parcialmente de acuerdo en considerar las expectativas y los estándares que se han violado, para evitar hacer acusaciones personales por parte del personal administrativo.
Trabajo en equipo	El personal administrativo, el 62.5% se manifiesta como parcialmente de acuerdo y el 37.5% como totalmente de acuerdo respecto a que el personal administrativo considera conocer una amplia variedad de formas para facilitar la realización de actividades en equipo. El personal operativo, es de un 9.5% como totalmente de acuerdo, 57.1% como parcialmente de acuerdo contra un 33.3% como indiferente respecto a que el personal administrativo conoce una amplia variedad de formas para facilitar la realización de actividades en equipo para su personal.
Liderazgo	Los microempresarios se muestran como parcialmente de acuerdo en un 87.5% y en un 12.5% como totalmente de acuerdo referente a transmitir energía positiva a su personal operativo al interactuar con ellos. El personal operativo respecto a los microempresarios se muestra como totalmente de acuerdo en un 19%, parcialmente de acuerdo en un 52.4% e indiferente en un 28.6% referente a transmitir energía positiva a su personal operativo al interactuar con ellos.

De tal forma que la interpretación anterior de los resultados nos permite afirmar de manera holística, que el diseño de competencias propuesto en la investigación, son, por un lado, de la aceptación tanto de directivos como del personal, aunque es de mencionar que éstas están siendo aplicadas de manera empírica en las microempresas objeto de estudio; por otro lado, se hacen necesarias en este proceso de competitividad en el que coexisten y que el cliente decide a que florería comprar sus productos y servicios, de tal forma que las competencias gerenciales son una estrategia de gestión hacia un cambio que tiende a revalorizar al capital humano y colocarlo dentro del contexto de la toma de decisiones compartidas.

De forma concluyente, y como parte del análisis de resultados, se puede afirma que:

- En un 75% como parcialmente de acuerdo en utilizar medios de comunicación efectivos.
- Referente a la competencia motivación como parcialmente de acuerdo en un 62.5% respecto a establecer estándares de desempeño para su personal.
- En consideración a la competencia manejo de conflictos, la conclusión a la que se llegó fue de un 62.5% como totalmente de acuerdo, en considerar las expectativas y los estándares que se han violado, para evitar hacer acusaciones personales.
- Atendiendo a la competencia trabajo en equipo fue de un 62.5% que se manifestaron como parcialmente de acuerdo en conocer una amplia variedad de formas para facilitar la realización de actividades en equipo.
- Y finalmente respecto al liderazgo se observó que un 87.5% se manifestó como parcialmente de acuerdo en saber transmitir energía positiva a sus subordinados al interactuar con ellos.

Trabajo a futuro

La investigación nos da el soporte necesario para, en los siguientes meses, estructurar el modelo idóneo de competencias gerenciales que se requieren en éste tipo de microempresas, según lo demanda el entorno en estudio, y aplicar el modelo a fin de obtener los primeros rasgos de desarrollo del personal orientado al servicio y satisfacción de los requerimientos del cliente.

Conclusiones

Existe una similitud en las microempresas en estudio, relativas a la comercialización de artículos decorativos de plantas de ornato artificiales respecto a las competencias gerenciales, ya que se encontraron dificultades similares en el personal administrativo para implementar las competencias de comunicación, motivación, manejo de conflictos, trabajo en equipo y liderazgo con sus subordinados. Los objetivos planteados en la presente investigación se cumplieron en su totalidad, diseñando competencias gerenciales que se debe desarrollar en el personal administrativo de las microempresas objeto de estudio. Se puede concluir, además que para las organizaciones objeto de estudio, la profesionalización ha sido determinante para su crecimiento, y que mientras mayor es el nivel de profesionalización, mejor es el desempeño de la empresa. Por otro lado, también se probó que dentro de los principales factores que obstaculizan el proceso de profesionalización están: la poca disposición al cambio, la falta de liderazgo, la comunicación deficiente, y la falta de reglas claras, siendo éste último el principal obstáculo de las empresas micro de la región.

Referencias

1. Alles, M. (2013). Desempeño por competencias. México: Granica.
2. Brunet, L. (1987). El Clima de trabajo en las organizaciones. México: Trillas.
3. Chiavenato, I. (2006). Introducción a la teoría general de la administración. México: Mc Graw Hill.
4. Díaz y Mayett (2011). Diagnóstico, gestión y evolución de las empresas familiares en Tehuacán. XVI Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática.
5. Ducci M. (1997). El enfoque de competencia laboral en la perspectiva internacional. Montevideo: Cinterfor/OIT.
6. Hellriegel y Slocum. (2009). Comportamiento organizacional. México: CENGAGE
7. Hernández, Collado y Lucio (2014). Metodología de la Investigación. México. Mc Graw Hill
8. García, M. (2009). Clima organizacional y su diagnóstico: una aproximación conceptual. Cuadernos de administración, 42, 43-61
9. González, P. (2013). El modelo de competencias directivas de liderazgo de Cardona, ¿una propuesta integradora? XVIII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática.
10. INEGI (2014). Concentrado Estadístico de Empresas y microempresas.
11. Münch y Ángeles. (2009). Métodos y técnicas de investigación. México: Trillas
12. Pomar, Rendón y Hernández (2010). La microempresa, reconociendo su importancia. Producción económica, UAM-X, México
13. Robbins, S. (2013). Comportamiento organizacional. México: Pearson.
14. Salazar, Guerrero, Machado y Cañedo (2009). Clima y cultura organizacional: dos componentes esenciales en la productividad laboral. Scielo, 20, 67-75

Comportamiento ambiental de las empresas en la región centro occidente de México

R. González Acolt[1], M. Díaz Flores,[1] B. García Martínez[2], J. Castillo Rodríguez[1], M. A. Roque Regalado[1]*
[1]Departamento de Economía, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Avenida Universidad 940, Colonia Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México
[2]Departamento de Administración, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131, Aguascalientes, Ags., México
**rgonza@correo.uaa.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Mediante un modelo de estimación probit se estudió si las certificaciones ambientales -norma ISO 14001 e Industria Limpia- afectan la innovación en productos, procesos, organización y mercadotecnia que realizan las empresas de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí. Los hallazgos muestran que la probabilidad de innovar de las empresas en las entidades de la región centro aumenta cuando éstas cuentan con certificados de gestión ambiental. En relación con otras variables de control, hay mayor probabilidad de innovar de las empresas de esta región si su capital social es 100 por ciento nacional y si cuenta con una plantilla de más de 100 trabajadores. Además, los aumentos relativos en los ingresos de las unidades económicas se relacionan positiva y significativamente con la innovación.

***Palabras clave:** innovación, certificaciones ambientales, región centro occidente, empresas*

Abstract

Through a probit estimation model, it was studied if environmental certifications - ISO 14001 standard and Clean Industry - affect innovation in products, processes, organization and marketing carried out by companies in the states of Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro and San Luis Potosí. The findings show that the probability of innovating companies in the entities of the central region increases when they have environmental management certificates. In relation to other control variables, companies in this region are more likely to innovate if their social capital is 100 percent national and if they have a workforce of more than 100 workers. In addition, the relative increases in income of economic units are positively and significantly related to innovation.

***Key words:** innovation, environmental certifications, west central region, companies*

Introducción

Una referencia clásica en las concepciones sobre la innovación en las empresas es la del economista Joseph Schumpeter, quién establece que el progreso tecnológico es un proceso de destrucción creativa, este proceso sigue un conjunto de fases, primero es la invención donde las empresas desarrollan un nuevo producto o producto, luego sigue la innovación que se concretiza con la comercialización en el mercado del nuevo invento, y por último la fase de difusión en el cual es plenamente empleado el producto o proceso de innovación por la sociedad (Jaffe, Newell y Stavins, 2003).

Como toda actividad humana el progreso tecnológico implica afectar el medio ambiente y el empleo de los recursos naturales. No obstante, se pretende que tanto las empresas y el gobierno impulsen y favorezcan el uso de tecnologías ambientalmente limpias (Organisation for Economic Co-Operation and Development, OECD, 2011). A partir de esta preocupación se han desarrollado un conjunto de estudios que analizan la relación entre innovación y medio ambiente en el contexto de las empresas.

Por ejemplo, Kesidou y Demirel (2012), con base en una muestra de 1566 unidades productivas del Reino Unido, hallan que la responsabilidad social corporativa y la demanda por parte de los consumidores "verdes" (clientes preocupados por consumir bienes o servicios que se elaboren en condiciones de respeto al medio ambiente) influyen en que las empresas de esa nación innoven de manera que se dañe lo menos posible el medio ambiente.

Para el caso de Alemania, Horbach, Rammer y Rennings (2012) demuestran que las regulaciones gubernamentales presentes y futuras originan que las compañías de ese país disminuyan las emisiones $C0_2$, $S0_2$ y $N0_X$ que generan, asimismo, que abatan la contaminación en el agua. También, estas regulaciones las incentiva a reducir el ruido que producen, evitar el manejo de sustancias peligrosas e incrementar el reciclaje de productos.

Para la industria manufacturera de Estados Unidos, Brunnermeier y Cohen (2003) hallan que la innovación ambiental de estas empresas –medida por el número de patentes ambientales- se relaciona significativa y positivamente con los gastos por abatimiento de la contaminación, sin embargo, las políticas regulativas no tienen el efecto esperado en incentivar este tipo de innovación. Además, los autores encuentran que son las industrias internacionalmente competitivas las que tienen mayor probabilidad de innovar ambientalmente. También, en los Estados Unidos, Chang y Sam (2015) con datos panel de 352 empresas durante el periodo 1991-2000, encontraron que la adopción de medidas voluntarias de prevención de la contaminación en el sector manufacturero influyó económica y estadísticamente en el aumento en el número de patentes ambientales, este hallazgo sugiere, según los autores, de que el corporativismo ambiental puede impulsar la inversión en tecnologías ambientalmente limpias

El objetivo de este trabajo consistió en estudiar si la innovación en procesos, productos, organización y mercadotecnia que realizan las unidades económicas de las entidades federativas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí es afectada por los sistemas de gestión ambiental -la normativa ISO 14001 y el Programa de Industria limpia-.

Metodologia

Se sigue la definición y clasificación de innovación según la OECD (2005, 46), para este organismo la innovación "es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores". Con respecto a los tipos de innovaciones, la OECD (2005, 47) distingue las siguientes clasificaciones:

a) Innovación en producto: conlleva cambios profundos en las características de los bienes y servicios
b) Innovación de proceso: implica cambios significativos en los métodos de producción y distribución
c) Innovación de mercadotecnia: involucra nuevos métodos de comercialización
d) Innovación de organización: Llevar a la práctica

La variable dependiente en este trabajo corresponde a esta definición y clasificación de innovación. Por otra parte, los factores vinculados con el medio ambiente y consideradas como variables independientes son la certificación ISO 14001 y el programa de industria limpia.

Los datos del trabajo provienen de los microdatos del INEGI de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET 2014). Dicha Encuesta se levantó en todo el país y tiene un diseño probabilístico y estratificado, además incluyó los dominios de estudio por rama de actividad económica y por entidad federativa, la muestra recuperada o final fue de 11 921 empresas del sector productivo a nivel nacional, debido a que nuestro estudio se enfocó en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, solo consideramos en nuestra investigación las unidades económicas muestreadas de esas entidades federativas, dando un total

de 1663 unidades productivas. En la tabla 1 se vincula la información extraída de los microdatos del INEGI de la ESIDET 2014 con las variables del modelo econométrico

Tabla 1. Variables, descripción y registro del modelo

Variable dependiente		
Variable	Descripción	Registro de datos
Y_{ik}	Si la empresa realizó al menos un proyecto de innovación en productos o procesos, o si realizó innovación organizacional o innovación en mercadotecnia	= 1, si la unidad económica expresó que llevo al cabo algún o todos los tipos de innovación = 0, en caso contrario
Variables independientes		
X_{i1}	Si el establecimiento contó con el estándar ISO-14001:2004; ISO-14001:2009 o la certificación de Industria limpia	= 1, si el establecimiento respondió tener al menos una de las certificaciones ambientales mencionadas = 0, si respondió no tener ninguna de las tres certificaciones ambientales
X_{i2}	La unidad económica se ubica en el estado de Guanajuato	= 1, si la empresa se localiza en Guanajuato = 0, en caso contrario
X_{i3}	La unidad económica se encuentra en el estado de Querétaro	= 1, si la empresa se halla en Querétaro = 0, en caso contrario
X_{i4}	La unidad económica se sitúa en el estado de San Luis Potosí	= 1, si la empresa se localiza en San Luis Potosí = 0, en caso contrario
X_{i5}	La empresa forma parte de un grupo corporativo	= 1, la empresa es de un grupo corporativo = 0, caso contrario
X_{i6}	El origen del capital social de la empresa (sector privado) es 100 por ciento nacional	= 1, el origen del capital de la empresa es 100 por ciento nacional = 0, en caso de no ser así
X_{i7}	Ingresos de la empresa derivados de la actividad económica	Logaritmo de los ingresos de la actividad económica de la unidad económica
X_{i8}	La unidad económica está clasificada como rama manufacturera (ramas OECD: de la 05 hasta la 41)	= 1, si la empresa pertenece a una rama manufacturera = 0, en caso contrario
X_{i9}	El rango del personal ocupado se encuentra de 1 a 100 empleados	= 1, si la empresa cuenta con personal ocupado que este entre 1 y hasta 100 trabajadores = 0, en caso contrario

La ecuación del modelo empírico que se empleó fue mediante el método probit, la cual se expresa de la manera siguiente:

$$P(y_{ik} = 1) = \phi(\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \beta_4 x_{i4} + \beta_5 x_{i5} + \beta_6 x_{i6} + \beta_7 \log(x_{i7}) + \beta_8 x_{i8} + \beta_9 x_{i9}) \quad (1)$$

Las definiciones de y_{ik}, x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}, x_{i5}, x_{i6}, x_{i7}, x_{i8}, x_{i9}, aparecen en la tabla 1, obsérvese que la variable x_{i7} está en términos de logaritmo natural. Por otro lado, se supuso que función ϕ está en un rango de $0 < \phi < 1$, y sigue una distribución de probabilidad normal (modelo probit). Una de las hipótesis de interés es probar la relación significativa que tiene la adopción de las certificaciones de gestión ambiental sobre la innovación en alguna o todas sus modalidades (producto, proceso, organización, mercadotecnia). Por lo tanto se propuso la hipótesis nula como H_0: $\beta_1 = 0$, mientras que la hipótesis alterna como H_1: $\beta_1 \neq 0$

Resultados y discusión

Los resultados de la estimación econométrica de la ecuación (1) se presentan en la tabla 1. Primero, es menester aclarar porque la interpretación e inferencia estadística de estos resultados lo realizamos solo mediante el signo del coeficiente y su estadístico z. Como se mencionó en el apartado de metodología, en la estimación econométrica se utilizó un método no lineal como es el probit, por lo tanto los coeficientes, de forma directa, no tienen una interpretación de pendiente de la regresión (cambio en el valor esperado de la variable dependiente debido a un cambio en la variable independiente). Para cuantificar los efectos relativos de una variable es necesario tomar en cuenta los valores de las otras variables -generalmente en su valor promedio- y valorar la función con la distribución normal estándar. Entonces por cuestiones de simplificación y dado que no afecta en absoluto la interpretación esencial de los resultados, analizamos el efecto parcial de las variables solo mediante su signo y su significancia estadística.

Tabla 1. Estimación de la ecuación (1)

	Coeficiente	Error estándar
x_{i1}	0.63*	(0.25)
x_{i2}	0.08	(0.26)
x_{i3}	-0.11	(0.29)
x_{i4}	-0.002	(0.28)
x_{i5}	-0.59**	(0.33)
x_{i6}	0.94*	(0.38)
x_{i7}	0.11**	(0.06)
x_{i8}	0.76*	(0.25)
x_{i9}	-0.07	(0.23)
Constante	-4.80*	(0.70)
Observaciones		1663
Pseudo R^2		0.13
Chi cuadrada		54.43

* nivel de significancia al 5 %; **nivel de significancia al 10 %

El papel de las certificaciones juega un papel relevante en la innovación que realizan las unidades económicas de los estados de la región centro occidente, es decir la probabilidad de que una empresa de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí lleven a cabo innovación en producto, proceso, organización o mercadotecnia aumenta si este tipo de unidades productivas cuenta con el estándar ISO-14001:2004; ISO-14001:2009 o la certificación de Industria limpia. Obsérvese que esta relación estadísticamente es significativa, con lo cual se rechaza la hipótesis nula propuesta en el apartado metodológico.

Por otra parte, las unidades económicas de Guanajuato, al compararlas con las de Aguascalientes, tienen una mayor probabilidad de realizar algún tipo de las cuatro innovaciones, aunque esta diferencia estadísticamente no es significativa. Mientras que en las entidades de San Luis Potosí y

Querétaro, las empresas tienen una probabilidad menor de innovar en contraste con las de Aguascalientes, no obstante esta diferencia no es significativa.

Con respecto a las otras variables de control, los resultados señalan que existe una mayor probabilidad de innovar de los establecimientos de la región centro occidente si estos pertenecen a un grupo corporativo y si se ubican en el sector manufacturero, Además, un incremento porcentual de los ingresos provenientes de la actividad económica aumenta la probabilidad de que las empresas innoven. Con respecto al tamaño de la empresa, medido por el número de empleados, para las empresas que tienen rangos de trabajadores entre 1 a 100, la probabilidad de que innoven es menor en comparación con empresas con rangos de empleados mayores a 101.

Llama la atención que pertenecer a un grupo corporativo, aunque significativo al 10%, tenga un efecto negativo. Un resultado muy similar, aunque con otra metodología y contexto diferente, es el que encontró Romo y Hill (2010), quienes emplearon la Encuesta Nacional de Innovación 2001 para estudiar los determinantes de la innovación en las empresas de México, una de sus variables explicativas fue la pertenencia de la empresa a un grupo corporativo como factor que determina la innovación empresarial, en sus resultados esta variable arrojó signo negativo y significativa. Una posible explicación a este hecho contradictorio puede deberse a que los grupos corporativos en México son pocos innovadores o de que la obtención de productos o procesos innovados, por ejemplo, provengan de otras compañías con las cuales colabora.

Trabajo a futuro

Además de las certificaciones ambientales, existen otros factores de carácter medioambiental (el reciclaje o reúso de materias primas, personal exclusivo para atender problemas ambientales, etcétera) que pueden afectar las decisiones de innovación de las empresas de la región centro occidente, por lo tanto, la incorporación de estos factores explicativos debe ser considerada para trabajos a futuro.

Conclusiones

Se analizó la influencia de los estándares de gestión ambiental ISO 14001 y la certificación de industria limpia como factores que inciden en la innovación de las empresas de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí. Los resultados demuestran que esta relación es positiva y significativa, lo que revela la importancia que tiene las acciones y medidas de carácter ambiental que realizan las empresas como factor motivante en el impulso de las innovaciones en procesos, productos, organización y mercadotecnia. Se desprende del trabajo dos posibles aspectos a considerar por las empresas y el sector público. Aquellas unidades económicas que adopten acciones para proteger el medio ambiente o reducir la contaminación que generan, pueden ser más competitivas en el mercado al ser más innovadoras. Por su parte, el gobierno podría motivar la competitividad y la innovación en las industrias, si establece políticas o programas -como la certificación de industria limpia- que promuevan en las empresas conductas favorables hacia el medio ambiente

Bibliografía

1. Brunnermeier, S. and Cohen, M. (2003). Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries. *J. Environ Econ Manag* **(45)** 278-293.
2. Chang, C.H., and Sam, A.G. (2015). Corporate environmentalism and environment innovation. *J. Environ Manage* (153) 84-92
3. Horbach, J., Rammer, C. and Rennings, K. (2012). Determinants of eco-innovations by type of environmental impact. The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. *Ecol Econ*, **(78)**, 112-122.
4. INEGI (s.f.). Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico 2014. Microdatos

5. Jaffe, A.., Newell, R. and Stavins, R. (2003). Technological change and the environment. En K. G. Mäler & J. R. Vincent (eds), *Handbook of Environmental Economics* (pp. 461-516). Elsevier
6. Kesidou, E. and Demirel, P. (2012). On the drivers of eco-innovations: Empirical evidence from the UK. *Res Policy*, **(41)**, 862-870.
7. OECD. (2011). Invention and Transfer of Environmental Technologies. OECD *Studies on Environmental Innovation*, OECD Publishing, Recuperado de http://dx.doi.org/10.1787/9789264115620-en
8. OECD. (2005). Oslo Manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data. OECD Publishing, Recuperado de http://sourceoecd.org/scienceIT/9664013083
9. Romo, D. and Hill, P. (2010). Los determinantes de la innovación tecnológica en la industria manufacturera mexicana. En Bazdresch, C. and Meza, L.(eds), *La tecnología y la innovación como motores del crecimiento de México.* (pp.73-136). Fondo de cultura económica

Análisis de factibilidad de una silla móvil para el cuidado del adulto mayor: Estudio de mercado preliminar.

Ing. C. Saldarriaga Cortes[1], MGA. A. Casique Guerrero[2], Dra. A.A. Alejos Gallardo[3], Dr. J.P. González Farías[4],
Tecnológico Nacional de México en Celaya
carolsaldarriagaing@gmail.com
Área de participación: Ingeniería administrativa.

Resumen
En la presente investigación se exponen los resultados preliminares del estudio de mercado cuyo objetivo es obtener información para conocer la viabilidad de la comercialización de una silla móvil para el cuidado del adulto mayor (AM) con total dependencia y personas con discapacidad (PCD), en el marco de un análisis de factibilidad en las condiciones socioeconómicas de Celaya, Gto (México) y Cali, Valle (Colombia). Se diseño un cuestionario para determinar el nivel de aceptación por parte del personal medico y además se identificaron distintos centro geriatricos como fuente de información y posibles compradores del producto para analizar su capacidad de compra, obteniendo un resultado positivo. Este proyecto esta apoyado en el proceso de análisis de los diferentes estudios de factibilidad propuestos por Baca Urbina [2016] y se pretende identificar el mercado potencial del producto, y llegar a determinar el impacto social, técnico, comercial, económico y ambiental.

Palabras claves: Adulto Mayor Dependiente, Mercado potencial, Factibilidad de un producto.

Abstract:

In the present investigation the preliminary results of the market study are exposed whose objective is to obtain information to know the viability of the commercialization of a mobile chair for the care of the elderly (AM) with total dependence and people with disabilities (PCD), in the framework of a feasibility analysis in the socioeconomic conditions of Celaya, Gto (Mexico) and Cali, Valle (Colombia). A questionnaire was designed to determine the level of acceptance by the medical staff and in addition different geriatric centers were identified as a source of information and possible buyers of the product to analyze their purchasing capacity, obtaining a positive result. This project is supported by the process of analyzing the different feasibility studies proposed by Baca Urbina [2016] and aims to identify the potential market of the product, and to determine the social, technical, commercial, economic and environmental impact.

Keywords: Dependent Senior Adult, Market study, Feasibility of a product.

Introducción

La silla móvil para el cuidado del adulto mayor fue desarrollada por la autora como tesis para obtener el grado de Ingeniera biomédica en el 2017, en la ciudad de Jamundí Valle del cauca, Colombia, estudiando la condición de vida de los adultos mayores en situación de abandono, los cuales son parte de la fundación el Cottolengo del padre Ocampo. Allí se logró conocer las necesidades que requiere este segmento de la población, para poder diseñar y desarrollar este producto. En el 2018 se retoma el proyecto con la intención de llegar a definir un modelo de negocio.
El objetivo de esta investigación es verificar la posibilidad real de introducir el producto en un mercado determinado [Baca, 2016], la demanda potencial y el nivel de aceptación por parte de los expertos en salud siendo los resultados que se presentarán en este artículo, obtenidos por medio de un instrumento tipo

[1] Carol Saldarriaga Cortes, ingeniera biomédica de la Universidad Autónoma de Occidente Cali –Colombia, estudiante de la Maestría en Gestión Administrativa del Tecnológico Nacional de México en Celaya. carolsaldarriagaing@gmail.com

[2] La Maestra Alicia Casique Guerrera es profesor de Capital humano en el Tecnológico Nacional de México en Celaya. alicia.casique@itcelaya.edu.mx.

[3] La Doctora Alicia Alma Alejos Gallardo es profesora de Administración en el Tecnológico Nacional de México en Celaya. alma.alejos@itcelaya.edu.mx

[4] El Doctor José Porfirio González Farías Coordinador de la maestría en Gestión Administrativa en el Tecnológico Nacional de México en Celaya.

encuesta, que se aplicó inicialmente al personal médico del ISSSTE y personas cuidadoras (directivos de centros geriátricos, gerontólogos, geriatras, médicos, enfermeras, cuidadores primarios) del adulto mayor de la ciudad de Celaya, Gto, continuando con el personal médico de distintas instituciones en Cali (Centro geriátrico San Miguel, Fundación el Cottolengo, Universidad Escuela del deporte, Universidad Santiago de Cali) y a 10 centros geriátricos de la ciudad, lugares que podrían directamente adquirir la silla.

Este dispositivo permite ajustar su altura al nivel de la superficie que desea transportarse, facilitando al cuidador el proceso de traslado, donde el movimiento es completamente horizontal y no vertical. Permite acostar totalmente a la persona con su sistema de recline de 90° a 180° grados. Así como también cuenta con un diseño ergonómico de fácil manejo, mejorando los procedimientos de rutina ya establecidos en los diferentes centros de atención del adulto mayor. Así como proporcionando mayor agilidad y disminución del tiempo requerido para llevar a cabo las actividades de cuidado, a las cuales se les puede agregar nuevos programas de movilización y rehabilitación obteniendo como ganancia una mejor calidad de vida [Saldarriaga,2017].

La demanda insatisfecha de sillas o productos para el cuidado del adulto mayor fue el motor de esta investigación, los productos existentes no satisfacen las necesidades y no sea adaptan al usuario causando insatisfacción, sub-uso de los productos y al final daños en la salud en las personas que interactúa con ellos para su cuidado.

De acuerdo con la información de la Encuesta Intercensal de 2015, que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México cuenta con 12.4 millones de personas de 60 y más años, lo cual representa el 10.4% de la población total. De acuerdo con las proyecciones de la población, realizadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), en 2030 aumentará a 14.8%, lo que se traduce en un monto de 20.4 millones de personas adultas mayores. La mayor parte de la población adulta mayor mexicana, en específico el 88.1 por ciento, forma parte de un hogar familiar, el resto, 11.1 por ciento forman hogares uni-parentales, los cuales enfrentan retos y limitaciones frente al deterioro inminente de la edad, resultando necesario la generación de redes sociales de apoyo y dispositivos de vanguardia para mejorar y cambiar la calidad de vida [INAPAM,2016].

Se estima que, de los 31.5 millones de hogares del país, en 6.1 millones vive al menos una persona con discapacidad (19 de cada 100). En 78% de ellos hay una persona con discapacidad, 47% son personas adultas mayores (60 años y más) [INEGI,2016)]. Lo cual demuestra que, efectivamente, hay un mercado bastante amplio. Por otro lado, el porcentaje de la población con limitación en la actividad por grupo de edad alcanza el 39%, siendo este el mayor, en el rango de edad de 60 a 84 años [INEGI, 2012].

En Colombia el panorama no es muy diferente, el país se está envejeciendo y según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) la población mayor de 60 años**,** pasó de 9 % hace 13 años a 13, 4 %**,** es decir un incremento cercano al 50% (Montoña,2019). Según el último reporte de prensa del Censo Nacional del 2018, se determinó que de las 48,258.494 personas censadas, 4´391.522 son personas mayores de 65 años y más, es decir el 9,1% de la población [DANE,2019].

Métodos

Se inició investigando el estado del arte, para continuar con el diseño y la importancia de su funcionalidad, tomando en cuenta a los profesionales de la salud y a los cuidadores de adultos mayores dependientes, lo que permitió desarrollar el prototipo, para llegar a verificar la posibilidad real de introducir este producto en el mercado, con base a su viabilidad. [Kotler & Armtrong,2008]

La naturaleza y uso de este producto dirige los estudios de mercado hacia la identificación de la ubicación de los compradores potenciales llámese nicho del mercado. Para determinar la demanda es necesario medir las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado respecto a un bien o servicio. Como son el precio y el nivel de ingreso de la población [Bacca, 2016], Lo que permitirá comprobar la factibilidad de su comercialización.

Se realizaron entrevistas personales utilizando el cuestionario para la obtención de datos para su análisis, este método proporciona más información que ningún otro, se puedo combinar con la observación y se

 ISSN 2007-8102

puedo utilizar material gráfico (ilustraciones) y prototipo a escala (ver figura 1) que permitieron al entrevistado captar mejor las ideas sobre el producto. [Fischer L.,2016].



Figura 1. Modelo a escala de la silla móvil.

El procedimiento para determinar la aplicación del instrumento consistió inicialmente en el diseño del cuestionario de manera muy específica para obtener información acerca de las características de la silla y la aceptación que tendría, al tener un segmento de mercado tan específico, el cual abarca profesionales de la salud, centros geriátricos, familias de pacientes que requieran apoyo para realizar procesos de traslado y movilización tanto AM como PCD, se buscó el espacio en entidades de salud y es así que inicialmente se aplicó el instrumento a personal médico del Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado, ISSSTE en Celaya Gto., una plática en sesión general el día 22 de junio de 2018 con el tema “El adulto mayor a través de la ingeniería biomédica”; adicionalmente en el “I Simposio de Gerontología y Geriatría en el ISSSTE”, el 18 de octubre de 2018. Durante este evento, se expuso el proyecto en un evento internacional con la ponencia “El adulto mayor a través de la Ingeniería Biomédica”; Así mismo se realizó la visita al centro geriátrico SINANKAY, el 26 de septiembre de 2018, con el propósito de conocer las instalaciones del centro y a la Directora Rosa Carvajal García Geriatra y Gerontóloga, exponiéndolo con apoyo del prototipo. De igual forma, se realizó la misma actividad con personal médico de diferentes instituciónes en Cali que están a cargo de PCD Y AM dependientes y se realizaron 10 visitas a diferentes centros geriátricos privados para evaluar la capacidad de comprar y de aceptación del producto.

Resultados y Discusión.

Se presentan a través de gráficos los resultados del instrumento aplicado donde se obtuvo las características de aceptación de la silla de un total de 75 profesionales de la salud en México y 69 en Colombia. En la figura 2 se observa en porcentaje la profesión de la población encuestada. Donde el mayor porcentaje fue de enfermería.

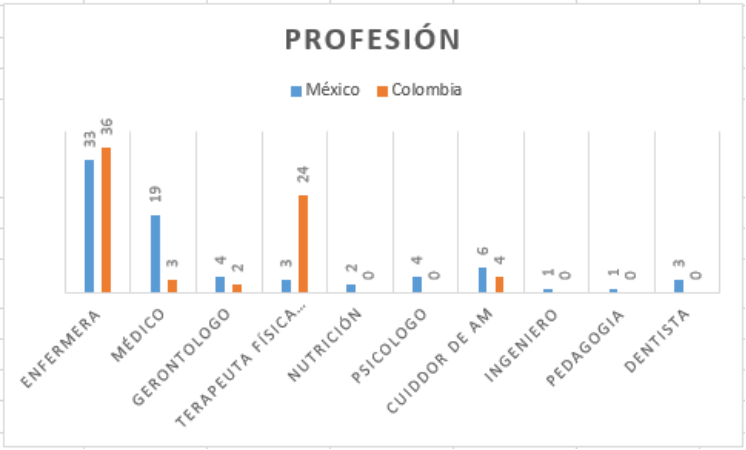


Figura 2. ¿Cuál es su especialidad?

El instrumento arrojó las características fundamentales que el producto proporcionará al usurario final, donde el personal encuestado determinó que el producto debe evitar la generación de ampollas y llagas brindar comodidad y ser seguro al momento de utilizarlo (ver figura 3).

 ISSN 2007-8102

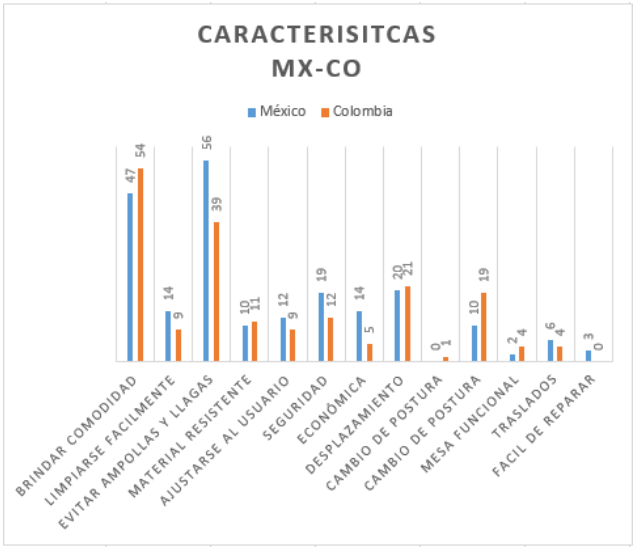


Figura 3. Seleccione las tres caracterisitcas más importantes que deberia cumplir la silla.

Determinación de la demanda

Segmentando la población de estudio, este producto está dirigido no solo a personas mayores dependientes y que estén al cuidado de otras personas o instituciones, sino también a otras de diferentes edades que tengan una movilidad nula y requieran un dispositivo de apoyo para que sean trasladas a otros espacios y faciliten los procesos de atención como la alimentación, aseo y cambios posturales, esto debido al resultado del Instrumento donde aproximadamente el 53% de las personas encuestadas identifican diferentes usuarios aparte del AM y las condiciones de salud como paraplejias, escuelas de un EUC, parálisis cerebral, esclerosis múltiple, entre otras, ver figura 4.

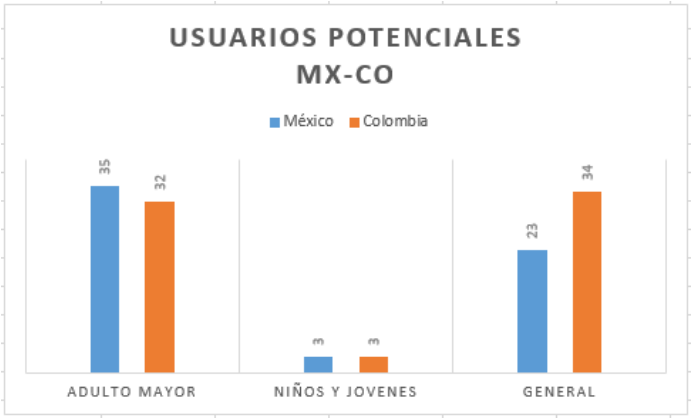


Figura 4. ¿Qué tipo de persona y en qué condiciones de salud podrán ser usuarios potenciales?

Se observa que la población encuestada no conoce un producto similar al expuesto, obteniendo respuestas equivalentes en los diferentes grupos (ver figura 5).

 ISSN 2007-8102

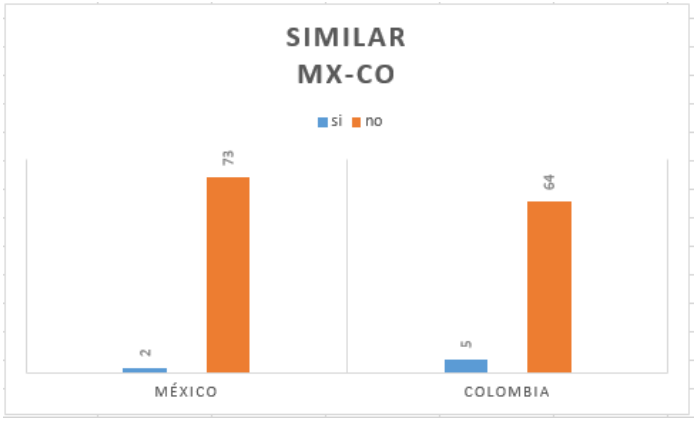


Figura 5. ¿Conoce el diseño de una silla similar al expuesto?

De igual forma se obtuvo una respuesta positiva frente a qué tan útil podria ser este producto ya que el 84% lo consideraron muy útil, un 13% la consideran útil y 3% una utilidad regular (ver figura 6.). En la escala tipo Liker 1 era poco útil y 5 era muy útil.

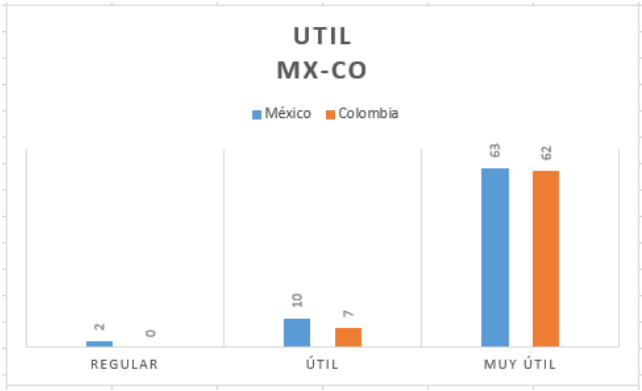


Figura 6. Donde 1 es poco útil y 5 es muy útil, ¿Qué tan útil considera esta silla?

En la figura 7, se muestra que el 63% de la población encuestada conoce a alguien que necesitaría este producto para dar un mejor cuidado a un adulto mayor dependiente, equivalente a 47 personas en México y 45 en Colombia, lo cual es un dato de la demanda inmediata que tendría el producto, considerando la respuesta de cada encuestado como representación de un adulto mayor o de un cuidador (usuarios o clientes potenciales).

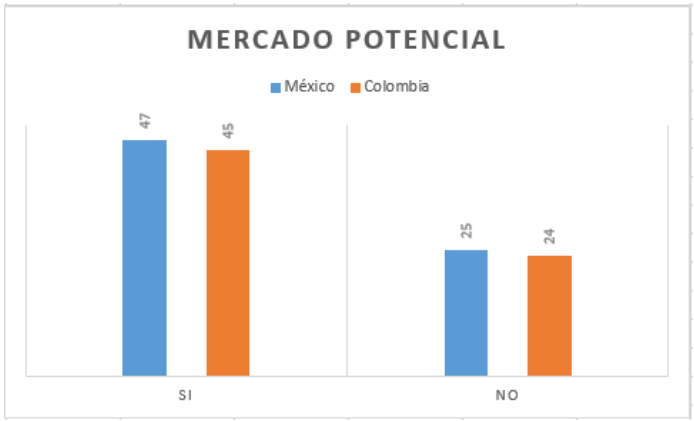


Figura 7. ¿Conoce alguna persona que podría ser usuaria de este producto?

 ISSN 2007-8102

A los encuestados se les preguntó ¿cuál sería el valor promedio por el cuál adquirirían la silla móvil? el cual respondieron en un 58% que pagarían entre $6.000 y $8.000 y el resto estuvieron oscilando como se observa en la figura 8, entre $10.000 y $12.000 pesos Mxn.

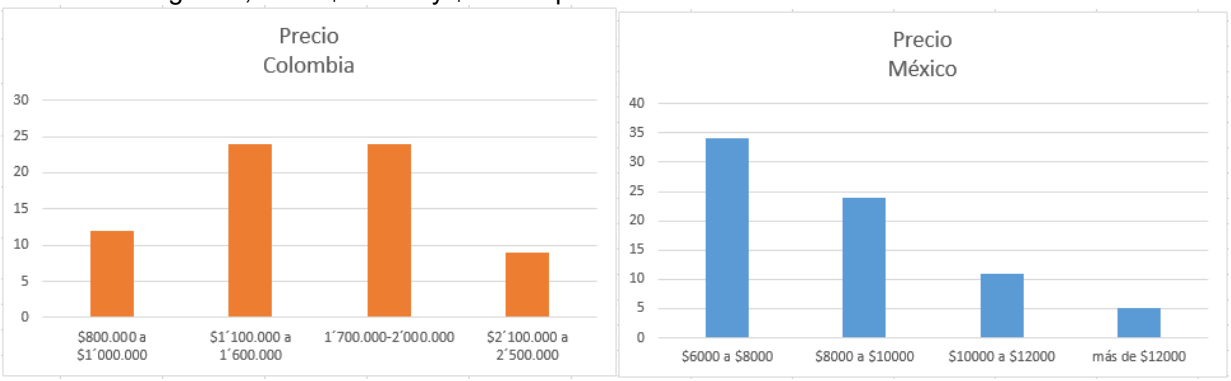


Figura 8. ¿Cuál sería el valor promedio por el cual adquirirían la silla móvil?

Resultados de las entrevistas en centros geriátricos en Cali.

Se identificaron 10 centros geriátricos de la ciudad con un perfil de alto nivel económico ligado su ubicación y estrato y de carácter privado, para la realizar entrevistas con sus directores, identificando su capacidad de atención y albergue, cuantos adultos mayores con la condición de dependencia total y su interés de compra del producto (ver tabla 1).

Tabla 1. Resultados de las entrevistas en centros geriátricos en Cali.

Nombre del hogar o Directora	Cantidad de pacientes	Cantidad de pacientes dependientes	1. Caracterisiticas de la silla	2. Caracterisiticas de la silla	3. Caracterisiticas de la silla
Gerontoluz	8	4	Evitar ampollas	Fácil limpieza	Económica
Casa hogar para la tercera edad	15	7	Brindar seguridad	Evitar ampollas	Mesa funcional
Las Camelias	6	2	Seguridad	Ajustarse al usuario	Económica
Hogar geriatrico el paraiso	12	6	Evitar ampollas	Ajusterse al usuario	Cambio de postura
Hogar experiencias maravillosas	25	10	Seguridad	Fácil de reparar	Mesa funcional
Abuelitos hogar geriartrico	15	5	Brindar seguridad	Evitar ampollas	Traslados
Hogar Geriatrico Bambita's House Cali II	10	3	Mesa funcional	Brindar seguridad	Traslados
HOGAR GERIATRICO ANITA	18	6	Traslados	Ajustarse al usuario	Cambio de postura
Hogar Geriátrico San Roque	20	7	Traslados	Mesa funcional	Cambio de postura
Hogar de Amor para el Adulto Mayor	10	1	Evitar ampollas	Fácil limpieza	Económica

Utilidad 1 a 5	Similar (si/no)	Cuanto pagaria por una silla movil	Cuanto pagaria mensual por rentar una silla movil	Capacidad de Compra
4	no	$1´500.000	$ 120.000	Alta
5	no	$1´800.000	$ 150.000	Alta
5	no	$2´000.000	$ 100.000	Baja
5	no	$1´600.000	$ 150.000	Alta
4	no	$2´000.000	$ 200.000	Nula
5	no	$1´500.000	$ 100.000	Baja
4	no	$2´000.000	$ 250.000	Nula
5	no	$2´000.000	$ 200.000	Alta
5	no	$1´600.000	$ 150.000	Baja
4	no	$1´800.000	$ 220.000	Alta

 ISSN 2007-8102

Es evidente la aceptación del producto por parte de los diez hogares geriátricos visitados, todos con una población de adultos mayores diferentes, estos hogares geriátricos están entre los centros de alto nivel social en la ciudad. En total la demanda de estos centros es de 51 sillas pero no todos tienen la capacidad de compra, como se muestra en la tabla algunos tienen capacidad alta que lo refieren con intención de equipar sus centros con la silla, lo de capacidad baja refiere a que tienen la intención y podrían equipar de a poco a poco sus instalaciones hasta llegar a proporcionar el servicio a todos sus AM dependientes, y la capacidad Nula, refiere a que no cuentan con la capacidad financiera y lo cual sería ofrecer a las familias de sus pacientes el producto y que la decisión de compra estuviera bajo sus decisión. Precio promedio por el cual adquirirían el producto es de $ 1´780.000 Pesos Colombianos, o para la opción de alquiler su presupuesto mensual promedio es de $ 164.000 pesos colombianos.
Estos hogares determinaron que las características principales que debe garantizar la silla son: Brindar seguridad, Evitar ampollas y escaras y la posibilidad de ajustarse al usuario, de igual forma las personas entrevistadas aseguran la importancia de poder adaptarle la mesa para la alimentación ya que consideran bastante trabajoso esta actividad básica de la vida diaria.

Oferta existente de productos similares.
Luego de una revisión sobre la existencia de estos dispositivos se destacan como sustitutos de la silla las sillas neurológicas, reclinables, con ayudas sanitarias, para tratamiento de hemodiálisis y bariáticas, las camas hospitalarias manuales o eléctricas, Grúas de traslado, otras. Aunque estas referencias no tienen las características específicas que mejorar las condiciones y el manejo de adultos mayores con fragilidad extrema y con mínima actividad funcional. En la tabla 2, se puede ver el rango de precios aproximados de estos artículos, tanto de México como de Colombia.

Tabla 2. Precios de la oferta existente de productos sustitutos de la silla.

PRECIOS Aprox. PRODUCTOS SIMILARES.				
	MÉXICO	COLOMBIA	Ventajas	Desventajas
SILLAS DE RUEDAS				
BASICAS	$1,854 - $2,260	$309.800 - 698.500	Fáciles de adquirir, Económicas, Universales.	No cuenta con sistema de ajustes de talla, no tiene sistema de recline, ni facilita el traslado a otras superficies.
NEUROLOGICAS	$7,619 - $9,350	$1'320000 - $1'650.000		
TRASLADO	$2,260 - $3,295			
ACOLCHADAS	$3,878 - $4,254			
CAMAS				
ELECTRICAS	$14,940 - $20,787	$2´100.000 - $2'700.000	Comodidad para el paciente, seguridad y fácil manejo	Poco práctica, no se puede desplazar a otros lugares de forma sencilla.
MANUALES	$10,588 - $12,670	$890.000 - $ 1´700.000		
GRUAS DE TRASLADO				
ELECTRICAS	$25,000 - $36,000	$5´528.000 - $8´000.000	Se adapta para realizar traslados, soportan grandes toneladas	
MANUALES	$14.000 - $20.000	$2,200.000 - $3´000.00		Solo tiene la función del traslado, difíciles de instalar y de operar, además son costosas.
*Páginas referentes:	http://www.medicalstoremexico.com.mx,www.medicare.com.mx,www.allbiz.com,http://www.impormedical.com.co , Mercado libre México y Mercado libre Colombia.			
PRECIO DE VENTA DE LA SILLA MOVIL PARA AM	Pendiente de desarrollar los estudios técnicos y financieros	$2´700.000	*Precio obtenido del desarrollo del estudio técnico y financiero bajo el contexto socio económico de Cali, Colombia	

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo futuro

Como parte del trabajo futuro se pretende visitar centros geriátricos y tiendas donde se vendan productos similares en la ciudad de Celaya y alrededores, para ofrecer el producto como una solución a los problemas de salud que presenta el personal médico que cuida a los adultos mayores y continuar con los estudios técnicos y financieros, y así determinar la viabilidad administrativa, técnica y financiera para llegar a

desarrollar una propuesta de un plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la fabricación de sillas móviles para el cuidado del adulto mayor o de personas con discapacidad para moverse, captando posibles inversionista para el proyecto.

Conclusiones

El desarrollo precisa de tiempo y de plan de acción para la recolección de datos y presenta continuos cambios y evoluciona en cada paso hace parte una investigación más amplia dentro de un análisis de factibilidad complementándose con el estudio técnico y financiero, este proyecto cuenta con un panorama doble ya que se evalúan las condiciones sociales y económicas de dos ciudades diferentes, donde se espera definir en cuál de las dos se podrán desarrollar el modelo de negocio beneficiará a una población denominada vulnerable como lo son los adultos mayores con un grado de dependencia total para realizar actividades de la vida diaria relacionada con el desplazamiento y traslados.

Se observa en la población encuestada un alto interés en que se desarrolle de forma satisfactoria este proyecto, con un total de 144 personas encuestadas 75 en México y 69 en Colombia con un perfil profesional de la salud, cuidadores del adulto mayor y familiares encuentran de gran beneficio para la población de adultos mayores, tener un producto pensado, diseñado y acondicionado para las necesidades que presentan en su diario vivir.

El proceso de comercialización de la silla, según la información arrojada por el estudio es factible, ademas de que se podrá complementar el estudio no solo para la venta del dispositivo sino tambien la opción de renta, como estrategia para maximizar la posiblidades de uso del producto ya que según las intenciones de compra por parte de los hogares es alta pero el precio del prototipo es mayor al precio que estarian dispuesto a pagar, aunque cabe aclarar que la producción en serie reduciría hasta en un 40% los costos de producción y asi mismo el precio.

Este proyecto contribuye a generar conciencia de cómo siempre se podrá contar con artículos que disminuyan la vulnerabilidad de esta población, también crear oportunidades para el sector de manufactura y de servicios que beneficiarían con creación de nuevos empleos.

Referencias

1. Baca Urbina, G. (2016). Evaluación de proyectos Edición 6, México: Mc Graw Hill.
2. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2019). Comunicado de prensa: Censo nacional de población y vivienda, 2018. Recuperado de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018.
3. Fischer, L. (2016). Introducción a la investigación de mercados. Edición 4, México: Mc Graw Hill.
4. INAPAM (2016). Estadísticas sobre adultos mayores en México. Recuperado de https://www.gob.mx/inapam/galerias/estadisticas-sobre-adultos-mayores-en-mexico.
5. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], (2016). La discapacidad en México, datos al 2014. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_
6. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], (2012). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares.
7. Karl Ulrich, S. E. (2004). *Diseño y desarrollo de productos.* México: McGraw-Hill.
8. Kotler, P. and Armstrong, G. (2008). Fundamentos de Marketing.Edición 8, México: Pearson Prentice hall.
9. Medicare (2016). Silla de hemodiálisis. Recuperado de www.medicare.com.mx.
10. Montoña Sánchez, Y. (2019). La población mayor de 60 años incremento un 50%. CARACOL radio. Disponible en: https://caracol.com.co/radio/2019/05/02/nacional/1556822724_828109.html.
11. Morales, A. C.; & Morales, J. A. (2009). Proyectos de inversión, evaluación y formulación. México: Mc Graw Hill.
12. Ortopediamimas. (2016). Sillón geriátrico Alesia. Recuperado de https://www.ortopediamimas.com/camas-y-mobiliario/sillones-con-ruedas/4453-sillon-geriatrico-alesia.html serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825090203.pdf.
13. Saldarriaga, C. (2017). Diseño de silla móvil para adulto mayor con dificultad grave y/o completa en traslados y movilizaciones de la fundación el Cottolengo del padre Ocampo. Tesis de licenciatura. Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia.

Relación entre el desarrollo profesional e intención de permanencia en una industria de Guanajuato

L. Palacios Morgado[1], J. P. González Farías[2], E. Guzmán Soria[3], M. T. de la Garza Carranza[4]*
[1]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Celaya, Campus II, Av. Antonio García Cubas 1200, Col. Alfredo Vázquez Bonfil, C.P. 38010, Celaya, Gto., México.
**lucero.palacios.m@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Durante la realización de la presente investigación, se buscó determinar si existe relación entre las variables de desarrollo profesional e intención de permanencia, en una industria de la ciudad de Celaya, Guanajuato, México. Para ello, se realizó un instrumento que permite conocer la percepción de los trabajadores acerca de si la planeación de su carrera es una herramienta que influye en su intención de permanecer en dicha industria.

Los resultados mostraron que el 89.8% de los colaboradores de la muestra, está dispuesto a seguir un plan de carrera para acceder a un mejor puesto. Así como el hecho de que la mayoría prefiere en primer lugar obtener un mejor sueldo y, en segundo lugar, tener oportunidades de desarrollo. Además, en áreas como la de mantenimiento y producción, los colaboradores valoran más poder fortalecer sus habilidades para el siguiente paso en su carrera, por medio de un plan.

***Palabras clave**: Desarrollo Profesional, Intención de Permanencia, Plan de Carrera.*

Abstract

During this research, we sought to determine if there is a relationship between the variables of professional development and intention to stay in an industry in the city of Celaya, Guanajuato, Mexico. For this, an instrument was made that allows to know the perception of the workers about whether the planning of their career is a tool that influences their intention to remain in said industry.

The results showed that 89.8% of the employees in the sample are willing to follow a career plan to access a better position. As well as the fact that the majority prefers first to obtain a better salary and, secondly, to have development opportunities. In addition, in areas such as maintenance and production, employees value more to strengthen their skills for the next step in their career, through a plan.

***Key words**: (Professional Development, Intention to Stay, Career Plan).*

Introducción

Las personas son el recurso más importante para cualquier empresa, independientemente de su giro, ya que sin ellas no podrían funcionar, por ello es importante que se preocupen en desarrollarlas. De acuerdo con diversos estudios realizados por distintos autores a nivel internacional, una de las razones por las que los trabajadores no permanecen en las mismas, es el hecho de no contar con un plan de desarrollo que les permita visualizar el camino que deben seguir para cumplir los objetivos propios y los de la organización. Así, en una encuesta de Manpower Group, el número de empleadores que desarrollan a sus empleados para cubrir puestos vacantes se ha duplicado a más de la mitad en los últimos años.

Branham (2012), coincide en que una de las tres principales razones por la que los empleados deciden quedarse o irse de una empresa, es el crecimiento o avance profesional. Los trabajadores destacados buscan empleo en organizaciones que se esfuerzan en ayudarlos a aprender, crecer y avanzar internamente.

 ISSN 2007-8102

Específicamente en México, según un estudio realizado por Manpower Group en 2018, el 71% de los empleadores está proporcionando formación y desarrollo adicionales para superar la escasez de talento y cubrir los puestos de trabajo, que de acuerdo con Banxico (2017), las oportunidades de crecimiento son un factor relevante para los trabajadores de la Generación X. Es por ello que poco menos de la mitad de las empresas de la zona centro del país, brindan mayores oportunidades de desarrollo a los trabajadores millenials, como principal medida para reducir la rotación de personal.

Mondy y Mondy (2010) mencionan que el componente estratégico más importante es la calidad de la fuerza de trabajo de una compañía y que para mantener una ventaja competitiva estratégica, su fuerza de trabajo debe desarrollarse continuamente.

De acuerdo con Chiavenato (2009), el desarrollo está más enfocado hacia el crecimiento personal del empleado y se orienta hacia la carrera futura, no se fija sólo en el puesto actual. Gómez et al. (2016), mencionan que el desarrollo es un esfuerzo que consiste en ofrecer a los trabajadores las habilidades que la organización necesitará en el futuro. Así, Mondy y Mondy (2010), coinciden en que el desarrollo implica un aprendizaje que va más allá del trabajo actual y tiene un enfoque a largo plazo. Alles (2009) destaca también que el desarrollo de las personas tiene vinculación estrecha con el desarrollo de sus carreras y que éste está compuesto por experiencias, no necesariamente relacionadas con el puesto actual, que brindan oportunidades para el desarrollo y el crecimiento profesional.

De la misma manera, Cantú (2006), destaca que el desarrollo profesional se refiere al proceso por el cual dirección y empleados identifican sus objetivos a largo plazo y desarrollan los planes correspondientes para cumplirlos. De acuerdo con Chiavenato (2009), ahora las organizaciones exigen que todas las personas cuenten con nuevas habilidades, conocimientos y competencias, debido a que el desarrollo involucra a todos los trabajadores, no solo a los altos mandos.

Cabe destacar que de acuerdo con Mondy y Mondy (2010), algunos beneficios de la formación y el desarrollo son la satisfacción de los empleados, el mejoramiento de la moral, una tasa de retención más alta, una tasa de rotación más baja, una mejora en las contrataciones, el aumento en las utilidades y un aspecto que se considera de suma importancia, que es el hecho de que los empleados satisfechos producen clientes satisfechos.

Entonces, “una de las cosas que las personas esperan de la organización es la oportunidad de crecimiento, educación y carrera” (Chiavenato, 2011). De acuerdo con Nieves (2010), el concepto de planificación de carrera dentro de una empresa es una práctica que motiva al personal a permanecer en ella, ya que se muestra la política de promociones como una realidad que le permitirá al individuo recorrer un camino desde el puesto actual hacia otros de mayor categoría y de mayor responsabilidad.

Según Alles (2009), un plan de carrera, implica el diseño de un esquema teórico sobre cuál sería la carrera dentro de un área determinada para una persona que ingresa a ella, usualmente desde la posición inicial. Para ello se definen los requisitos para ir pasando de un nivel a otro, instancias que conformarán los pasos a seguir por todos los participantes del programa.

Por otro lado, definiendo el constructo intención de permanencia, según el autor Arias (2001), es el hecho de continuar manteniendo los nexos con la organización. Meyer (1993, citado en Littlewood, 2005), lo define como la voluntad concebida y consciente por seguir en la organización. Para Dolan (2012), es la intención del empleado de permanecer en la organización durante un plazo de tiempo. Además, menciona que la intención de permanencia depende de la satisfacción laboral y la identificación organizativa. Littlewood et al. (2006), concuerdan en que la actitud que tiene la relación más estrecha con la intención de permanencia es la satisfacción en el trabajo.

Los estudios de Kopelman, Rovenpor y Millsap, 1992 y Vandenberg, Self, y Seo, 1994 (citados en Littlewood, 2006), han demostrado empíricamente que la variable que mejor predice la rotación es la intención de permanencia.

De esta forma, la investigación se aplicó en una industria ubicada en Celaya, Guanajuato, México; la cual se preocupa por brindar productos de calidad, lo que la ha logrado convertirse en la proveedora más grande de

México en su giro. Sin embargo, la empresa no cuenta con un plan de carrera definido para sus empleados, que en su mayoría son personas jóvenes que necesitan visualizar rutas que les permitan alcanzar su visión de futuro y puedan consolidarse dentro de la empresa.

Por lo tanto, antes de realizar un plan de carrera, se aplicó un instrumento diagnóstico para medir la correlación entre las variables de intención de permanencia y desarrollo profesional, para comprobar si el plan de carrera es factible para los empleados y las metas de la empresa. Así, el objetivo fue identificar si el desarrollo profesional influye en la intención de permanencia de los colaboradores.

Metodología

Tipo de estudio

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), el estudio de caso será de tipo cuantitativo porque se utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

Inicialmente, el alcance de la investigación fue exploratorio, posteriormente descriptivo al detallar la información recogida sobre las variables. Además, fue correlacional porque se buscó conocer el grado de asociación entre las variables de desarrollo profesional e intención de permanencia. El diseño es no experimental, porque las variables no se manipularon; de corte transversal porque los datos se recolectaron en un solo momento.

Variables

La variable independiente es el desarrollo profesional, que según Chiavenato (2009), se orienta hacia la carrera futura, está compuesto por experiencias, no necesariamente relacionadas con el puesto actual, que brindan oportunidades para el desarrollo y el crecimiento profesional. Por otro lado, la variable dependiente es la intención de permanencia, definida por Tett y Meyer (1993, citado en Littlewood, 2006), como la voluntad concebida y consciente por seguir en la organización.

Instrumento

El instrumento aplicado fue un cuestionario, por medio del cual se recopiló información con respecto a la variable de desarrollo profesional, tomando en cuenta las oportunidades de desarrollo profesional que los colaboradores consideran que tienen, identificando en primer lugar el contexto, su alineación con la filosofía de la empresa, el nivel de desempeño y capacitaciones, así como sus capacidades; por otro lado, para la variable de intención de permanencia, también se midió la satisfacción.

Para la realización del instrumento, se tomaron en cuenta ítems de otras investigaciones relacionadas; es por ello que se realizó una consulta con un panel de siete expertos que permitiera validar el instrumento por medio del modelo de Lawshe, que ajustando la redacción y eliminando los ítems que no cumplieran con el índice aceptable, que según Tristán (2008), es de al menos 0.71, se obtuvo el instrumento final con un índice de validez de contenido de 0.88.

De esta forma, el cuestionario, quedó conformado por dos instrumentos, midiendo por una parte el desarrollo profesional y por otra, la intención de permanencia de los colaboradores. Contiene preguntas de tipo nominal, ordinal y de escala tipo Likert de uno a cinco.

Validación del instrumento

Se verificó la confiabilidad del instrumento por medio del alfa de Cronbach, el cual fue de 0.928 para todo el instrumento. En cambio, para la variable de desarrollo profesional el alfa fue de 0.893 y para la variable de intención de permanencia fue de 0.858. Resultando de esta forma una buena confiabilidad, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), ya que es un valor mayor de 0.80.

Diseño muestral

La población de la investigación fueron los 69 colaboradores de la industria mencionada, ubicada en Celaya, Guanajuato, México. El tipo de muestreo que se utilizó fue probabilístico aleatorio simple, utilizando un nivel de

 ISSN 2007-8102

confianza del 95% y un margen de error de 5%, por lo que la muestra calculada fue de 58 colaboradores. Sin embargo, se aplicó a 59 colaboradores. Cabe mencionar que el software utilizado para los procedimientos estadísticos fueron Excel 2016 e IBM SPSS Statistics versión 25.

Resultados y discusión

Análisis descriptivo

La tabla 1, presentada a continuación, incluye las características sociodemográficas de la muestra, de acuerdo a las establecidas en el instrumento.

Tabla 1. Características sociodemográficas de la población.

		Porcentaje
Áreas	Mantenimiento	13.6
	Calidad	13.6
	Administrativo	18.6
	Producción	37.3
	Proyectos	16.9
Nivel del puesto	Operativo	79.7
	Mando medio	16.9
	Alta dirección	3.4
Sexo	Femenino	22.0
	Masculino	78.0
Edad	Generación Z (Menor a 26 años)	35.6
	Generación Y (De 26 - 38 años)	37.3
	Generación X (De 39 - 50 años)	20.3
	Generación baby boom (De 51 a más años)	6.8
Estado civil	Soltero	39.0
	Casado	40.7
	Unión libre	16.9
	Otro	3.4
Tiene hijos	Sí	67.8
	No	32.2
Escolaridad	Primaria	8.5
	Secundaria	28.8
	Preparatoria	15.3
	Carrera técnica	8.5
	Licenciatura	39.0
Experiencia laboral	Menos de 1 año	15.3
	1 a 5 años	54.2
	6 a 10 años	18.6

 ISSN 2007-8102

	11 a 15 años	5.1
	16 años o más	6.8
Tipo de contrato	Fijo	98.3
	Practicante	1.7
Tiempo trabajando en la empresa	Menos de 1 año	15.3
	De 1 a 4 años	59.3
	De 5 a 8 años	10.2
	De 9 a 12 años	15.3
Tiempo laborando en su puesto actual	Menos de 1 año	25.4
	De 1 a 3 años	61.0
	De 4 a 6 años	5.1
	De 7 a 9 años	5.1
	De 10 a 12 años	3.4
Cargos ocupados en la empresa	Uno	61.0
	Dos	27.1
	Tres	6.8
	Cuatro	5.1

En la figura 1 se observan las respuestas de los colaboradores en cuanto a la manera como verían reflejado su desarrollo profesional, de acuerdo al nivel del puesto al que pertenecen. En las respuestas de la opción otro, los colaboradores contestaron que por medio de capacitaciones constantes, un buen ambiente laboral y vales de despensa.

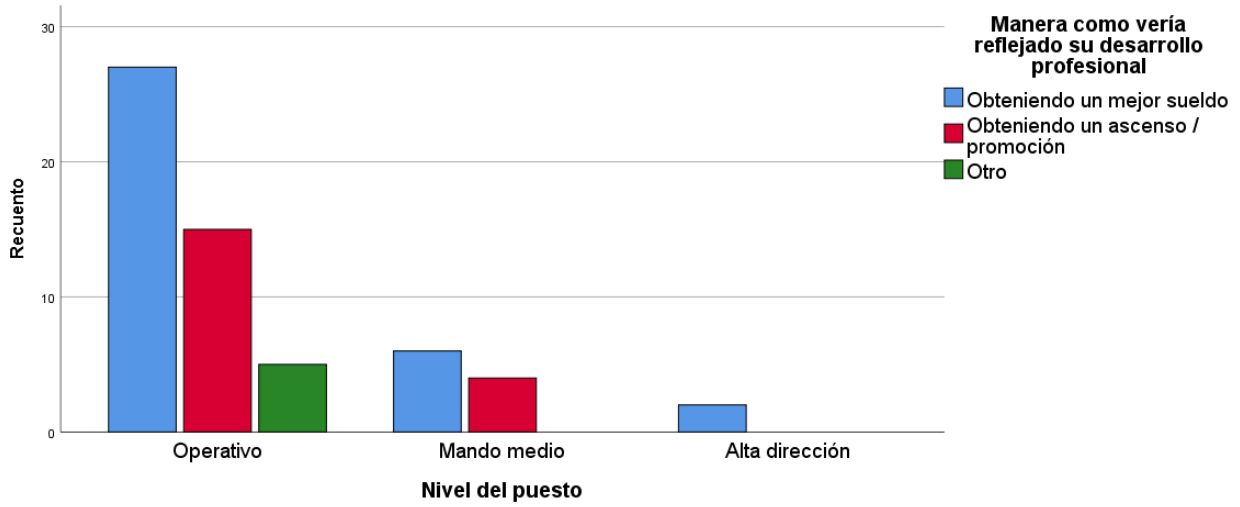


Figura 1. Niveles de puesto y la manera como verían reflejado su desarrollo profesional

En la tabla 2 se muestra que la mayoría de los colaboradores, teniendo hijos o no, desean alcanzar sus objetivos de desarrollo profesional en un periodo entre 1 y 3 años, en cambio, de las personas que respondieron que planean alcanzar sus objetivos inmediatamente, fue un 2.5% que sí tiene hijos.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Tiene hijos y el tiempo en el que planea alcanzar sus objetivos de desarrollo profesional

		Tiempo en el que planea alcanzar sus objetivos de desarrollo profesional							
		Inmediatamente	Menos de 1 año	1 - 3 años	4 años o más	Cuando se presente la oportunidad	El tiempo que sea necesario	No lo planeo	No sé
Tiene hijos	Sí	2.5%	27.5%	35.0%	5.0%	15.0%	5.0%	2.5%	7.5%
	No	0.0%	31.6%	47.4%	10.5%	0.0%	0.0%	10.5%	0.0%
Total		1.7%	28.8%	39.0%	6.8%	10.2%	3.4%	5.1%	5.1%

En cuanto a la pregunta referente a si asumirían el reto de que se les ofreciera un puesto mayor bajo un plan de carrera (figura 2), el 89.83% de la muestra dijo que sí.

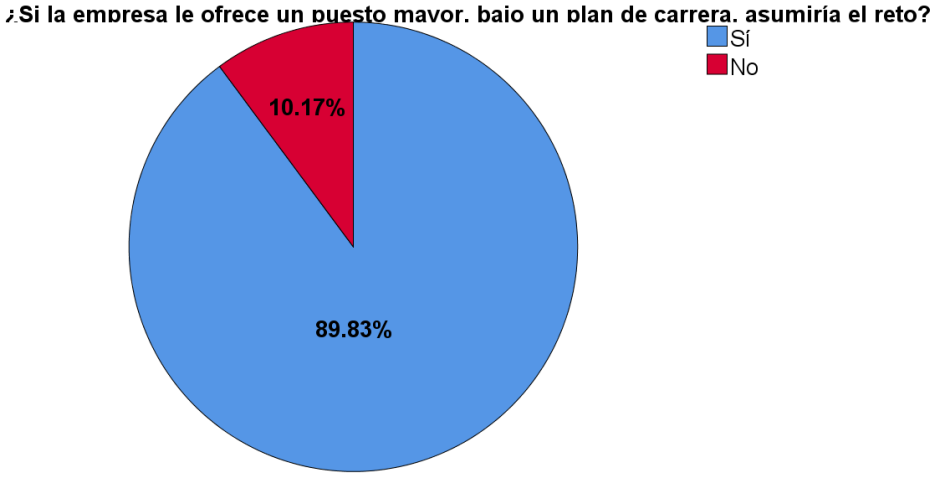


Figura 2. Obtener un puesto mayor por medio de un plan de carrera

En la figura 3 se muestra lo que esperarían los colaboradores de un plan de carrera, por área. En el caso del área de mantenimiento y producción, sobresalió el fortalecer habilidades para el siguiente paso en su carrera.

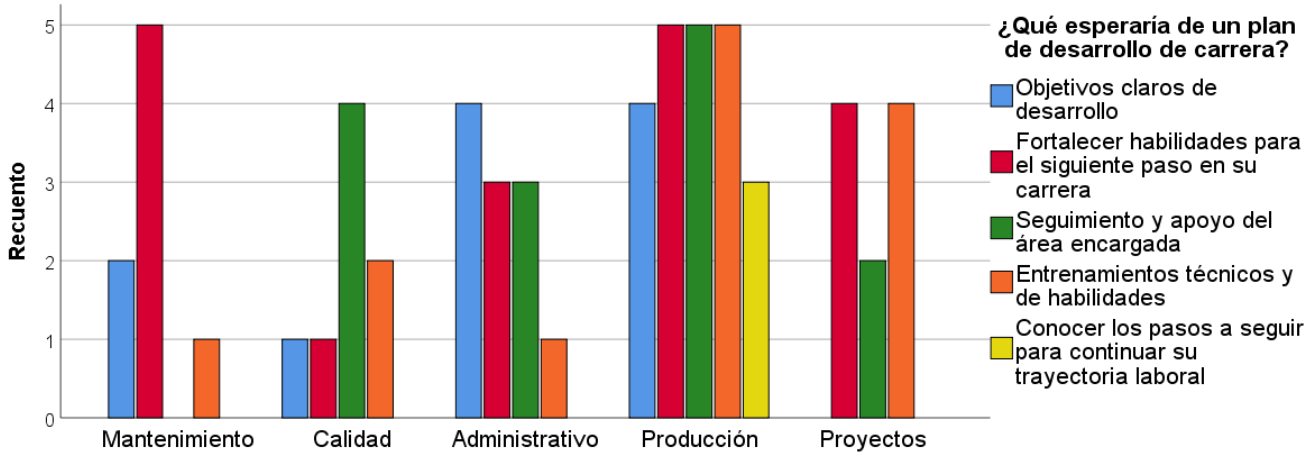


Figura 3. Qué esperaría de un plan de desarrollo de carrera cada área

Por otra parte, de acuerdo a los resultados que se muestran en la figura 4, los colaboradores buscarían un nuevo empleo principalmente por la falta de compensaciones y la ausencia de oportunidades de desarrollo profesional.

 ISSN 2007-8102

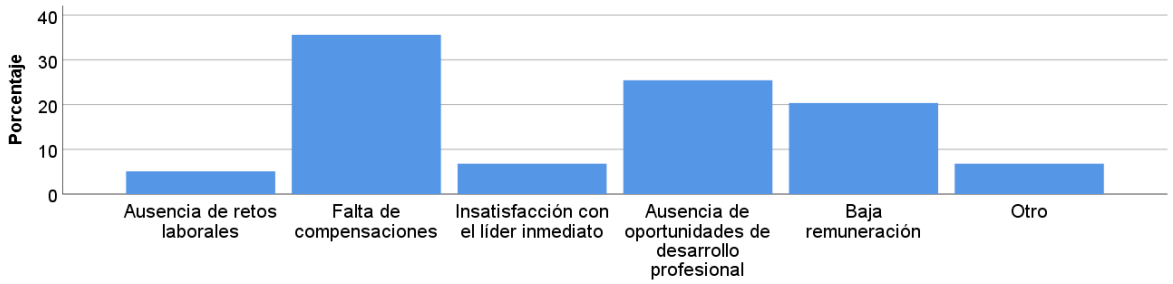


Figura 4. Qué motivaría a los empleados a buscar un nuevo empleo.

Análisis de correlación

Las correlaciones entre las variables desarrollo profesional e intención de permanencia, se calcularon utilizando la correlación de Pearson para los de tipo nominal. Entonces, de acuerdo con los valores de referencia de Hernández, Fernández y Baptista (2014), se obtuvo una correlación positiva considerable entre las variables, con un 99% de confianza de que la correlación sea verdadera y 1% de probabilidad de error, es significativa en el nivel del 0.000 (Tabla 3). En este caso podría decirse que, a mayor desarrollo profesional, mayor intención de permanencia por parte de los colaboradores de la empresa.

Tabla 3. Correlación entre las variables nominales.

Correlaciones			
		DPN	IPN
DPN	Correlación de Pearson	1	.759**
	Sig. (bilateral)		.000
	N	59	59
IPN	Correlación de Pearson	.759**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	59	59
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Además, se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.576, lo que significa que poco más de la mitad de la variabilidad de un constructo o variable está explicada por la otra, es decir, la variable de desarrollo profesional constituye a, o explica, 58% de la variación de la intención de permanencia, y la intención de permanencia explica 58% del desarrollo profesional.

Por otro lado, para calcular las correlaciones de las variables de desarrollo profesional e intención de permanencia, de tipo ordinal, se utilizó la correlación de Rho de Spearman, la cual resultó ser escasa o nula, con un valor de .063 en un nivel de significancia de .634. Lo que significa que no existe relación lineal entre dichas variables y puede haber otras variables significativas que no se tomaron en cuenta para el presente estudio.

Trabajo a futuro

Se considera importante realizar a futuro, un instrumento para aplicarlo a los encargados del desarrollo profesional de los colaboradores, en este caso en particular sería para el personal de recursos humanos y altos mandos de cada área, para que de esta forma se tenga un diagnóstico más completo que permita conocer de qué manera se realizaría un plan de carrera que permita en conjunto con los colabores, el logro de objetivos tanto de ellos mismos como de la industria en particular.

Además, se puede realizar una investigación de tipo longitudinal, que permita aplicar nuevamente el instrumento durante y posteriormente a la implementación de un plan de carrera dentro de la empresa, para obtener resultados más concretos acerca de si efectivamente es una herramienta útil de desarrollo profesional que permite incrementar la satisfacción y la intención de permanencia de los colaboradores.

Conclusiones

Si bien, se obtuvo que, por una parte, no hay relación lineal entre el desarrollo profesional y la intención de permanencia, por otra sí se obtuvo una correlación positiva considerable; estos resultados opuestos pueden deberse a que los colaboradores no tienen una visión del impacto que dicho desarrollo les brindaría a su trayectoria profesional y por ende a su satisfacción e intención de permanencia con la empresa, ya que, en este caso en específico, la empresa no les brinda ese beneficio. Esto último, tal como mencionan en su estudio Du Toit, Hughes, Mason y Tousignant (2011), en el cual detectaron que el personal no identificó una necesidad o una participación en las actividades de desarrollo profesional debido a que no existía un apoyo visible organizacional para ello, aunque los autores sí encontraron el desarrollo profesional continuo como un efecto positivo para la satisfacción y la decisión de permanecer del personal.

Según otro estudio realizado por Cantú (2006), las personas se quedan en las empresas porque se les dan oportunidades de desarrollo profesional, lo cual coincide con un modelo estudiado por Littlewood (2006), en el cual menciona que la intención de que los colaboradores permanezcan está influida por las expectativas en cuanto al desarrollo profesional y los beneficios obtenidos del puesto actual.

Además, los resultados obtenidos permitieron comprobar las estadísticas de Banxico (2017), referentes a que lo que más valoran los colaboradores de una empresa para decidir si quedarse o irse, es el sueldo y las compensaciones, y en segundo lugar las oportunidades de desarrollo profesional que se les brinda dentro de la misma. Es por ello que las empresas no deben descuidar su recurso humano, ya que es primordial para lograr los objetivos organizacionales; y al tener ya empezada su carrera dentro de la empresa, pueden ayudarlos a crecer por medio de un plan de carrera, que les permita visualizar un camino para lograr también sus propios objetivos, dándoles seguimiento y así, encaminarlos a mantener o incrementar su intención de permanencia.

Referencias

1. Alles, M. A. (2009). Construyendo talento. Programas de desarrollo para el crecimiento de las personas y la continuidad de las organizaciones. Buenos Aires: Granica.
2. Arias, F. (2001). El compromiso personal hacia la organización y la intención de permanenencia: algunos factores para su incremento. *Contaduría y Administración,* (200), 5-12.
3. Banxico (2017): Los Millennials en el Mercado Laboral: Hechos Estilizados y Opinión Empresarial. edit. por Banco de México. Banco de México. México (Reporte sobre las Economías Regionales Abril – Junio 2017).
4. Branham, Leigh (2012): The 7 hidden reasons employees leave. How to recognize the subtle signs and act before it's too late. Second edition. New York: American Management Association. Disponible en línea en http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=502106.
5. Cantú, L. G. (2006): Factores que se aplican para la atracción y retención de personal en organizaciones grandes de manufactura del estado de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León.
6. Chiavenato, I. (2009). Gestión del talento humano. 3a ed. México: McGraw-Hill/Interamericana.
7. Chiavenato, I. (2011). Administración De Recursos Humanos. McGraw Hill.
8. Dolan, Simon L. (2012): Coaching por valores: Editorial Empresarial.
9. Du Toit, R., Hughes, F., Mason I. y Tousignant, B. (2011). Facilitar la calidad de la atención en una fuerza laboral especializada en enfermería oftalmológica en el Pacifico. International Nursing Review. 58.
10. Hernández, R., Fernández, C. & Baptista M. P. (2014). Metodología de la investigación. 6a ed. México, D.F.: Mc Graw Hill.
11. Littlewood, H. (2006). Antecedentes de la rotación voluntaria de personal. Investigación Administrativa, (97), 7-25.
12. Littlewood, Herman Frank (2005): Entrevista realista de selección, satisfacción en el trabajo e intención de permanencia. En: Globalización e Internacionalización de las Redes de Organizaciones, pág. 32–38.
13. Mondy, R. W. & Mondy, J. B. (2010). Administración de recursos humanos. 11a ed. México: Pearson Educación de México.
14. Nieves, I. (2010). Planes de carrera: ¿mito o realidad? En: Observatorio Laboral 3 (5), pág. 75–92.
15. Tristán, A. (2008). Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo. Avances en Medición, 6, 37–48.

ESTRATEGIAS EMPRESARIALES ALINEADAS A LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LAS EMPRESAS DEL MUNICIPIO DE TECOMÁN, COLIMA

A. Arcega Ponce[1], O. Mares Bañuelos[1], E. Macias Calleros[1], N. Tass Salinas[2,] D. Parcero Martinez[2].*
[1]Facultad de Contabilidad y Administración de Tecomán, Universidad de Colima, Carretera Colima-Manzanillo Kilometro 40, Col. La Estación, C. P. 28934, Tecomán, Col., México,
[2] Departamento Académico de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de los Ríos, Carretera Balancán-Villahermosa Km 3, Balancán, Tabasco, C.P. 86930, México, Tel/fax: 934 34 49000
**enrique_macias@ucol.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El concepto de transformación digital está muy asociado con el ámbito del marketing y las ventas, vinculándose con una herramienta comercial y dejando en segundo plano los procesos de organización, innovación y colaboración al interior de las empresas, lo que demuestra un relativo desconocimiento del potencial de la transformación digital como herramienta de cambio interno y mejora de la competitividad en las organizaciones.

En este estudio se hace un análisis de las estrategias empresariales alineadas a la transformación digital que permitan definir principios básicos al reconsiderar el vínculo entre tecnología y estrategia de negocios.

Los resultados muestran que son pocas las empresas que han adoptado algún tipo de proceso de transformación digital y teniendo coincidencias al manifestar que no están lo suficientemente preparadas tecnológicamente para abordar el proceso, bien sea por su dificultad, por la inexistencia de hojas de ruta o por puro desconocimiento del impacto que supone para el negocio.

***Palabras clave**: Estrategia empresarial, transformación digital, empresa mexicana, madurez digital.*

Abstract

The concept of digital transformation is closely associated with the field of marketing and sales, linking with a commercial tool and leaving in the background the processes of organization, innovation and collaboration within companies, which demonstrates a relative ignorance of the potential of digital transformation as a tool for internal change and improvement of competitiveness in organizations.
This study analyzes the business strategies aligned to the digital transformation that allow defining its basic principles by reconsidering the link between technology and business strategy.
The results show that there are few companies that have adopted some type of digital transformation process and having coincidences in stating that they are not technologically prepared enough to address the process, either because of its difficulty, the lack of road maps or pure ignorance of the impact it has for the business.
***Key words**: Business strategy, digital transformation, Mexican company, digital maturity.*

Introducción

Ninguna organización que quiera ser competitiva puede dar la espalda a las Tecnologías de Información (TI) hoy en día. Estas se han convertido en un aliado imprescindible para acceder a nuevas oportunidades de negocio y conseguir adaptarse a los cambios que exige un mercado tan voluble como el actual. En este mismo sentido, la revolución tecnológica está volviendo obsoletas las estructuras empresariales y sectoriales con independencia del éxito que hayan tenido hasta ahora. Los modelos de negocio han de ser reformulados para un nuevo entorno que exige mucha mayor participación del cliente, más agilidad e innovación continua.

Para hacer frente a este grado de incertidumbre, las estrategias empresariales necesitan volver a los principios básicos. Se requiere dar un paso atrás y reconsiderar el vínculo entre tecnología y estrategias de negocios. Estos cambios imponen a las empresas la necesidad de anticiparse y adaptarse a estas nuevas exigencias de forma cada vez más ágil, flexible y certera si quieren sobrevivir en su mercado o mejorar su situación competitiva.

La empresa de consultoría en tecnologías de información IDC (2016) define la Transformación Digital como un proceso continuo a través del cual las empresas y organizaciones adaptan o implementan cambios disruptivos en su organización, clientes y mercado a través de la capacidad de replicar innovación en los modelos de negocio, productos y servicios, unificando de forma natural el componente digital y físico, mejorando no solo la experiencia de cliente sino también los resultados operativos y la eficiencia de todas las áreas de la organización.

Un proceso completo de Transformación necesita incorporar varias fases que IDC denomina como los Cinco Estados de Madurez:

Estados de Madurez según IDC	
Estado	**Descripción y valoración**
Resistente digital	Sin objetivos definidos ni estructura organizada. El éxito suele depender del esfuerzo individual y los beneficios obtenidos no siempre se extienden al resto de los departamentos y corporación.
Explorador digital	Se identifican iniciativas de transformación que han tenido éxito con anterioridad y comienzan a replicarse de manera puntual. La empresa ha identificado la necesidad de transformarse.
Jugador digital	Los objetivos corporativos a medio plazo incorporan iniciativas de producto y experiencia de cliente digital, aunque no se centran aún en el potencial disruptivo de la transformación.
Transformador digital	Las capacidades de Transformación Digital están perfectamente adaptadas e incorporadas a los procesos y objetivos de la empresa. El negocio empieza a obtener ventajas competitivas frente a sus competidores.
Disruptor digital	la organización es altamente disruptiva en el mercado a través de su uso de tecnología y nuevos modelos de negocio. La retroalimentación de y para el resto de jugadores del ecosistema es constante y sirve como motor del cambio.

Tabla 1. Estados de madurez según IDC (2016)

IDC (2016) también define un modelo de madurez para la transformación digital en donde en el centro de este nuevo modelo no es necesariamente la organización sino el individuo. El individuo se halla conectado a través de múltiples experiencias y canales, incluyendo sus interacciones personales, como empleado, consumidor y componente social (Figura 1).

 ISSN 2007-8102



Figura 1.-Modelo de madurez de la Transformación Digital de IDC

Infraestructura necesaria para la transformación digital

La infraestructura necesaria para la transición hacia una empresa digital incluye la adopción la que se denomina la tercera plataforma tecnológica (Nube, Big Data, Social y Movilidad) por las empresas para lograr la Transformación Digital, y cómo inciden el liderazgo, la omni-experiencia y el modelo de operación para lograr la evolución de los negocios. La Seguridad, elemento de éxito en dicha transformación, tiene que ser tomada en cuenta en todo momento.

Es importante tener presente que, en esta transición, no todo será tarea del departamento área de TI, las áreas de negocio son las que impulsan los cambios, pues son ellas las nuevas compradoras de tecnología. Según datos del 2016, la eficiencia y la competitividad motivarán las inversiones en TI en empresas de América Latina: 48% de ellas considera más importante reducir costos, 45% incrementar la productividad y 44% mejorar los procesos de negocio. (Forrester, 2015).

En un estudio llevado a cabo por la empresa consultora Good Revels (2018) menciona que las empresas en América Latina se están relacionando favorablemente con la tercera Plataforma tecnológica teniendo porcentajes arriba del 60% en implementación de Nube, Tecnologías Sociales y Movilidad Empresarial. Aún sin usar, pero ya conocidas en 59 y 54% respectivamente, se ubican Big Data/Analytics y el Internet de las cosas.

En este mismo estudio (Forrester,2018) se destaca a la seguridad como una prioridad de inversión en la agenda corporativa relacionada con la Transformación Digita. Las preocupaciones de estas empresas en cuanto a las nuevas tecnologías son la subestimación de las políticas de seguridad, el aumento de la complejidad de los ataques y de las mismas soluciones de seguridad.

VENTAJAS COMPETITIVAS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

En relación a las ventajas que tiene la transformación digital, Fuentes (2018) subraya que las claves para una organización para la transformación digital son como una oportunidad que les puede permitir combinar las prácticas y formas de hacer que den como resultado las nuevas técnicas y habilidades, es por ello que se tiene que tener en cuenta las ventajas que ayudan a llevar a cabo la dicha transformación digital lo cual son las siguientes:

a) Generar experiencias nuevas hacia al cliente.
b) Mejorar la eficiencia operativa.
c) Generar algunas fuentes de ingresos.
d) La capacidad de respuesta rápida ante los cambios en el mercado.
e) Crear ventaja competitiva para la organización

f) Impulsar la cultura a la innovación dentro de la organización
g) Mejorar la colaboración interna.
h) Profundizar el análisis de datos (big data)

Se puede apreciar con lo anterior, lo que describe la gran relación entre los resultados de negocio y las tecnologías que se basan a la digitalización. La experiencia del cliente prevalece ante los valores tradicionales y hace que la tecnología, especialmente el software, se concentren como principal elemento de los modelos de negocio.

La Transformación digital y la empresa mexicana

Para las empresas mexicanas, el concepto de Transformación Digital está muy asociado con el ámbito del marketing y las ventas, vinculándose con una herramienta comercial y dejando en segundo plano los procesos de organización, innovación y colaboración al interior de las empresas, lo que demuestra un relativo desconocimiento del potencial de la transformación digital como herramienta de cambio interno y mejora de la competitividad en las organizaciones. (Good Revels, 2017).

La transformación digital es una transformación de negocio, que no se consigue sin el adecuado foco en las personas para involucrarlas y empoderarlas activamente en el proceso de cambio y de adopción, con nuevas formas de comunicar, trabajar, atraer y comprometer al talento.

De acuerdo a Good Revels (2017) en su segundo estudio de transformación digital en México, señala que la transformación digital está muy presente en la agenda de las empresas mexicanas: un 81% ha puesto en marcha proyectos de transformación o tiene previsto hacerlo. Igualmente, más del 80% aumentará los recursos dedicados a la transformación digital en los próximos años. Sin embargo, la transformación digital no termina de entenderse como un proceso que beneficie a todas las áreas de la organización.

Por otro lado, en este mismo estudio se revela un escenario cada vez más competitivo para las empresas mexicanas, sometidas a creciente estrés, consecuencia de un cliente cada vez más informado y exigente, y la reducción de márgenes y rentabilidad. En este escenario, destacan dos factores claves de optimización: la tecnología, principalmente a través de la innovación en productos y servicios, y el talento de las personas, protagonista del éxito o fracaso de las organizaciones.

Otro estudio a considerar en esta investigación, fue llevado a cabo por la empresa española en consultoría en estrategia digital Íncipy(2017) denominado “Índice de madurez digital de las empresas españolas.” En este estudio se define 4 estadios de la madurez digital.

ESTADIOS DE LA MADUREZ DIGITAL

Estadio	Concepto
BÁSICA *Estadio 1*	Empresas que tienen ciertas iniciativas digitales diferentes, independientes y dispersas en la compañía.
INICIAL *Estadio 2*	Empresas que empiezan a formalizar algún plan digital en alguna área concreta de la compañía
ESTRATÉGICA *Estadio 3*	Empresas que están implementando el Plan de Transformación Digital de forma holística e integrada siguiendo una Hoja de Ruta.
INNOVADORA *Estadio 4*	Empresas que han desarrollado su negocio digital. Organizaciones ágiles innovadoras, flexibles, conectadas, colaborativas, abiertas y data driven que se adaptan de forma continua a los cambios.

Tabla 2.- Estadios de la madurez digital según ÍNCIPY (2017)

Las empresas españolas, tomando en cuenta los cuatro estadios de la madurez digital se encuentras identificadas en las siguientes porcentajes:

-El 40% las empresas están abordando tímidamente la digitalización sin disponer de una hoja de ruta digital definida con un presupuesto específico asignado.

- Aproximadamente, un 60% de las empresas han avanzado en su proceso de transformación como un reto de aprendizaje continuo, integrando a toda la organización en un plan de transformación mediante una cultura digital con el dinamismo que requiere un entorno Agile aportando valor e innovación en sus Modelos de negocio.

Este mismo estudio, se tiene como resultado que un 38% las empresas que no tienen Plan de Transformación o solo lo abordan en algunas áreas. Asimismo, se destaca que un 22% de empresas manifiestan haber implementado totalmente el Plan de Transformación Digital.

En lo referente al presupuesto dedicado, en el estudio se aprecia que disminuye el número de empresas que no asignan presupuesto a iniciativas digitales, son todavía, un 37% las empresas que manifiestan que o bien no asignan presupuesto o que éste es inferior al 10% del total de la empresa.

Metodología

La metodología que se estableció en este estudio está definida por los siguientes elementos:

-En relación al tipo de estudio: Es descriptivo ya que permite definir el fenómeno estudiado a través de la medición de uno o varios de atributos. Es cuantitativo porque tiene por finalidad la cuantificación de la información recolectada.

-En relación a la recolección de datos: La técnica que se utiliza para la recolección de datos fue medio de una encuesta, cuya utilización se limita a diseños descriptivos o causales. La encuesta consta de 10 preguntas y se le llama encuesta de repuesta cerrada. La cual se utilizó para poder obtener datos reales y confiables para su posterior análisis a través de gráficos, tablas y métodos estadísticos.

-En relación a la determinación del tamaño de muestra: En este estudio se consideró que para cualquier tamaño de muestra, tomado en una población, los valores de la media varían de una muestra a otra. Esta variabilidad es la base de la distribución. Una distribución muestra representa la distribución de los valores de una muestra, es una distribución de probabilidad, de los valores posibles de una estadística.

Para obtener resultados con un nivel de confianza adecuado, el número de encuestas aplicadas se determinó utilizando la distribución normal, de donde despejando para los intervalos de confianza, obtenemos la fórmula para calcular el tamaño demuestra cuando se desconoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{Z_a^{\,2} \times p \times q}{d^2}$$

En dónde;
Z = nivel de confianza
P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

 ISSN 2007-8102

Q = probabilidad de fracaso
D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Resultados y discusión

La tecnología y las personas son los dos ejes sobre los que se asientan los procesos de cambio asociados a la Transformación Digital. Para los encuestados, no hay un desequilibrio en las inversiones previstas para los próximos años en estos dos ámbitos, ya que el 55% considera que habrá que llevar a cabo el mismo esfuerzo en tecnología y personas.



Figura 4. Fuente: Propia

Respecto a la implantación de proyectos de Transformación Digital, solo un 33% de las empresas de Tecomán han puesto en marcha o tiene previsto hacerlo. Un 67% no contempla o no sabe la puesta en marcha de un proyecto de transformación digital.



Figura 5. Fuente: Propia

Entre las razones por las que un 80% de las empresas todavía no ha abordado un proyecto de Transformación Digital destacan:
La falta de impulso por parte de la dirección de la empresa (8.5%), que no considera que la Transformación Digital aporte algún valor.
La falta de confianza para abordar estos proyectos (8.5%), ya sea por desconocimiento necesarios para ayudar en el proceso o por la ausencia de la capacidad interna para abordarlos.
También es llamativo cómo la gran mayoría de las empresas dan la espalda al potencial de la Transformación Digital, ya sea por no entender en qué consiste el proceso (50%) o porque nunca se ha planteado llevarlo a cabo (33%).

 ISSN 2007-8102



Figura 6. Fuente: Propia

Otro resultado interesante es la percepción en la adopción de una estrategia de transformación digital al manifestar que el principal beneficio que se percibe es asegurar el futuro del negocio, por delante de la mejora en la ventaja competitiva y la aportación de valor para el cliente.

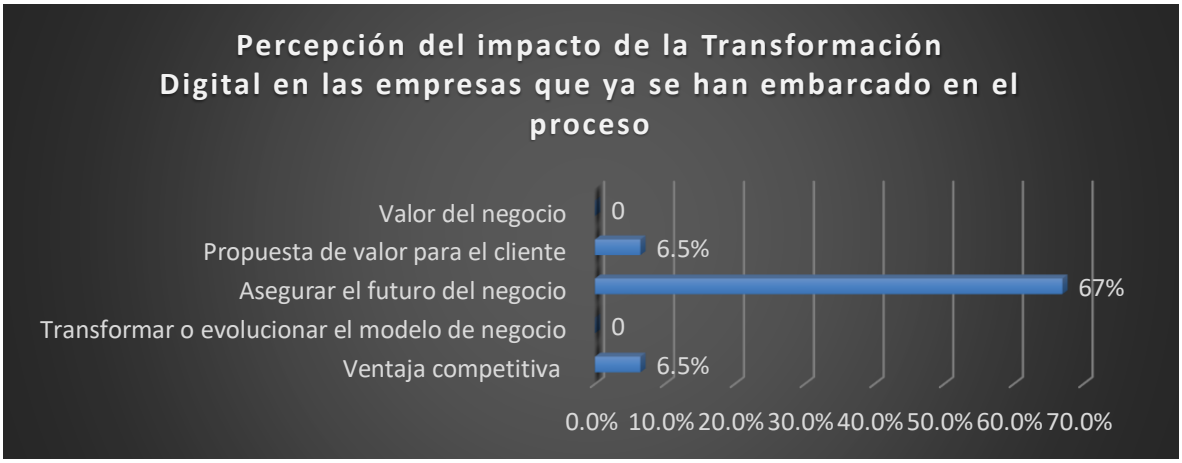


Figura 7. Fuente: Propia

El grado de capacidad entre las empresas embarcadas en la transformación digital es relativamente bajo: Solo el 50% considera que la empresa está muy capacitada o capacitada para afrontar la Transformación Digital, y el 33% considera que está algo capacitada. Sólo un 17% considera que está muy poco capacitada.

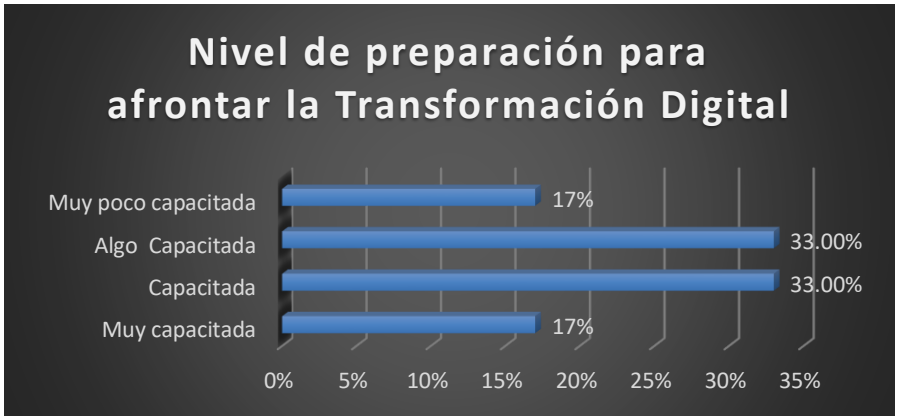


Figura 8. Fuente: Propia

Conclusiones

La transformación digital es un proceso de gestión que orienta la estrategia, la cultura, los procesos y las capacidades de una organización para canalizar la disrupción creada por la economía digital, desarrollar canales y bienes basados en bits y capitalizar la nueva experiencia de un cliente empoderado por el contexto digital.

Según los datos obtenidos, aunque un 33% de las empresas mexicanas habrían comenzado algún tipo de proceso de transformación digital, aún les queda un largo camino.

No es de extrañar que aproximadamente el 50% de empresas coincidan en que no están lo suficientemente preparadas tecnológicamente para abordar el proceso, bien sea por su dificultad, por la inexistencia de hojas de ruta o por puro desconocimiento del impacto que supone para el negocio, más allá de contar con web, canales sociales y venta online.

Únicamente el 33% de las empresas estarían preparadas para abordar el proceso, sin embargo, el 17% estarían muy preparados y el 17% muy poco preparados. De igual forma, sólo la mitad de las empresas se encuentran capacitadas para enfrentarse a la transformación digital.

Referencias

1. Cao, J-H.; Zhu, B-K.; Ji, G-L. and Xu, Y-Y. (2005). Preparation and characterization of PVDF-HFP microporous flat membranes by supercritical CO_2 induced phase separation. *J. Membrane Sci.* **(266)** 102-108.
2. Matsuyama, H.; Yano, H.; Maki, T.; Teramoto, M.; Mishima, K. and Matsuyama, K. (2001). Formation of porous flat membrane by phase separation with supercritical CO_2. *J. Membrane Sci.* **(194)** 157-165.
3. Mikawa, M.; Seki, N.; Nagaoka, S. and Kawakami, H. (2007). Structure and gas permeability of asymmetric polyimide membranes made by dry-wet phase inversion: influence of alcohol as casting solution, *J. Polym. Sci. B: Polym. Phys.* **(45)** 2739-2747.
4. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Structures and gas separation properties of asymmetric polysulfone membranes made by dry, wet, and dry/wet phase inversion, *J. Appl. Polym. Sci*. **(43)** 1491-1502.
5. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Relationship between substructure resistance and gas separation properties of defect-free integrally skinned asymmetric membranes, *Ind. Eng. Chem. Res*. **(30)** 1837-1845.
6. Reverchon, E. and Cardea, S. (2004). Formation of cellulose acetate membranes using a supercritical fluid assisted process. *J. Membrane Sci*. **(240)** 187.
7. Reverchon, E. and Cardea, S. (2005). Formation of polysulfone membranes by supercritical CO_2. *J, Supercrit, Fluids*. **(35)** 140-148.
8. Reverchon, E. and Cardea, S. (2006). PVDF-HFP Membrane formation by supercritical CO_2 processing: elucidation of formation mechanisms. *Ind. Eng. Chem. Res.* **45**, 8939-8946.
9. Reverchon, E.; Cardea, S.; Rapuano, C. (2006). Formation of poly-vinyl-alcohol structures by supercritical CO_2. *J. Appl. Polym. Sci*., **104**, 3151.
10. Reverchon, E.; Schiavo Rappo, E. and Cardea, S. (2006). Flexible supercritical CO_2-assisted process for poly (methyl methacrylate) structure formation. *Polym. Eng. Sci*. **(46)** 188-196.
11. Temtem, M.; Casimiro, T. and Aguilar-Ricardo, A. (2006). Solvent power and depressurization rate effects in the formation of polysulfone membranes with CO_2-assisted phase inversion method. *J. Membrane Sci*. **(283)** 244-257.
12. Tsivintzelis, I.; Pavlidou, E. and Panayiotou, C. (2007). Porous scaffolds prepared by phase inversion using supercritical CO_2 as antisolvent I. Poly (L-lactic acid). *J. Supercrit. Fluids*. **(40)** 317-326.
13. Xu, Q.; Pang, M.; Peng, Q.; Jiang, Y. and Li, J. (2004). Application of supercritical carbon dioxide in the preparation of effect of biodegradable polylactide membranes. *J. Appl. Polym. Sci*. **(94)** 2158-2165.

Actualización de la normativa ISO 17025 para laboratorios de ensayo y calibración

M. L. López-Roa[1], R. Reyes Valenzuela[2], I. G. Polanco Valenzuela[3], C. V. García Madero[4], A. P. Bórquez López[5]*
[1] Docente del departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México campus Guaymas, Km. 4 Carretera al Varadero Nacional, Las Playitas, C. P. 85480, Heroica Guaymas, Sonora
[2] Director, Tecnológico Nacional de México campus Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, C. P. 94320, Orizaba, Veracruz
[3] Jefe del departamento de Centro de Cómputo, Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, Av. Tecnológico S/N, C. P. 85275, Bácum, Sonora
[4] Jefe del departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, Av. Tecnológico S/N, C. P. 85275, Bácum, Sonora
[5] Jefe del departamento de Planeación, Programación y Presupuestación, Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, Av. Tecnológico S/N, C. P. 85275, Bácum, Sonora
luisalopezroa@gmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La actualización de la norma ISO y de la NMX 17025 en 2017 y 2018, respectivamente, trajo consigo una serie de consideraciones importantes que afectan de forma directa la dinámica de trabajo de los laboratorios de ensayo o calibración que están acreditados ante la entidad mexicana de acreditación. Por lo anterior, un grupo interdisciplinario de investigadores mexicanos analizaron puntualmente estas normativas para ofrecer mediante la metodología analítica sintética los cambios que deben implementarse de forma inmediata para adaptar los sistemas de calidad actuales a las nuevas encomiendas, particularmente la redistribución del contenido y el incremento de la importancia de la gestión de riesgos.

***Palabras clave**: Acreditación, ISO 17025, NMX 17025, Laboratorios*

Abstract

The update of the ISO / IEC standard and NMX 17025 in 2017 and 2018, respectively, brought with it a series of important considerations that directly affect the work dynamics of the testing or calibration laboratories that are accredited before the Mexican entity accreditation. So that, an interdisciplinary group of Mexican researchers promptly analyzed these regulations to offer through the synthetic analytical methodology of the changes that must be implemented immediately to adapt the current quality systems to the new assignments, particularly the redistribution of the content and Increase the importance of risk management..

***Key words**: Accreditation, ISO 17025, NMX 17025, Laboratories*

Introducción

Desde hace algunos años se ha visto una certera y ampliamente aceptada adaptación de las normas ISO IEC (Organización Internacional de Normalización, Comisión Electrotécnica Internacional) en sus versiones mexicanas (NMX) bajo el respaldo del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A. C. (IMNC), por lo cual la 17025 correspondiente a “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”, no es la excepción. Sin embargo, debido a su actualización internacional ISO IEC 17025 2017, el IMNC se ha dado a la tarea de hacer lo propio con la NMX, la cual en el año 2018 sustituyó a su antecesora, del

 ISSN 2007-8102

año 2006. Este artículo expondrá en términos sencillos los principales cambios y las adecuaciones que obliga a implementar a los laboratorios acreditados en México para conservar esta clasificación.

Según la página web de ISO Tool (2009), los sistemas de gestión de calidad también conocidos como SGCA están pensados para contribuir a la gestión de procesos generales o específicos de una organización y tienen como finalidad establecer y alcanzar unos objetivos definidos. Las organizaciones que los ponen en marcha obtienen numerosas ventajas de su aplicación.

En virtud de lo anterior, implementar un sistema de calidad en una empresa permite tener la certeza de que las tareas que ahí se realizan son fluidas, constantes, de calidad y no dependen de las interpretaciones del personal pues existen procedimientos, instructivos de trabajo y manuales que dan detalle a detalle la forma en que se deberá operar. De igual forma, para dar mayor certeza acerca de la correcta utilización de estas herramientas que se gestionan en el día a día, existen registros en forma de bitácoras o formatos de distinta índole que otorgan garantías de la trazabilidad de los resultados que se emiten.

Es por ello que tener un sistema de gestión de la calidad permite asegurar un proceso íntegro, con respaldo en caso de haber alguna duda o aclaración por parte del cliente, lo cual da tranquilidad a quien lo posee y la certeza de obtención de un producto que va a tener un tiempo de respuesta conocido y se apegará a las especificaciones requeridas pues para eso pasó por un metódico proceso que va desde la selección de los materiales, controles de ambientes, técnicas de trabajo y del personal, y finalmente, la emisión de un resultado.

Partiendo de este contexto, Morales (2018) explica que la norma ISO IEC 17025 no había sido revisada por sus emisores desde 2006 por lo que resultó en la emergente necesidad de desarrollar una actualización cuyo objetivo radica en establecer los requisitos para acreditar el sistema de gestión de la calidad, así como la competencia técnica de laboratorios de ensayo y calibración desde el muestreo hasta la emisión de sus resultados, sin omitir aspectos relacionados a la satisfacción del cliente, atención a quejas y en esta nueva actualización, uno de los aspectos más importantes es la gestión de riesgos.

En México, a partir de la publicación en el Diario Oficial de la Federación de la declaratorio de la norma mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2018 el 09 de agosto de 2018, se cancela la vigencia de la NMX-EC-17025-IMNC-2006 (Secretaria de Gobernación, 2018), por lo que surge la imperante necesidad de actualizarse y analizar lo más trascendental de este cambio para poder implementarlos a la brevedad posible pues los laboratorios acreditados se encuentran ante un nuevo documento normativo que exige cambiar el enfoque a un sistema más enfocado a procesos y que da particular énfasis a la confidencialidad, imparcialidad y a la gestión de riesgos.

Metodología

Esta investigación basa su análisis en el método analítico sintético que como define Bernal (2010), consiste en estudiar los hechos partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas de forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis).

Análisis

Desde octubre del año 2018 se presentó la necesidad de comprender, diseñar e implementar los cambios derivados de las normas ISO/IEC y NMX 17025 en sus versiones vigentes, por lo que un grupo multidisciplinario de profesionales empezó a abordar apartado por apartado las secciones de las ya mencionadas normas, así como los criterios de aplicabilidad que exige la entidad mexicana de acreditación para poder aplicar una reingeniería en el Sistema de Gestión de la Calidad (SGCA) de un laboratorio de ensayos.

Este análisis se llevó a cabo mediante reuniones semanales realizadas en su mayoría mediante videoconferencia al integrar un grupo de investigadores de Sonora y Veracruz que analizó durante cuatro meses los efectos de estas actualizaciones para poder presentar la renovación del SGCA.

La validación se pudo llevar acabo al término de este análisis al comparar las mejoras del SGCA que fue objeto de estudio para este documento contra dos sistemas de gestión de la calidad de laboratorios en Sonora que pertenecen al mismo giro.

Normas ISO

El objetivo perseguido por las normas ISO, según la Escuela Europea de Excelencia (2017), es asegurar que los productos o servicios alcanzan la calidad deseada. Para las organizaciones son instrumentos que permiten minimizar los costos, ya que hacen posible la reducción de errores y sobre todo favorecen el incremento de la productividad.

Los estándares internacionales ISO son clave para acceder a mercados nacionales e internacionales y de este modo, estandarizar el comercio en todos los países favoreciendo a los propios organismos públicos.

Para la sociedad, las normas ISO también son importantes pues como afirma ISOTools (2009), existen más de 19,500 normas que ayudan a casi todos los aspectos del día a día de una persona, como aquellas destinadas a garantizar la seguridad vial o la seguridad de los juguetes. Si un producto o servicio cumple con alguna de estas normativas, la sociedad puede estar segura que son fiables y que cuentan con la calidad exigida a nivel mundial.

Durante la elaboración de cualquiera de estas normas, ISO considera que es de gran importancia que los consumidores de estos servicios o productos finales formen parte de los comités de expertos responsables de dicha elaboración.

ISO 17025 Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración

De acuerdo a la ISO (2004), la norma ISO 17025 es una norma orientada a la evaluación de la conformidad, la cual se define como la demostración de que se cumplen los requisitos especificados relativos a un producto, proceso, sistema, persona u organismo, y su campo incluye actividades tales como el ensayo o prueba, la inspección, la certificación, así como la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad.

Esta norma contiene los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. La ISO 17025 fue publicada por ISO en diciembre de 1999, se revisó en mayo de 2005 y recientemente en 2017, siendo el resultado de la asociación entre la Organización Internacional de Normas y La Comisión Electrotécnica Internacional.

Esta norma ISO 17025 se desarrolló para apoyar a los laboratorios en la administración de calidad y requerimientos técnicos para su adecuado funcionamiento al contener los requerimientos técnicos de ISO 9000. Por lo tanto, toda organización que cumple con los requerimientos de ISO 17025 también cumple con los requerimientos de ISO 9000 y esto es un punto sumamente importante a resaltar, pues sienta las bases para continuar con las acreditaciones en el resto de las normas ISO 9000.

La norma trata temas tales como la competencia técnica del personal, la conducta ética del personal, la utilización de ensayos bien definidos y procedimientos de calibración, participación en ensayos de pericia y contenidos de informes de ensayos y certificados, pues su objetivo principal es garantizar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados analíticos.

En ocasión de la más reciente actualización, se aprecia cómo evolucionó su estructura para volverse más afín a la familia de normas ISO, tales como la 9000 o 17000 y pasó de tener dos grandes capítulos rectores en su versión 2005, los cuales son el capítulo 4 y 5, correspondientes al sistema de gestión y el área técnica,

respectivamente; a revolucionar los sistemas de gestión de la calidad que ya se tenían al implementar ahora nueve capítulos con nuevas exigencias y criterios de aplicabilidad.

Estructura de la ISO/IEC y NMX 17025:2005

La ahora versión obsoleta de la ISO tenía una estructura particular que la diferenciaba de las otras normas ISO, pues, contaba básicamente con cinco capítulos, además de dos anexos generales.

Estos capítulos contenían los siguientes temas:

- Capítulo 1. Especificaba el alcance de la norma.
- Capítulo 2. Contenía las referencias normativas, era parte del marco teórico de esta norma.
- Capítulo 3. Incluía las definiciones técnicas, es decir, era el glosario *per se* de la norma.
- Capítulo 4. Indicaba los requisitos del sistema de gestión: cuestiones administrativas, organigramas, control de documentos, revisiones por la dirección, auditorías, etcétera.
- Capítulo 5. El capítulo más importante del proceso –técnicamente hablando- pues abordaba desde la competencia del personal, las técnicas y métodos empleados, calibraciones, verificaciones, pruebas de calidad, muestreos, entre otros.

Conclusiones y discusión

Estructura de la ISO/IEC y NMX 17025:2017

En la más reciente actualización del normativo 17025 se observa cómo la estructura migra para homologarse a las demás normas de la familia ISO, si bien está ISO es particularmente específica por el contenido técnico que presenta, se ve una estructura bien lograda y que no por ello pierde la esencia de ser una norma específica para una industria que es sumamente precisa.

- Capítulo 1. Objetivo y campo de aplicación, nos ofrece el alcance de la norma.
- Capítulo 2. Referencias normativas, como su nombre lo indica, nos da la información acerca de la ubicación dónde se podrán consultar dudas respecto a este documento.
- Capítulo 3. Términos y definiciones, ofrece los conceptos más remarcables de esta norma y da dos opciones más para consultar terminología de la ISO o de la IEC.
- Capítulo 4. Requisitos generales, trata los aspectos de imparcialidad y confidencialidad.
- Capítulo 5. Requisitos relativos a la estructura, aborda la constitución de la empresa, la estructura de la misma, las responsabilidades de sus integrantes, las interrelaciones que tienen, entre otras.
- Capítulo 6. Requisitos relativos a los recursos, trata de asuntos relativos al personal, instalaciones, equipamientos, sistemas y apoyos para las actividades del laboratorio.
- Capítulo 7. Requisitos del proceso, incluye:
  - la revisión de solicitudes, ofertas y contratos
  - selección, verificación y validación de los métodos
  - muestreo
  - la manipulación de los ítems de ensayo o calibración,
  - registros técnicos
  - aseguramiento de la validez de los resultados, entre otros.
- Capítulo 8. Ofrece dos opciones para dar cumplimiento al sistema de gestión de la calidad, las cuales identifica como A y B, y *grosso modo* en la opción A demanda los puntos omitidos en la versión anterior que estaban al amparo del capítulo 4, mientras que, en la opción B brinda una alternativa a los laboratorios que ya cumplen con la ISO 9001.

- Capítulo 9. Concordancia con normas internacionales, hace mención a la ISO/IEC correspondiente.
- Anexo A (informativo) Trazabilidad metrológica
- Anexo B (informativo) Opciones de sistemas de gestión

Comparativo de los cambios

Uno de los comparativos más precisos entre la anterior versión de la ISO/IEC 17025:2005 y la nueva versión ISO/IEC 17025:2017 es la que se presenta en la tabla 1 (Borja, 2017).

Tabla 1. Principales cambios en la estructura de la ISO IEC 17025 2006 vs 2017

ISO/IEC 17025:2005	Descripción	ISO/IEC 17025:2017
1	Alcance	1
2	Referencias normativas	2
3	Términos y definiciones	3
4.1	Requisitos de gestión	5
4.2	Sistema de gestión	8.1
4.3	Control de documentos	8.2, 8.3
4.4	Revisión de contratos y ofertas	7.1
4.5	Subcontratación	6.6
4.6	Compras	6.6
4.7	Servicio al cliente	- -
4.8	Quejas	7.9
4.9	Control de trabajos no conformes	7.1
_4.10	Mejora	8.6
4.11	Acción correctiva	8.7
4.12	Acción preventiva	- -
4.13	Control de registros	7.8, 8.4
4.14	Auditorías internas	8.8
4.15	Revisión por la dirección	8.9
5.1	Requerimientos técnicos: General	6.1
5.2	Personal	6.2
5.3	Emplazamiento y condiciones ambientales	6.3
5.4	Métodos y validación de métodos	7.2
5.5	Equipamiento	6.4
5.6	Trazabilidad de las mediciones	6.5
5.7	Muestreo	7.3
5.8	Manipulación de los ítems de calibración	7.4
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados	7.7
5.1	Reporte de los resultados	7.8
- -	Acciones para abordar riesgos y oportunidades	8.5
- -	Control de datos y gestión de la información	7.11

Implicaciones ante proyectos de acreditación en México

La entidad mexicana de acreditación, A. C. (ema), es la primera entidad de gestión privada en México, que tiene como objetivo acreditar a los Organismos de la Evaluación de la Conformidad que son los laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, laboratorios clínicos, unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación, Proveedores de Ensayos de Aptitud y a los Organismos Verificadores/Validadores

 ISSN 2007-8102

de Emisión de Gases Efecto Invernadero (OVV GEI) Productores de Materiales de Referencia y la autorización de Buenas Prácticas de Laboratorio (Entidad Mexicana de Acreditación, 2006).

Su creación se impulsó al detectar los retos que nos presenta el intercambio de productos, bienes y servicios en el mundo globalizado; para dotar a la industria y comercio de herramientas para competir equitativamente, e insertarnos ampliamente al comercio internacional. Desde enero de 2006, la ema, cumple cabalmente con la norma vigente para organismos de acreditación en el ámbito mundial, la Norma NMX-EC-17011-IMNC-2005 "Evaluación de la Conformidad – Requisitos Generales para los Organismos que realizan la acreditación de Organismos de Evaluación de la Conformidad". En virtud de ello, es una de las instancias acreditadoras de mayor relevancia actual en México.

Por esto, ema se encarga de la Acreditación, definida como "Acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, laboratorios clínicos, unidades de verificación (organismos de inspección), proveedores de ensayos de aptitud, productores de materiales de referencia y organismos de certificación para la Evaluación de la Conformidad" (Entidad Mexicana de Acreditación, 2006).

En el caso de los laboratorios de ensayo o calibración, los cuales son sujetos de interés de las normas 17025 tanto ISO/IEC como NMX, la actualización de estos documentos rectores viene a sacudir los sistemas de calidad que estaban implementados, al exigir su actualización para estar a la vanguardia y en términos concisos, conservar la calidad de acreditado, en este caso, ante ema.

Aunado al seguimiento de las directrices que emiten tanto ISO/IEC como las NMX, ema emite sus propios criterios de aplicabilidad en los cuales detalla cómo van a ser interpretados aquellos aspectos que quedan un tanto genéricos o que no aplican de igual forma en México. Es por ello que, al actualizarse la raíz de todos estos documentos, ema diseña y acciona planes de transición hacia la correspondencia con la ISO/IEC 17025:2017.

Estos planes definen que los laboratorios acreditados por la entidad mexicana de acreditación deberán concluir con sus procesos de transición antes del 01 de junio de 2020 (Entidad Mexicana de Acreditación, personal communication, 2018).

Además, en el caso de los laboratorios acreditados:

- El proceso de actualización de la norma se realizará en sitio en conjunto con los procesos de vigilancia o reevaluación (según corresponda) a partir del 01 de agosto de 2018.
- El laboratorio recibirá al final de su visita dos informes de evaluación: un informe relativo al proceso de vigilancia o reevaluación y, un segundo informe, correspondiente al proceso de actualización de la norma.

En caso de no encontrar no conformidades, se otorgará la actualización de la acreditación con la norma ISO/IEC 17025:2017. Caso contrario, se levantará una no conformidad del tipo B, la cual no afectará en ningún momento el status de acreditado ya que es un proceso independiente de la vigilancia o reevaluación y se otorgarán 30 días naturales para atender las no conformidades. Posteriormente, en caso de no cerrar las no conformidades, se deberá solicitar al Comité de Evaluación una prórroga de 60 días naturales adicionales. En caso de no cerrar las no conformidades al término de este nuevo plazo, se dará por finalizado el proceso de actualización y se iniciará nuevamente.

Trabajo a futuro

Como resultado de este análisis se puede apreciar que la actualización de la ISO/IEC 17025 demandó a la IMNC hacer lo propio con la NMX 17025, la cual inició su vigencia en agosto de 2018 y repercutió en cambios en las estructuras de los sistemas de gestión de la calidad en los laboratorios de ensayo o calibración, los cuales, para seguir acreditados ante la entidad mexicana de acreditación, forzosamente tendrán que aplicar acciones rápidas para cumplir la encomienda y estar listos antes de junio de 2020.

Estos cambios *grosso modo* tienden a destacar aún más la importancia de la imparcialidad y confidencialidad y exigen que ahora las actividades de los laboratorios se vean como procesos integrales en donde se implemente la gestión de riesgos de forma constante.

La actualización migra hacia un sistema más ordenado y detallado que permitirá la autonomía de ciertos procedimientos y que resultará en una capacitación más sencilla de parte del personal nuevo que se sume a los equipos de trabajo al darles herramientas como procedimientos e instructivos de trabajo más claros y enfocados al proceso.

Sin embargo, el proceso de actualización de los SGCA en para los laboratorios acreditados ante la NMX 17025 no ha terminado pues la evolución de la normativa no solo dictó cambios estructurales, sino de contenido. Será necesario redefinir desde un punto de vista de ingeniería administrativa cómo volver a las bases de la acreditación para promover la confianza en las operaciones del laboratorio.

Este trabajo a futuro deberá exigir a los laboratorios planificar e implementar acciones para abordar riesgos y oportunidades de formas que antes no eran consideradas y adoptar medidas para incrementar la productividad en los ensayos, mejorar los resultados y prevenir efectos negativos.

Referencias

1. Borja. (2017). ISO/IEC 17025 2017 Características y novedades de la versión de 2017. Recuperado el 5 de agosto de 2019, de Arrizabalaga Uriarte Consulting website: https://arrizabalagauriarte.com/iso-iec-170252017-caracteristicas-novedades-la-version-2017/
2. Entidad Mexicana de Acreditación. (2006). ¿Qué es ema? Recuperado el 5 de agosto de 2019, de https://www.ema.org.mx/portal_v3/index.php/que-es-ema
3. Entidad Mexicana de Acreditación. (2018). Proceso de transición ISO/IEC 17025 2017.
4. Escuela Europea de Excelencia. (2017). Principios de Gestión de la Calidad ¿Cuáles son y qué indican? Recuperado el 5 de agosto de 2019, de https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2017/07/principios-de-gestion-de-la-calidad/
5. ISO. (2004). ISO/IEC 17000:2004(es), Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales. Recuperado el 5 de agosto de 2019, de https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17000:ed-1:v1:es:sec:5
6. ISOTools. (2009). Normas ISO. Recuperado el 5 de agosto de 2019, de https://www.isotools.org/normas/
7. Morales, B. (2018). AE Normas, Aportaciones y beneficios de las normas de evaluación de la conformidad (Serie 17000 y relacionadas). Recuperado el 5 de agosto de 2019, de http://aenormas.aenor.es/es/mas-valor/todoslosvideos/aportaciones-y-beneficios-de-las-normas-de-evaluacion-de-la-conformidad
8. Secretaria de Gobernación. (2018). DOF - Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 5 de agosto de 2019, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5534255&fecha=09/08/2018

La innovación como práctica para el desarrollo de la autoestima y habilidades emprendedoras del estudiante

L.A. Viñas Meza[1], P. Ochoa Trujillo[2]
[1]Academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II SN, Aire Libre, Teziutlán Pue. luisaangelica.vinas@live.itsteziutlan.edu.mx
[2]Academia de Informática, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II SN, Aire Libre, Teziutlán Pue. patricia.ochoa@live.itsteziutlan.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La participación en proyectos de innovación se ha conformado como una actividad complementaria a lo académico y a lo investigativo. La autoestima se considera como uno de los elementos constitutivos de la psicología del emprendedor. Desde la teoría del comportamiento planeado es posible acercarse al desarrollo de habilidades emprendedoras a través de la parte actitudinal. El objetivo de la presente investigación es evaluar la asociación entre innovación, autoestima y las habilidades emprendedoras en los estudiantes de las carreras de ingeniería del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. Se empleó una metodología cuantitativa, descriptiva y correlacional con un diseño no experimental. Como evidencia empírica se obtuvo una muestra de 147 estudiantes. Se encontró que la vinculación se asocia de manera positiva con las habilidades emprendedoras y, la autoestima ejerce una influencia positiva sobre las mismas. Dichos resultados fueron obtenidos por medio de correlación de Spearman, regresión lineal y análisis de ANOVA.

***Palabras clave**: Innovación, autoestima, habilidades emprendedoras, actitudes.*

Abstract

Participation in innovation projects has been shaped as a complementary activity to academics and research. Self-esteem is considered as one of the constitutive elements of entrepreneurial psychology. From the theory of planned behavior, it is possible to approach the development of entrepreneurial skills through the attitudinal part. The objective of this research is to evaluate the association between innovation, self-esteem and entrepreneurial skills in students of engineering careers of the Higher Technological Institute of Teziutlán. A quantitative, descriptive and correlational methodology with a non-experimental design was used. As empirical evidence, a sample of 147 students was obtained. It was found that linking is positively associated with entrepreneurial skills and, self-esteem exerts a positive influence on them. These results were obtained through Spearman's correlation, linear regression and ANOVA analysis.

***Keywords:** Innovation, self-esteem, entrepreneurial skills, attitudes.*

Introducción

El profundo cambio social y económico que se está operando hoy en nuestra sociedad ha dejado patente que la creación de empresas aparece como uno de los principales motores de la generación de empleo. Las formas de trabajo están cambiando; aparecen soluciones nuevas como son el desempeño simultaneo de varias actividades profesionales o la actividad profesional independiente. Además, las relaciones de trabajo tradicionales están sufriendo una gran transformación debido al elevado desempleo en ciertos sectores: el descenso de empleo público; el recurso, cada vez más frecuente, a la subcontratación en todas las grandes organizaciones y la promoción de la iniciativa y de la empresa como claves del crecimiento económico.

En México, el emprendedor se ha convertido en una figura mítica, pues ha sido considerado como quien lucha contra el mercado para iniciar un negocio (Lozano & Niebla, 2011). No obstante, en este país, a pesar de que se generan alrededor de 200 mil empresas nuevas cada año, 65% desaparece antes de su segundo aniversario, 50% quiebra en el primero y sólo el 10% sobrevive al décimo año (Morales, 2011).

El emprendedor ha sido usualmente definido como un individuo que concibe e implementa una nueva empresa (Kets de Vries, 1996). Tiene la habilidad de combinar y manejar talentos (Lazear, 2005). Dentro de sus funciones se destaca la gestión, coordinación y toma de riesgos, las cuales determinan su comportamiento (Kets de De Vries, 1985). Además, es una persona que vive dentro de un proceso continuo de innovación (Partida, Carrera & Villarreal, 2012).

El interés por el emprendimiento ha crecido en los últimos años (Stevenson & Jarillo, 1990; Goetz et al, 2000; Thomas & Mueller, 2000; Texeira, 2011). Su desarrollo se debe en parte a su fomento en las escuelas de negocios (Robinson & Haynes, 1991; Achtenhagen & Knyphausen–Aufsess, 2008). Ya que la educación superior es un factor estratégico del desarrollo económico y tecnológico, la cual posee la capacidad de resolver problemas e identificar escenarios emergentes (Banco Mundial, 1995); asimismo, se es considerada como un factor relevante para el desarrollo humano y social (Delors, 1996).

En México la innovación se ha asociado con la educación formal, ya que el 97% de los emprendedores innovadores cuentan con estudios universitarios, mientras que el 54% obtuvo el grado de maestría o mayor (Dosal, Gutiérrez, & Saracho, 2012). Lo dicho se asocia con Gartner (1985), quien identificó 12 factores que favorecen el espíritu empresarial, donde es posible destacar la proximidad con las universidades. Por tal motivo, ha aumentado el fomento del emprendimiento dentro de las escuelas de negocios en todo el mundo (Thornton, 1999).

Desde el nivel micro, Kets de Vries (1996) encontró que psicológicamente los emprendedores tienen aspectos funcionales y disfuncionales que los definen. Desde lo funcional, los emprendedores poseen ciertas habilidades (emprendedoras), las cuales son la capacidad de crear una nueva organización (Shane & Venkatraman, 2000). Estos ostentan más altos niveles de satisfacción laboral y de vida que los empleados (Blanchflower & Oswald, 1998); persiguen un beneficio, a través del trabajo individual o colectivo, innovan, identifican y crean oportunidades de negocios, emplean y coordinan nuevas combinaciones de recursos y de talentos (Lazerar, 2005).

Sin embargo, se han detectado problemas teóricos no abordados acerca de la personalidad del emprendedor (Yamada, 2004). Como es el caso de la participación de la autoestima. Según Kets de Vries (1996) evidencia empírica muestra que dentro de la caracterización psicológica del emprendedor se encuentran dificultades en la regulación de la autoestima. En caso contrario, para Duarte y Ruiz (2009) y Mora (2011) la alta autoestima forma una parte relevante del emprendedor, mientras que para Waters et al (2002), ésta se asocia de manera positiva sólo en la percepción de éxito de un negocio, a partir de la participación de un mentor formal.

Existe una diversidad de propuestas para estudiar la autoestima, lo cual ha impedido un consenso (Boden, Fergusson & Horwood, 2008). Un enfoque que ha crecido es su visión actitudinal, donde se entiende a esta variable como una actitud, al ser uno de los principales factores que determinan el comportamiento humano (Afari, Ward & Swe, 2012). También es entendida como el juicio personal de valía, expresado en actitudes que el individuo toma hacia sí mismo (Coopersmith, 1967). Actitud de aprobación o desaprobación e indica cuánto el individuo confía en sí mismo para sentirse capaz, significativo, exitoso y valioso (Pierce & Gardner, 2009).

La teoría del comportamiento planeado *(Theory of planned behavior)* señala que la conducta humana se encuentra prescrita por ciertas intenciones, las cuales son un factor motivacional (Ajzen, 1991). En este caso, el éxito de la creación de empresas se encuentra supeditado por actitudes, normas subjetivas y control comportamental (Mora, 2011). Las actitudes se asocian con las habilidades de emprendimiento (Kets de Vries, 1996), donde destaca la autoestima (Venkatraman, 2000; Roberts & Robinson, 2010; Mora, 2011; Arraut, Sánchez & Nova, 2011); ya que se requiere de la parte actitudinal para que las habilidades aprendidas se pongan en práctica.

Habilidad emprendedora

El término *entrepreneur* se utilizó por primera vez en Francia durante el siglo XVIII para designar a quienes compraban y revendían productos (Partida, Carrera & Villarreal, 2012). Posteriormente se identificó al emprendedor con el empresario innovador, el cual por medio de la innovación establece dentro del mercado un rompimiento creativo (Schumpeter, 1950).

El concepto de emprendimiento es definido por Yamada (2014), en dos formas: el primero se orienta hacia el interior de las organizacionales, aquí se encuentran las perspectivas de Mintzberg (1978), Stevenson y Jarillo (1990), Walcott y Lippitz (2007) quienes conciben emprendimiento como una característica organizacional;

mientras que el segundo se refiere a la capacidad de iniciar un nuevo negocio (Blanchflower & Oswald, 1998; Shane & Venkatrama, 2000). De tal modo es posible distinguir entre *intrapreneur y entrepreneur*; el primero aplica su talento dentro de la organización; mientras que el segundo, es quien crea su propia empresa (Nevarez, 2012).

Para comprender el rol del emprendedor es necesario entender su parte funcional como disfuncional (Yamada, 2004). Dentro de las competencias personales del emprendedor se encuentran la capacidad de motivación psicosocial, visión e imaginación creativa, necesidad de logro, trabajo en equipo, identificación de necesidades y liderazgo. Por otro lado, Kets de Vries (1977, 1985, 1996) señala que la disfunción forma parte de la esencia del emprendimiento, que se refleja en miedo al éxito y al fracaso, obsesión, alto grado de independencia y la pérdida de control. Tanto la parte funcional como disfuncional se conjugan para caracterizar a las habilidades emprendedoras.

La habilidad emprendedora puede definirse como una intención permanente de administrar recursos para generar resultados según la actividad que se desarrolla (Quintero, 2007). Se conforma por juicios evaluadores de personas, objetos o eventos. De tal modo, es necesario entender que para crear una empresa los emprendedores deben de poseer actitudes comunes que moderen su conducta (Shane & Venkatraman, 2000).

Dentro de las habilidades emprendedoras se pueden encontrar la capacidad de crear una nueva organización; búsqueda de beneficios económicos o sociales, trabajo individual o colectivo, innovación, identificación y creación de oportunidades de negocios, coordinación de nuevas combinaciones de recursos, combinación de talentos (Lazerar, 2005); necesidad de logro, disciplina, dinamismo, creatividad, flexibilidad y riesgo (Duarte & Ruiz, 2009). Dichas habilidades pueden englobarse en el conocimiento de sí mismo, visión de futuro, motivación de logro, planificación y persuasión (Tinoco, 2008).

Metodología

A partir de lo anterior se plantea el objetivo de la investigación que es: “Evaluar la relación entre la participación en proyectos de innovación, y el desarrollo de la autoestima y las habilidades emprendedoras en estudiantes de las diversas carreras de ingeniería del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST).”

Hipótesis de investigación

Se parte de la premisa de que la asociación y nivel de influencia de las variables debe presentarse en estudiantes de ingeniería del ITST de manera más significativa, pues dentro de su orientación académica debe evidenciarse el desarrollo de habilidades de emprendimiento, a partir de la participación en proyectos de innovación.

A partir de lo anterior se expone la siguiente hipótesis: **H_1:** La participación en proyectos de innovación influye de manera positiva sobre la autoestima y las habilidades emprendedoras en estudiantes de ingeniería
Para reforzar los posibles hallazgos sobre la prueba de la Hipótesis es necesario evaluar el nivel de influencia de las carreras universitarias dentro del diagnóstico de la autoestima y las habilidades emprendedoras. Por lo tanto, se plantea la segunda Hipótesis de estudio. **H_2:** Existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de autoestima y las habilidades emprendedoras de acuerdo con la carrera de estudio.

Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es cuantitativa, descriptiva y correlacional. Es cuantitativa porque se empleó la encuesta para recolección de datos con el fin de probar las hipótesis tomando como base análisis estadístico (Yan–Lu, 1987); descriptiva porque busca caracterizar una realidad (Briones, 1996). Es correlacional pues mide el grado de asociación entre dos o más variables; asimismo analiza el nivel de significancia en dicha relación (Rojas, Fernández & Pérez, 1998). Su diseño es no experimental, ya que las variables de estudio no fueron manipuladas, ni tampoco existió un control sobre sujetos o variables extrañas (Hernández, Fernández–Collado & Baptista, 2005).

Instrumento de medición

Se emplearon dos instrumentos de medición. Para evaluar la autoestima se utilizó el cuestionario de Coopersmith en su adaptación para México propuesto por Lara–Cantú et al (1993), compuesto por 25 reactivos en escala dicotómica (SI–NO). En la Tabla 1 se observa la valoración del nivel de autoestima la cual sigue la clave dada por Munro (2005)
Para las habilidades emprendedoras como se observa en la Tabla 2, se empleó la escala de medición de habilidad emprendedora presentado por Tinoco (2008), la cual se compone por 20 reactivos en escala Likert 5, donde

1=nunca y 5=siempre. Ésta se agrupa en cuatro factores: conocimiento de sí mismo, visión de futuro, motivación de logro, planificación y persuasión. Los anteriores son evaluados de 1–4 (muy bajo) a 17–20 (muy alto).

Tabla 1. Interpretación de Nivel de Autoestima

Puntaje	Interpretación
Menores a 10	Muy baja
Mayores o igual a 10 y Menores a 15	Baja
Mayores o igual a 15 y Menores a 20	Normal
Mayores o igual a 20 y Menores a 25	Alta
Mayores o igual a 25	Muy alta

Fuente: Munro (2005)

Tabla 2. Interpretación de la Evaluación de Habilidad Emprendedora

Puntaje	Calificación
De 1 a 4	Muy bajo
De 5 a 8	Bajo
De 9 a 12	Mediano
De 13 a 16	Alto
De 17 a 20	Muy alto

Fuente: Tinoco (2008)

La muestra

La muestra está compuesta por los alumnos y exalumnos que han participado con proyectos innovadores en eventos locales, regionales, nacionales e internacionales de emprendedurismo como son: Expo-Ciencias Puebla, Emprendedores y Empresarios (JA Puebla), Evento Estudiantil Nacional de Innovación Tecnológica del TecNM (ENEIT), Feria Nacional de Ciencia y Tecnología (FENCyT) entre otros.

Como se observa en la Tabla 3, mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia se obtuvo una muestra de 147 participantes de las carreras de Ingeniería en Gestión Empresarial (IGE), Ingeniería Industrial (II), Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC), Ingeniería en Informática (IINF), Ingeniería en Industrias Alimentarias (IIA) e Ingeniería en Mecatrónica (IM).

Tabla 3. Delimitación de la Muestra (? =147)

Carrera	Frecuencia	Porcentaje
Ingeniería en Gestión Empresarial	33	22.44
Ingeniería Industrial	38	25.85
Ingeniería en Sistemas Computacionales	19	12.93
Ingeniería en Informática	13	8.85
Ingeniería en Industrias Alimentarias	31	21.08
Ingeniería en Mecatrónica	13	8.85
Total	**147**	**100**
Género	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Femenino	85	57.83
Masculino	62	42.17
Total	**147**	**100**
Semestre	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Cuarto	58	39.45
Sexto	69	46.95
Octavo	20	13.60
Total	**147**	**100**

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Resultados y discusión

Dentro de esta etapa se evaluó en primera instancia la confiabilidad, la cual expresa el grado de precisión de medida o exactitud y predictibilidad (Morales, 2007), cuyos valores deben ser de preferencia =0.7 (Cameron & Quinn, 2006). La autoestima obtuvo un valor (? =0.735), mientras que para los componentes de habilidad emprendedora fueron: Conocimiento de sí mismo (? =0.706), Visión de futuro (? =0.721), Motivación de logro (? =0.759), planificación (? =0.64) y persuasión (? =0.65). Como se observa en la Tabla 4, dentro de los resultados descriptivos, en la variable autoestima se encontró que el 65 % de los respondientes mostraron un nivel de autoestima Media Alta y 20 % Alta, los cuales en conjunto corresponden al 85 % de la muestra. Mientras que sólo 3 % y 5 % obtuvieron valores de bajos.

Referente a las habilidades emprendedoras como se observa en la Tabla 5, se encontraron valores altos dentro de la calificación de los cinco factores del instrumento de medición.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Nivel de Autoestima (? =147)

Autoestima	Frecuencia	Promedio (%)
Baja	4	3
Media Baja	7	5
Media	11	7
Media Alta	95	65
Alta	30	20
Total	147	100

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Tabla 5. Descriptivos: Habilidad Emprendedora (? =147)

Constructo	Reactivos	Puntaje	Calificación
Conocimiento de sí mismo	4	13.29	Alto
Visión de futuro	4	13.23	Alto
Motivación de logro	4	14.19	Alto
Planificación	4	13.27	Alto
Persuasión	4	12.37	Alto
Total	20	13.27	Alto

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Dentro de la parte inferencial de los resultados se realizó correlación de *Spearman* (se usa cuando las variables no siguen la curva normal). El coeficiente de correlación de Spearman es una prueba no paramétrica que mide la asociación o interdependencia entre dos variables medidas, de las cuales al menos una de ellas está en escala ordinal, como es el caso de las habilidades emprendedoras que se encuentran en escala Likert 5.
Se encontró que la variable de autoestima se asocia de manera significativa y positiva con todos los factores de habilidad de emprendimiento: conocimiento de sí, visión de futuro, motivación de logro, planificación y persuasión. Por lo que dichos resultados son suficientes para soportar H_1 donde se sostiene que los proyectos de innovación, autoestima y las habilidades emprendedoras influyen de manera positiva y significativa.

Dentro del análisis estadístico se realizó comparación de medias por medio de ANOVA o Análisis de Varianza de un factor, tomando como base las carreras de ingeniería cursadas. La ANOVA de un factor es una prueba que analiza si dos o más grupos presentan diferencias significativas entre sí en cuanto a sus medias y varianzas (Hernández, Fernández–Collado & Baptista, 2005). En la Tabla 6 se muestran los resultados significativos de la prueba en la visión de futuro (F=4.0; p ?=0.05).
Los hallazgos fueron suficientes para soportar H_2, al observa que no existen diferencias notables entre las ingenierías cursadas dentro del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán lo cual demuestra que los estudios no influyen sobre la autoestima y las habilidades emprendedoras.

Tabla 6 ANOVA de un factor (Carrera) (? =147)

		Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F
Conocimiento de sí mismo	Inter grupos	5.779	6	.963	1.989
	Intragrupo	67.835	140	.484	
	Total	73.613	146		
Visión de futuro	Inter grupos	9.783	6	1.63	4.00
	Intragrupo	57.117	140	.407	
	Total	66.900	146		
Motivación de logro	Inter grupos	2.727	6	.454	.897
	Intragrupo	70.823	140	.506	
	Total	73.550	146		
Planificación	Inter grupos	6.346	6	1.057	2.39
	Intragrupo	61.743	140	.441	
	Total	68.089	146		
Persuasión	Inter grupos	2.710	6	.452	.908
	Intragrupo	69.785	140	.498	
	Total	72.495	146		
Autoestima	Inter grupos	127.611	6	21.26	1.53
	Intragrupo	1941.096	140	13.86	
	Total	2068.707	146		

***=0.05 Fuente: Elaboración Propia (2019)**

Por lo tanto a partir de los resultados que se obtienen se destaca en primera instancia que existe un vínculo importante entre el desarrollo actitudinal, la autoestima y las carreras de ingeniería que contribuyen al desarrollo de las habilidades del emprendedor lo que determina que es necesario seguir incorporando elementos que promuevan el emprendimiento en los estudiantes para que sean capaces de convertirse en empleadores.

En segundo lugar los hallazgos muestran valores favorables de asociación significativa y positiva entre la autoestima, las habilidades emprendedoras, las habilidades del conocimiento de sí mismo, visión de futuro, motivación de logro, planificación y persuasión lo que puede garantizar un éxito dentro de la generación de negocios, al ser retomado desde la formación universitaria.

Los alumnos encuestados al participar en los programas de emprendimiento se encuentran dotados de espíritu emprendedor poseen la capacidad de innovar; tienen voluntad de probar cosas nuevas o hacerlas de manera diferente, presentan así mismo una doble faceta, ya que por un lado saben lanzar nuevos proyectos con autonomía, capacidad de asumir riesgo, con responsabilidad, con intuición, con capacidad de proyección al exterior y con capacidad de reaccionar y resolver los problemas.

Por lo tanto se puede mencionar que la autoestima ayuda a tener una mejor relación con nuestro entorno y con nosotros mismos. Aquellos emprendedores que cuentan con una autoestima baja suelen ver a los pequeños obstáculos como motivos suficientes para dejarse vencer, pues no se consideran capaces de afrontar desafíos realmente importantes. Por el contrario, el emprendedor con una buena autoestima es consciente de su fortaleza al momento de atravesar por distintas situaciones que supongan escoger opciones o tomar decisiones realmente trascendentales.

Trabajo a futuro

Dentro de las limitaciones del estudio se cita el tamaño de la muestra y el muestreo empleado, el cual no fue probabilístico. Esto impide describir el escenario aproximado de 2,700 estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. Otra limitación se encuentra en la escala empleada para la medición de la autoestima, es decir, dicotómica. Sería conveniente para las siguientes investigaciones usar el cuestionario de Rosenberg (1965), que administra una escala likert, la cual podría beneficiar en el análisis estadístico. A pesar de ello, los resultados pueden ser un referente para conjuntar a las variables de estudio con el fin de entender de mejor manera la psicología del emprendedor.
Atendiendo a tales recomendaciones se espera un mejor acercamiento a una realidad universitaria que no sólo debe de preocupar a las instancias educativas sino a la gubernamental y social. Ya que la educación emprendedora puede brindar capacidades e instrumentos para que los estudiantes se constituyan en agentes de desarrollo económico y social (Vigorena, 2006)

Conclusiones

Se logra el objetivo de la presente investigación ya que al evaluar la asociación entre la participación en proyectos de innovación, y el desarrollo de la autoestima y las habilidades emprendedoras en estudiantes de las diversas carreras de ingeniería del Instituto, podemos decir que el espíritu emprendedor está estrechamente ligado a la iniciativa y a la acción ya que el 73.1% de los encuestados contestó proyectarse como generador de una empresa dentro de los próximos 10 o 12 años, lo cual denota la intención de emprender.
No se encontró evidencia de que la autoestima y las habilidades emprendedoras dependan de las carreras universitarias, lo que puede ser un punto de partida para evaluar cómo influyen los nuevos planes de estudio para formar egresados capaces de generar empleos. En el caso concreto del ITST trata de cambiar el paradigma, añadiendo asignaturas a los planes de estudio, talleres y participación en eventos que contemplan la formación del emprendimiento.
En conclusión, educar en la creatividad es educar para el cambio y formar personas innovadoras, originales, flexibles, con visión futurista, iniciativa propia y confianza en sí mismos; personas amantes de los riesgos y listas para afrontar los obstáculos y problemas que se les van presentando en su vida escolar y cotidiana. Educar el espíritu emprendedor exige formar a los alumnos en la responsabilidad, el compromiso, el esfuerzo, la dedicación, la perseverancia y el espíritu de trabajo. Todo esto nos da una buena idea del panorama emprendedor que existe en el ITST, sin embargo, todavía hay mucho por hacer.

Referencias

1. Afari, E., Ward, G. & Kline, M. S. (2012). Global self-esteem and self-efficacy correlates: Relation of academic achievement and selfesteem among Emirati Students, International Education Studies, Vol. 5. No. 2. pp. 49-57.
2. Ajzen, I. (1991). The theory of Planned Behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes No. 50. pp. 179-211.
3. Banco Mundial (1995). La enseñanza superior. Las lecciones derivadas de la experiencia. Washington, DC: Autor.

4. Blanchflower, D. G., & Oswald, A. (1998). What makes an Entrepreneur. Journal of Labor Economics, Vol. 16. No. 1. pp. 26-70.
5. Boden, J. M., Fergusson, D. M. & Horwood, L. (2008). Does adolescent self-esteem predict later life outcomes? A test of the causal role of s e l f - e s t e e m . D e v e l o p m e n t a n d Psychopathology, No. 20. pp. 319-339
6. Briones, G., (1996). Metodología de la Investigación cuantitativa en las ciencias sociales. Colombia: ICFES.
7. Cameron, K., & Quinn, R. (2006). *Diagnosing and Changing Organizational Culture, Based on the Competing Values Framework.* USA: Jossey–Bass.
8. Coopersmith, S. (1967). The antecedents of selfesteem. San Francisco: Freeman
9. Delors (1996). La educación encierra un tesoro. Informe para la Comisión Internacional para la Eduación para el siglo XXI. España: Santillana.
10. Dosal, C., Gutiérrez, C. I. & Saracho, A. (2012) ¿Quiénes son los emprendedores innovadores mexicanos?México: Fundación IDEA, A.C.
11. Duarte, T., & Ruiz, M. (2009). Emprendimiento, una opción para el desarrollo. Scientia et Technica. No. 23. pp. 326-331.
12. Gartner, W. (1985). A conceptual framework for describing the phenomena of venture reaction. Academy of Management Review. Vol. 10. No. 4. pp. 696-706.
13. Hernández, R. Fernández-Collado, C. & Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación. 4ª ed. México: McGraw Hill.
14. Kets de Vries, M. F. R. (1977). The entrepreneurial personality: a person at the cross-road. Journal of Management Studies. Vol. 14. No. 1. pp. 34- 57.
15. Kets de Vries, M. F. R. (1985). The dark side of entrepreneurship. Harvard Business Review. November-December. pp. 160-167.
16. Kets de Vries, M. F. R. (1996). The anatomy of the entrepreneur: Clinical observations. Human Relations. Vol. 49. No. 7. pp. 853-883.
17. Lara-Cantú, M. A., Verduzco, M. A. Acevedo, M . & Cortés, J. (1993). Validez y confiabilidad del inventario de autoestima de Coopersmith para adultos, en población mexicana. Revista Latinoamericana de Psicología. Vol. 25. No. 2. pp. 247-255.
18. Lazear, E. P. (2005). Entrepreneurship. Journal of Labor Economics. Vol. 23. No. 4. pp. 649-680.
19. Lozano, O. & Niebla J. C. (2011). El emprendedor de la empresa familiar mexicana, una visión crítica. Gestión y Estratgia. 4 0 julio/diciembre. pp. 65-72.
20. Mintzberg, H. (1978). Patterns in strategy formulation. Management Science. Vol. 24. No. 9. pp. 934-948.
21. Mora, R. (2011). Estudio de actitudes emprendedoras con profesionales que crearon empresa. Revista escolar de administración y negocios. No. 71. pp. 70-83.
22. Morales, P. (2007). La fiabilidad de los tests y escalas. Universidad Pontificia Comillas. Disponible en http://www.upcomillas.es. Accedido el 03/01/2013.
23. Morales, I. (2011). Las Pymes en México; entre la creación fallida y la destrucción creadora. *Economía informa.* No. 366. pp. 39–48.
24. Munro, S. R. (2005). Evaluación de la autoesitma y su relación con la funcionalidad familiar en los médicos de las unidades de medicina familiar. Zona No. 1. IMSS, Colima. Tesis para obtener el diploma en especialista en medicina familiar. Universidad de Colima.Colima.
25. Nevarez, M. J. (2012). Dimensiones del emprendedurismo desde una visión universitaria. ING-NOVACIÓN. Vol. 2. No. 4. pp. 1-7.
26. Partida, A., Carrera, M. M. & Villarreal, L. A. (2012). Análisis de las motivaciones, factores de éxito y obstáculos a espíritu empresarial: estudio comparativo entre México, EE. UU. y Turquía. Innovaciones de Negocios. Vol. 9. No. 8. pp. 207-231.
27. Pierce, J. L. & Gardner, D. G. (2009). Relationships of personality and job characteristics with organization-based self-esteem. Journal of Managerial Psychology. Vol. 24. No. 5. pp. 392-409.
28. Quintero, C. (2007) Generación de competencias en jóvenes emprendedores. UNABhttp://www.usmp.edu.pe/facarrhh/prim er_congreso_ippeu_boletin/ppts/Carlos_Quint eros.pdf. Accedido el 23/03/2013.
29. Robinson, P., & Hayne s, M. (1991). Entrepreneurship in Education in America´s major universities. Entrepreneurship Theory Practice. Vol. 15. No. 3. pp. 41-52.
30.Rojas, A. J., Fernández, J. S., & Pérez, C. (1998). Investigar Mediante Encuestas. Madrid: Editorial Síntesis.
31. Rosenberg, M. (1965). *Society and the adolescent self–image*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
32. Shane, S., & Venkatraman, S. (2000). The promise of entrepreneurship as a field of research. Academy of Management Review. Vol. 25. No. 1. pp. 217-226.
33. Schumpeter, J. (1950). *The process of creative destruction, capitalism, socialism and democracy:* Harper & Row.

34. Thornton, P. H. (1999). The sociology of entrepreneurship. Annual Review of Socioogy, 2 5 , 1 9 - 4 6 . D i s p o n i b l e e n : http://www.jstor.org/stable/223496. Accedido el 18/09/2014.
35. Tinoco, O. (2008). Medición de la capacidad emprendedora de ingresantes a la Facultad de Ingeniería de la UNMSM. Industrial Data. Vol. 11. No. 2. pp.18-23.
36. Venkatraman, S. (2000). The promise of entrepreurship as a field of research. Academy of Managemente Review. Vol. 25. No. 1. pp. 217-226.
37. Vigorena, F. (2006). Educación emprendedora. *Pharos.* Vol. 13. No. 1. pp. 56–65.
38. Waters, L., McCabe, M., Kiellerup, D. & Kiellerup, S. (2002). The role of formal mentoring on business success and self-esteem in participants of a new business startat-up program. Journal of business and psychology. Vol. 17. No. 1. pp. 107-121.
39. Yamada, J. (2004). A multi–dimensional view of entrepreneurship. Towards a research agenda on organization emergence. *Journal of Management Development.* Vol. 23. No. 4. pp. 289–320

Reducción de scrap y optimización de recursos en la fabricación de componentes para fluidos automotrices

E. Covarrubias Ramírez[1], D.F. Reynoso Hernandez[2], M. Gallegos López*, [2] J.M Capetillo Gómez[2,] *C.O. Zambrano de la Torre[3]*

[1]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí,

[2]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí

[3]Estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí,

eliscova@yahoo.com.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El presente proyecto fue llevado a cabo en una empresa de manufactura de componentes y ensambles de fluidos para la transmisión en la industria automotriz en la Ciudad de San Luis Potosí que produce alrededor de 170 números de partes, en base a las necesidades del entorno del área automotriz; fue una propuesta e implementación de mejora continua para la reducción de scrap y optimización de recursos en la fabricación de ensamble de componentes, para lo cual se utilizaron diagramas de flujo, la metodología DMAIC y Herramientas de Calidad, que son útiles para detectar e identificar las causas que generan el scrap y el retrabajo por partes erróneas.
Esta propuesta contribuyó a la mejora del proceso y la optimización de recursos del área, impactando en el resto de los números de parte, lo cual implicó una reducción de costos a mayor escala.

Palabras clave: *Mejora Continua, DMAIC, Scrap.*

Abstract

The present project was carried out in a company that manufactures fluid components and assemblies for transmission in the automotive industry in the City of San Luis Potosí, which produces about 170 numbers of parts, based on the needs of the area's environment automotive; It was a proposal and implementation of continuous improvement for scrap reduction and resource optimization in the manufacture of component assemblies, for which flow charts, the DMAIC methodology and Quality Tools were used, which are useful to detect and identify the Causes that generate scrap and rework by wrong parts. This proposal contributed to the improvement of the process and the optimization of resources in the area, impacting the rest of the part numbers, which implied a reduction of costs on a larger scale.

Key words: *Continuous Improvement, DMAIC, Scrap*

Introducción

Hasta los años 90´s la industria automotriz americana tuvo que adoptar el sistema que fue inspirado en los principios de Edward Deming y se le llamó “Toyota Production System”, a fin de mantenerse competitiva, de ahí la necesidad de cambiarle el nombre a “Lean Manufacturing” o sea “Manufactura Esbelta” (Guerrero, 2016). Su objetivo es implementar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir costos, mejorar los procesos y eliminar desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes e incrementar su margen de utilidad.

La metodología Six Sigma involucra una serie de principios fundamentales mejor conocido por su acrónico DMAIC que se basa en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Comparte algunos objetivos y pueden ser complementarias con la metodología Lean Manufacturing lo que conlleva una nueva metodología fusionada llamada Lean Six Sigma (LSS) (Womack, 2005).
Según (Lorenzo & Prado, 2010), la mejora continua es una de las principales herramientas que permiten a las organizaciones aumentar su competitividad. La mejora continua es una herramienta que revisa continuamente las operaciones dentro de las organizaciones con la finalidad de optimizar su competitividad; aprovechar al máximo todos los recursos de la organización, incluyendo los recursos humanos.
En esta empresa se producen partes para la transmisión automotriz. Dentro de las líneas de producción se realizan muchas operaciones tales como: Corte, Formados, Criptados, Doblados, Ensamble y Prueba de fuga. Todos estos maquinados trabajan con tolerancias específicas y se realizan en serie ya que una pieza que sale de un proceso, inmediatamente y pasa a otro; en caso de que un proceso falle, las siguientes arrastrarán el error y dará como resultado una pieza que no cumpla con los requerimientos o especificaciones, considerándose esta como un desecho (scrap), perdiéndose materia prima, tiempo horas-hombre y otros insumos (Ballesteros, 2019).
Para resolver la problemática descrita, se procedió a realizar la detección de defectos en el área de Ensamble de componentes y se disminuyeron los niveles de scrap, por lo que se generó un incremento en las ganancias económicas para la empresa. También se detectaron los factores que afectan la productividad de las líneas de producción principalmente en el Área de Ensambles.
En este proyecto se implementó la mejora continua haciendo uso de la metodología DMAIC, herramientas de calidad y diagramas de flujo principalmente. Se utilizó el procedimiento AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas) (López, 2019) y se adecuaron los formatos del Plan de Control y AMEF; también se diseñó el Formato de Hoja de Control, para uso de operarios, dicho formato permitió a los operarios identificar los requerimientos como: tolerancia, instrumentos de control, frecuencia de control y persona responsable. Se tuvo un impacto favorable ya se redujo en gran porcentaje la cantidad de scrap.

Metodología

Definir

Esta fase de la metodología DMAIC consiste en identificar aspectos claves de la organización. En el diagnóstico de la situación actual y como punto de partida del proyecto, se estudió más a detalle la línea de ensamble de componentes dedicada a un cliente determinado. Se extrajo una lista de las CTQ (Critical to Quality) por sus siglas en inglés, críticos de la calidad (Pérez, 2013), y se identificó el que ocasionaba mayor cantidad de scrap por lo cual se definió desarrollar el proyecto para la pieza de ensamble de la transmisión para un solo cliente.

Descripción de la tabla de operaciones

Cabe mencionar que para todas las operaciones que se realizaban anteriormente, no contaban con “Hojas de Control”, las cuales se propusieron y se implementaron en el desarrollo de este proyecto aportando valor a todo el proceso de reducción de scrap.

Al iniciar el proyecto se analizaron todas las operaciones implicadas en el número de parte elegido de acuerdo al siguiente orden (Figura 1):

1. Recibo de la materia prima. El área de almacén recibe la materia prima y la registra en el sistema ERP y el número de parte se asigna de manera automática que establece el sistema de ERP para su identificación y trazabilidad.
2. Inspección y liberación de materia prima. El área de calidad realiza la inspección de la materia prima, una vez que ha sido notificado por el sistema ERP y una vez que ha sido validada, que consiste en el llenado de las hojas de registro de liberación de materia prima, se procede a escanearlas y resguardarlas en el SGC como evidencia de la liberación. En caso de que no cumpla con las especificaciones la materia es asignada al área de cuarentena y se identifica también en el ERP.
3. Operación 1 y 2 (doblado de tubos Y y Z). Esta operación es realizada en el área de producción y consiste en ingresar la parte a la máquina de tubos Y y Z. Se llevan a cabo las siguientes actividades:
    a) El operador realiza el check list de verificación de máquina para asegurarse que la máquina se

 ISSN 2007-8102

encuentre en condiciones.

b) Cada dos horas el operador realiza su registro de control de calidad para validar que se cumplan con las especificaciones.
c) Realiza el llenado del formato de producción.

4. Operación 3 ensamble de componentes. En el área de producción también se realiza esta actividad que consiste en asignar y ubicar cada componente en la máquina de ensamble para asegurar que cumpla con las especificaciones requeridas.
5. Operación 4 prueba de fuga (detección de defectos en pieza), el operador coloca la pieza en la máquina haciendo uso de las hojas de control en la cual la máquina detecta si presenta o no la fuga. Si es correcta pasa a la siguiente operación y si no es correcta, se envía a scrap.
6. Operación 5 inspección final y empaque. En esta operación el área encargada es calidad, la cual consiste en realizar una inspección visual a toda la pieza asegurándose que no tenga daños físicos y posteriormente empacar la pieza.

Part Number	Operation Code	Operation Description	Illustration #
84527057	00-001	Receive & inspect raw materials. Hold in designated storage areas	N/A
84527057SY	20-776	Install o-ring and crimplock 90° fitting	E05717
	40-963	Dedicated Bend Y ASM., manually install assurance cap, install o-ring on pilot and 1 clip	N/A
84527057SZ	40-964	Dedicated Bend Z ASM., manually install assurance caps, install o-ring on pilot,grommet	N/A
	20-775	1/2" Dual Crimp-Lock to block & assemble bracket.	E05716
	50-643	Leak test (165 PSI max) assembly and install fold over clips (x2), . Manual Assembly Shipping Caps (LNQC and Block end) pack and inspect	N/A
	99-001	Move to finished goods stock area. Store & ship per customer schedule	N/A

Figura 1. Descripción de operaciones por número de parte
Fuente: Empresa automotriz

Para la asignación de responsabilidades se consideraron los roles y las actividades cruciales para el desarrollo del proyecto (Figura 2).

MATRIZ DE RESPONSABILIDADES				
Diagrama RACI	Persona			
Actividad	Ing. Calidad Jr	Ing. SGC	Residente Calidad	Ing. Calidad Sr.
Recolección de datos	A		R	
Definir área de mejora		R	C	A
Plan de herramientas	C	A	R	
Reporte de avance		A	R	I
Reporte de alguna falla	C	I	R	
Monitoreo de proceso	C	A	R	I
Documentación de proyecto		A	R	I
Resultados		A	R	I
Cierre de proyecto		A	R	I

R= Responsable — *Responsable de la actividad*
A= Aprobador — *Responsable de que la actividad se ejecute*
C= Consultado — *Información o capacidad necesaria para la ejecución*
I= Informado — *Es informado sobre el avance y resultados de ejecución*

Figura 1. Matriz de responsabilidades
Fuente: Empresa automotriz

Además, se realizó un muestreo por semana de acuerdo a piezas producidas, defectos encontrados y oportunidades según las CTQ para obtener la medida de la eficiencia del proceso actual “DPMO” también conocido como Defecto Por Millón de Oportunidades (Escalante, 2008), la cual arrojó que existen 38, 857 oportunidades de que las piezas salgan defectuosas por un millón de piezas producidas. Esto indica un nivel de sigma de 3.3, y un rendimiento del 96% por ende se estableció como línea base y punto de partida de la mejora del proyecto.

 ISSN 2007-8102

Medir

En esta etapa de recolección de datos, primeramente, se realizó un estudio de repetibilidad y reproducibilidad para garantizar que el sistema de medición es óptimo para la factibilidad de datos.

En la figura de la izquierda se muestran los resultados de repetibilidad y sesgo y/o exactitud. El evaluador A coincide en un 98% mientras que el evaluador B Y C en un 100% lo que lo vuelve casi perfecto (Figura 3).

En cuanto al sesgo y/o exactitud el que el evaluador A coincide en un 92% contra el estándar mientras que los evaluadores B y C en un 96% y 94% respectivamente.

En la figura de la derecha se muestra el análisis de repetibilidad a detalle en donde el indicador Kappa debe estar entre -1 y +1 el cual teniendo indicador de 0.9 lo vuelve excelente y 1.0 perfecto (Gutiérrez, 2009). En el presente R&R se obtuvo indicadores de 0.91158 en el evaluador A, los evaluadores B y C obtuvieron un indicador de Kappa 1.000 lo que concluye que el sistema de medición es adecuado y apto para operar (Figura 4).

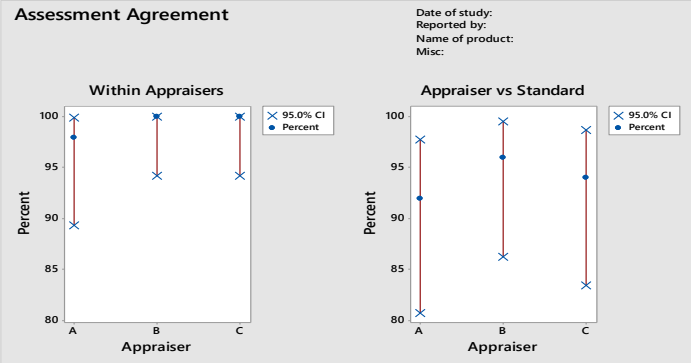


Figura 3. Gráfica de resultados de R&R
Fuente: Empresa automotriz

Attribute Agreement Analysis for Person A1, Person A2, Person B1, Person B2, Person C1, ...

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
A	50	49	98.00	(89.35, 99.95)
B	50	50	100.00	(94.18, 100.00)
C	50	50	100.00	(94.18, 100.00)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
A	G	0.91158	0.141421	6.44586	0.0000
	NG	0.91158	0.141421	6.44586	0.0000
B	G	1.00000	0.141421	7.07107	0.0000
	NG	1.00000	0.141421	7.07107	0.0000
C	G	1.00000	0.141421	7.07107	0.0000
	NG	1.00000	0.141421	7.07107	0.0000

Figura 4. Indicador Kappa
Fuente: Empresa automotriz

Se utilizó técnicas de muestreo basadas en TQM por sus siglas en inglés Total Quality Managment, es una estrategia de gestión de la calidad y mejora continua basada en crear conciencia de calidad para todos los procesos organizacionales (Gutiérrez, 2009), de aquí surge el qué, cómo, cuándo, quién y donde hay que medir. De esta estrategia nacen las técnicas de muestreo, de las cuales los datos fueron recolectados de las hojas de registro que llenan los operadores (Figura 5.) basado en características de apariencia ya que los procesos de las líneas son controlados por máquinas robotizadas las cuales tienen su programación configurada de acuerdo a los requerimientos del cliente.


HOJA DE REGISTRO

Registre según lo indicado en la hoja de control

PROCESO: OPERACION #4

Q4-XXX

FECHA DE REVISION:
Rev.:

Número de Parte	Fecha	No de Lote	Hora	Obturador	Fecha ca obturador	Protector de conector	Cubierta	Condiciones	Operador - Calidad: Apariencia de acuerdo a QX-XXX	Operador - Calidad: Resultado final	Operador	Calidad
				Ok / Nok	Ok / Nok	Ok / Nok	Ok / Nok	Ok / Nok	Ok / Nok	Ok / Nok		

Figura 5. Hoja de Registro
El presente formato de registro tiene derechos reservados, es mostrado exclusivamente para fines informativos, dicho formato es similar al establecido.
Fuente: Empresa automotriz

 ISSN 2007-8102

Analizar

En seguida se procedió a realizar el análisis de los datos obtenidos mediante la técnica de muestreo. Se elaboró un diagrama de Pareto y de causa y efecto para identificar el problema planteado con anterioridad y lograr su solución. Para ello se analizó el Plan de control y AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallos) para verificar los controles implementados y sus posibles fallos en cada uno de los procesos que se manejan en el área de ensamble, los cuales están compuestos por: dobladoras, ensamble de componentes, prueba de fuga e inspección final, de esta manera se concluyó que el nivel de scrap impactaba en su mayoría en la operación de pruebas de fuga y dobladoras automáticas; por lo tanto se determinó que se trabajaría con la prueba de fuga ya que los costos fueron los más altos y la cual corresponde a la operación No. 4 (Figura 6).

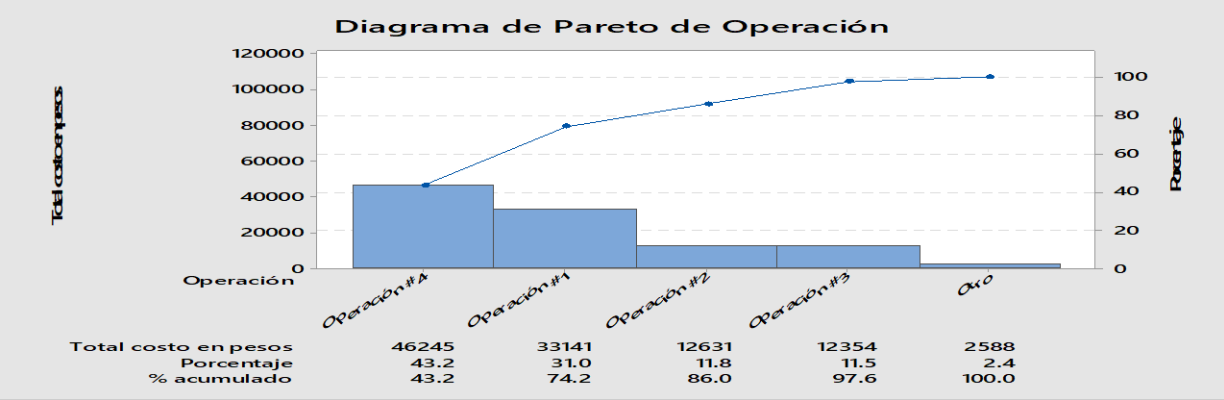


Figura 6. Diagrama de Parteo de operación
Fuente: Empresa automotriz

Para garantizar que las piezas cumplan con las especificaciones requeridas, se procedió a asegurar cada uno de los procesos anteriores, implementando la primera acción que consistió en un control manual en la liberación de materia prima, ya que no se contemplaba medir la longitud de los tubos, esto, debido a que no se contaba con un instrumento de medición superior a los mil milímetros que pudiese medir las piezas en su liberación, lo cual era una de las razones por las que se estaba incrementando el scrap en las dobladoras automáticas al pasar piezas fuera de especificaciones (Figura.7). Para ello, se adquirió un calibrador Vernier con capacidad de medir más de mil milímetros y se agregó la característica longitud de tubo a la hoja de liberación de materia prima.

No. de parte	Nombre de la parte		No. de dibujo	Revisión del dibujo		Fecha del dibujo	No. de muestra
84527057	SUB ASSEMBLY						
Proveedor	Cantidad total recibida	No. de cajas recibidas	Fecha de recepción	No. de orden de compra		Fecha de liberación	

No.	Característica	Nominal	Tolerancia	Instrumento de medición	Resultados de la medición									
					M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1	DIAMETRO DE PILOTO	12.60	12.10-13.10	VERNIER										
2	DIAMETRO DE CONECTOR	16.46	16.38-16.54	VERNIER										
3	DIAMETRO DETRÁS DEL CONECTOR	13.59	13.46-13.72	VERNIER										
4	DIAMETRO EXTERNO DE [illegible]	16.5	15.75-17.25	VERNIER										
5	DIATANCIA DE CRIMPADO	12	11.25-12.75	VERNIER										
6	DIAMETRO DE CRIMPADO	19.4	19.20-19.50	VERNIER										
7	ANCHO DE CRIMPADO	2.0	BASICA	VERNIER										
8	DIAMETRO PRIMER BEAD	17.15	17.05-17.25	VERNIER										
9	DIAMETRO SEGUNDO BEAD	15.30	14.30-16.30	VERNIER										
10	ANCHO DE PRIMER BEAD	2.70	2.50-2.90	VERNIER										
11	ANCHO DE SEGUNDO BEAD	2.90	2.65-3.15	VERNIER										
	DISTANCIA ENTRE BEADS	10.71	10.21-11.21	VERNIER										
12	LONGITUD DE PILOTO	9.48	9.33-9.48	VERNIER										
	LONGITUD DE TUBO SYA	1023.25	1022.55 - 1023.95	ESCALA										
	LONGITUD DE TUBO SYB	1023.25	1022.55 - 1023.95	ESCALA										
	LONGITUD DE TUBO SZA	1043.5	1042.80 - 1043.5	ESCALA										
	LONGITUD DE TUBO SZB	1044.5	1042.80 - 1043.6	ESCALA										

Figura 7. Formato de registro de liberación de materia prima.

 ISSN 2007-8102

Mejorar

Después de haber hecho el análisis se identificó la causa por la cual se estaba generando la mayor cantidad de piezas erróneas. Se optó por aplicar una serie de acciones correctivas como parte de la etapa de mejora.
La causa raíz de dicho problema surgió de la operación número 4 en donde se le hace una prueba de fuga a la pieza para verificar que no haya ningún escape de aire o fluidos. Al tratarse de la penúltima operación del proceso, se analizó a mayor detalle la operación anterior (operación 3) la cual ensambla los tubos en el obturador, es aquí donde se le agregó al Plan de control y al AMEF una nueva verificación por medio de un PIN el cual sirve para asegurarse que entre el ensamble de los tubos y el obturador no exista un espacio por el cual pueda fugar la pieza. Este nuevo control es registrado por el operador al iniciar operación y a cada hora. Cabe mencionar que este tipo de control es nivel 1 o bien de tipo manual, por lo que su implementación tendrá intervención del personal y para ello se requiere de capacitación (Figura 8 y 9).

OPER.#	PROCESS STEP	FUNCTION REQMT'S	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL EFFECTS OF FAILURE	SEV	CLASS	POTENTIAL CAUSE(S)/ MECHANISM(S) OF FAILURE	CURRENT PROCESS CONTROLS **PREVENTION**	OCCUR	CURRENT PROCESS CONTROLS **DETECTION**	DETECT	RPN	Severity Zone	Detection Zone	Priority Level	RECOMMENDED ACTION (S)	RESP. & TARGET COMPLETION DATE	ACTION TAKEN	SEV	OCC	DET	RPN
40-964	Load part into machine	Orientation of Ferrules must be crimped Work Instruction Q3-1890 CP 84527057	Uncrimped ferrule	Internal:Scrap 100% of parts offline (8) OEM: Unable to install (8) Final Customer: Unable to install (8)	8		**Machine:** Worn, damage or missing pin **Material:** Mieved of material in line **Method:** Material stock is not verified **Labor:** Operator |without training	**Machine:** Maintenance preventive for pin **Material:** Material Audit **Method: verification of stock of material to each container** **Labor:** Continuous operator training	2	Uncrimped poka yoke pins and Go-Nogo in feeder rail - unable to feed uncrimped down feeder rail	3	48	2	3	2							0

Figura 8. Formato de AMEF muestra los controles implementados. Y los posibles fallos de esa característica
Fuente: Empresa Automotriz

PROCESS NUMBER	PROCESS NAME	MACHINE NO.	PRODUCT	PROCESS	SPEC CHAR. CLASS	SPECIFICATION	MEASUREMENT TECHNIQUE	QTY	FREQUENCY	CONTROL METHOD	REACTION PLAN
50-643 1/2" 84 Operation insurer and leak test											
			Crimp integrity	Inspect	–	1.25 mm MAX gap check in 4 places.	Visual and 1.25 mm No Go Pin Gauge if gauge appears excessive	1 pc	Tooling first off	First off inspection form	Reaction plan Q3-1899
								100%	Record 1 pc every hour	I/P Inspection log & machine specific work instruction	
			Crimplock Height	Inspect	◇	5.85 - 6.15 mm (2 places)	Shadow Graph and Go-Nogo	1 pc	Shift off, tooling first off	First off / shift off form, SPC	Reaction plan Q3-1899
			Tube Collapse	Bend	–	No collapse below 80% of the tube diameter allowed on bend points (Ok / Nok) 80% MIN	Verify vs No GO (No go to 80% of diameter to control minumin requirement) QC-421A	3 pcs	First off	In-process Inspection Log, Inspection and Gauging Instructions, Machine Specific Work Instructions	Reaction plan Q3-1899
								100%	Record 1 pc every 2 hour		

Figura 9. Formato de Plan de Control, muestra las especificaciones el método de control, cantidad y frecuencia, de la característica a checar.

Además, se implementaron ayudas visuales explicativas en hojas de instrucción de control de calidad e instrucciones de trabajo de la máquina para que los operadores pudiesen ejecutar las acciones sin ningún problema (Figura 10).

CARACTERISTICAS A CHECAR	TOLERANCIA / CRITERIOS	INSTRUMENTO DE CONTROL	CANTIDAD A CHECAR	FRECUENCIA DE CONTROL	HOJA DE REGISTRO	PERSONAL ENCARGADO DE CHECAR
Obturador integrado	1.25 mm Max checar gap en 4 lugares	Visual y 1.25 mm con PIN No-Go si el gauge aparece excesivo	1 Pza	Inicio de turno	Inicio de turno	Operador / Técnico de calidad una vez al turno
			1 Pza	Cada hora	Cada hora	Operador / Técnico de calidad una vez al turno
			100%	100%	No aplica	Operador

Figura 10. Formato de Hoja de Control, para uso de operarios.
Fuente: Creación propia para Empresa Automotriz

El último control que se llevó a cabo fue el rediseño del sello de los pistones de las máquinas de prueba de fuga para asegurar el 100% del funcionamiento de la máquina, los nuevos sellos fueron fabricados de 90% de dureza con material de poliuretano, uno de ellos con dimensiones de 24.5 x 19.0 mm y el otro de 15.5 x 10.0 mm, se

 ISSN 2007-8102

buscó mayor simplicidad a menor costo, así como su ajuste de distancia y presión necesaria para su óptimo funcionamiento (Figura 11).

ANTES **DESPUÉS**

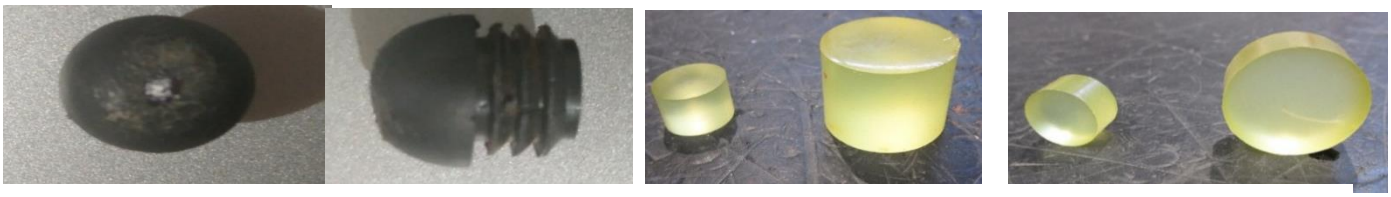


Figura 11. Imágenes de sello dañado y nuevos sellos fabricados
Fuente: Empresa Automotriz

Resultados y discusión

Una vez implementados los controles se realizó nuevamente el procedimiento de recolección y análisis del proceso para verificar el grado de beneficios obtenidos y presentarlos ante la Alta Dirección.
Dichos controles estadísticos (Gutierrez, 2009) fueron diseñados utilizando algunas herramientas de las TIC's (Tecnologías de Información y Comunicación) como: Excel y Minitab.
Considerando las hojas de registro y cantidad de piezas fabricadas por semana, se realizó la gráfica para un total de12 semanas, mostrando las variaciones en defectos que se obtuvieron antes de aplicar los controles y en la revisión final (Figura 12).

ANTES **DESPUÉS**

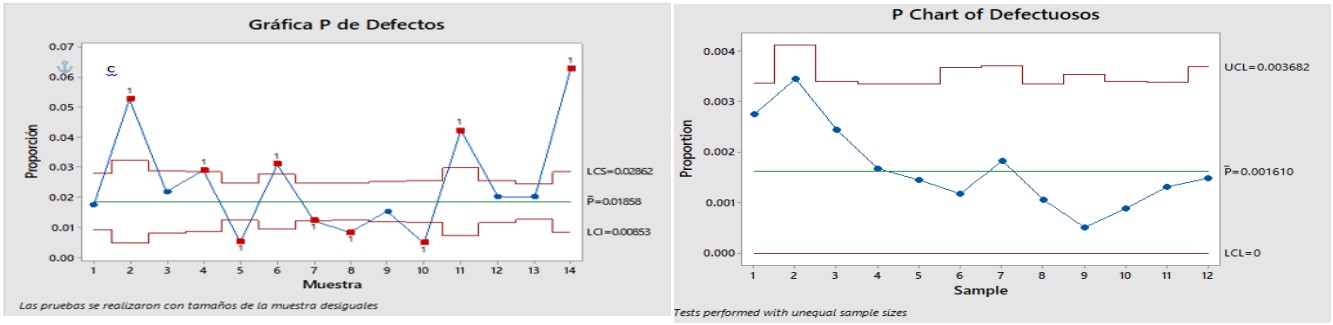


Figura 12: Gráficas de control tipo P del proceso en general
Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa automotriz

Con estos datos se muestran las gráficas que representan la disminución del scrap y su equivalente en dólares (Figura 13).

ANTES **DESPUÉS**



Figura 13. Gráficas de scrap por semana representada en dólares canadienses antes y después de la mejora.
Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa automotriz

 ISSN 2007-8102

En la siguiente gráfica (Figura 14) se puede observar el comportamiento de los costos de scrap por semana desde que inició el proyecto y se diferencia en color verde el momento en que se inició la implementación de las mejoras en los procesos, pudiendo observar una reducción muy significativa de ellos durante las 12 semanas que se aplicó.

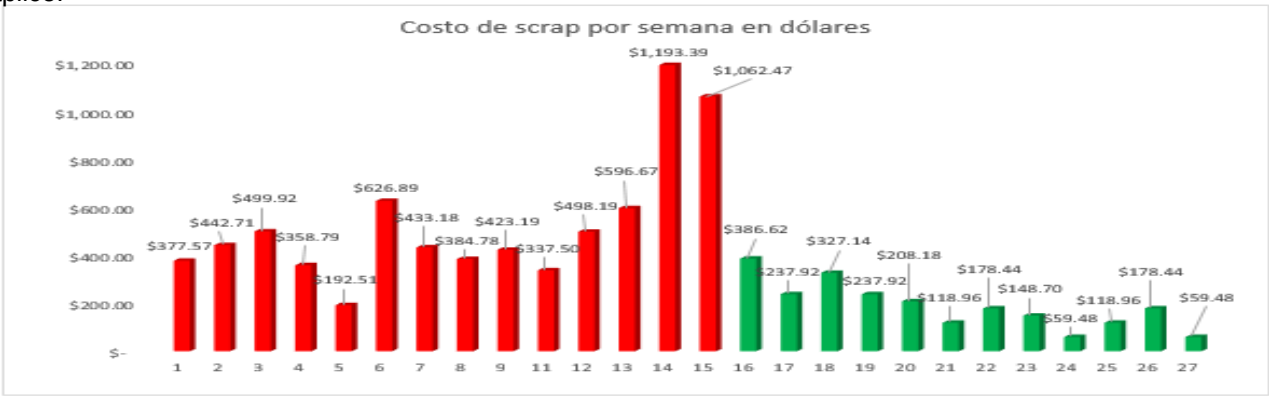


Figura 14. Gráfica del costo de scrap por semana de la pieza en dólares canadienses.
Fuente: Gráfica elaborada con datos de la empresa automotriz

Conclusiones

Es importante que se conozca y se apliquen las técnicas propias para el control de procesos, ya que existe una gran variedad de ellas para la mejora continua, en este caso se aplicó la metodología DMAIC la cual facilitó la obtención de datos que nos permitió identificar el problema e implementar los controles necesarios para reducir los defectos que generaba las fallas en la prueba de fuga, y asegurar la calidad en la pieza de ensamble que va montada a la transmisión del automóvil. El proceso en general, antes de las mejoras, se situaba en 3.3 sigma que representa un 96% de rendimiento, una vez implementado el proyecto se logró alcanzar el nivel 4 sigmas el cual representa el 99.4% de rendimiento, teniendo en cuenta la proyección se podría alcanzar 6 sigmas en un periodo de 10 meses de acuerdo a su comportamiento. Además, ante las mejoras implementadas se obtuvo un resultado positivo al reducir el scrap en 32% durante las 12 semanas siguientes teniendo una proyección de 84% de disminución a 6 meses con un ahorro comparativo de $1,133.91 dólares canadienses de la última semana contra la semana 14 que fue la más alta en desperdicio como se muestra en la Figura 14.
Para garantizar el correcto funcionamiento de las mejoras se estandarizó el 100% de las hojas de control de calidad y de procesos, así como el continuo monitoreo de los indicadores de desempeño del personal de producción. Cabe mencionar que el proyecto implementado se pretende ser replicado al 100% en el resto de las líneas de producción esperando reducir hasta un millón de dólares canadienses en el futuro.

Referencias

1. Ballesteros, O. (01 de 06 de 2019). *Seguridad en América*. Obtenido de https://www.seguridadenamerica.com.mx/noticias/articulos/15177/la-seguridad-en-las-ensambladoras-automotrices
2. Escalante, E. (2008). *Seis-Sigma: Metodología y técnicas.* México, D.F.: Limusa.
3. Guerrero, J. (2016). *Lean es Lean: Fundamentos y herramientas de Lean Manufacturing.* Create Space.
4. Gutiérrez, H. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México, D.F.: McGraw-Hill.
5. López, B. S. (01 de 08 de 2019). *Ingenieria Industrial Online.com*. Obtenido de https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/
6. Lorenzo, A. G., & Prado, J. (30 de 03 de 2010). *Taylor & Francis Online.* Obtenido de Sistemas de Participación de empleados en España. Pasado, presente y futuro: http://dx.doi.org/10.1080/14783360309704
7. Pérez, M. (2013). *Seis Sigma para el control de calidad.* México, D.F.: CreateSpace Independet Publishing Platform.
8. Womack, J. P. (2005). *Lean Thinking.* España: Gestión 2000.

Importancia del Coordinador de Operaciones de Recursos Humanos en la selección del personal

D. Maytorena García[1], M. L. López-Roa[2], R. Reyes Valenzuela[3], M. D. Astorga Ahumada[4], G. Aguilera Espinoza[5]*
[1] Jefe del departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México campus Guaymas, Km. 4 Carretera al Varadero Nacional, Las Playitas, C. P. 85480, Heroica Guaymas, Sonora
[2] Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México campus Guaymas, Km. 4 Carretera al Varadero Nacional, Las Playitas, C. P. 85480, Heroica Guaymas, Sonora
[3] Director, Tecnológico Nacional de México campus Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, C. P. 94320, Orizaba, Veracruz
[4] Subdirectora académica, Tecnológico Nacional de México campus Guaymas, Km. 4 Carretera al Varadero Nacional, Las Playitas, C. P. 85480, Heroica Guaymas, Sonora
[5] Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, Av. Tecnológico, Block 611, Valle del Yaqui, C. P. 85276, Bácum, Sonora
** luisalopezroa@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En el sur del estado de Sonora es común encontrar *shelters* que ofrecen servicios a empresas industriales en aspectos de seguridad e higiene, contabilidad, logística y recursos humanos, entre otros. Siendo el tema de recursos humanos un punto particularmente importante pues la demanda de personal por parte de las industriales en ocasiones no es satisfecha íntegramente al recaer en el área de selección y contratación la búsqueda de un perfil que los coordinadores de recursos humanos conocen mejor. Por ello, a través de un estudio de caso en donde se entrevistó al 100 % de los coordinadores de operaciones de recursos humanos en un shelter, se pudo obtener la respuesta a cuáles son las mejores prácticas en torno a la selección del personal.

***Palabras clave**: Recursos Humanos, Reclutamiento y Selección, Personal*

Abstract

In the south of the state of Sonora, it is common to find shelters that offer services to industrial companies in aspects of safety and hygiene, accounting, logistics and, human resources, among others. The issue of human resources being a particularly important point because the demand for personnel by industries is sometimes not fully satisfied when the selection and hiring area fall in search of a profile that the best known human resources coordinators. Therefore, through a case study in which 100% of the human resources operations coordinators were interviewed in a shelter, the answer to the best practice problems around the selection of personnel were obtained.

***Key words**: World Economy, Human Resourses. Personal recruitment and selection, Personal*

Introducción

El área de recursos humanos es uno de los departamentos que guarda una estrecha relación con los nuevos retos que tienen las organizaciones, debido a la proyección de las metas trazadas, por lo que existe la necesidad de contar con personal apto e idóneo para las diferentes actividades que generen un mayor valor a la empresa; por esto, es de suma importancia que el departamento de recursos humanos pueda llevar a cabo la labor de contratación con buenos resultados; así mismo, el departamento se enfrenta a entornos legales complejos en condiciones diferentes a consecuencia de la cultura que existe en las distintas regiones.

Es por ello que una de las responsabilidades que hoy en día tienen las organizaciones y que por medio del departamento de recursos humanos se canalizan, es propiciar un ambiente adecuado para el desempeño y la satisfacción de las tareas a desarrollar con la finalidad de beneficiar a su estructura, optimizar recursos y alcanzar exitosamente los resultados esperados, lo cual implica un arduo trabajo para reclutar y seleccionar adecuadamente al personal que cubrirá una gran diversidad de vacantes, por lo que es necesario enfrentar estos retos para el éxito de la empresa.

El presente proyecto establece la importancia de contar con una estructura de trabajo sinérgica en el área de recursos humanos, debido a la participación que tiene el departamento de reclutamiento y selección en la actividad del coordinador de operaciones de recursos humanos, ya que este canaliza al personal reclutado para que se lleve a cabo la contratación final por parte del coordinador de operaciones de esta área. Por lo que surge la necesidad por parte del departamento de recursos humanos de integrar a la labor de reclutamiento al coordinador de operaciones ya mencionado en el proceso de búsqueda, haciendo uso de nuevas formas de reclutamiento.

Planteamiento del problema

En los últimos años, los parques industriales han crecido considerablemente, así como también la demanda de operadores de producción, personal de mano de obra intensiva, calificada y de estudios de nivel superior, es por eso que la contratación requiere que los Coordinadores de Operaciones de Recursos Humanos (en lo sucesivo ORH, por sus siglas) y que el departamento de reclutamiento y selección se encuentren debidamente involucrados para poder cumplir con las necesidades de los clientes en torno a la contratación de personal en tiempo y forma.

Es por lo que surge el siguiente cuestionamiento en torno al impacto que tiene la vinculación del ORH en la selección del personal para los *shelter*.

Por lo que es necesario —por parte de la empresa—, conocer la forma en cómo se involucra el coordinador de ORH y el departamento de reclutamiento y selección, ya que existe una responsabilidad compartida dentro del proceso de contratación mediante el cual se desarrollarán e implementarán estrategias que permitan la sinergia entre ambas funciones para así lograr los objetivos organizacionales deseados.

Justificación

Dado el incremento en la demanda de mano de obra intensiva y calificada que actualmente tienen los clientes por medio de las requisiciones de personal para cubrir sus vacantes, surge el presente proyecto de estudio con la finalidad de determinar cuál es la importancia del ORH en el reclutamiento pues resulta crucial ayudar al cumplimiento y satisfacción de los clientes, involucrando de manera sinérgica al coordinador de operaciones de recursos humanos a las actividades del departamento de reclutamiento y selección.

Por lo tanto, la empresa deberá determinar si el involucramiento del coordinador de ORH en el proceso de reclutamiento y selección del personal utilizando nuevas formas de reclutamiento para reforzar la confianza de los clientes en el servicio que se les brinda y de esta forma trabajar de una manera integral, rápida y efectiva entre ambas áreas, será benéfico para el *shelter* y en qué medida para dar mejores resultados debido a que tienen una estrecha relación.

El presente proyecto busca establecer la importancia de contar con una estructura de trabajo sinérgica en el área de recursos humanos debido a la participación que tiene el departamento de reclutamiento y selección en la actividad del coordinador de operaciones de recursos humanos, ya que es quien canaliza al personal reclutado para que se lleve a cabo la contratación final.

Marco teórico

La administración de recursos humanos es el proceso administrativo aplicado al acrecentamiento y conservación del esfuerzo, experiencias, salud, conocimientos, habilidades, etc., de los miembros de la organización, en beneficio del individuo, de la propia organización y del país en general (Arias, 1984).

Asimismo, se considera que la administración de recursos humanos es proporcionar a los gerentes toda la ayuda y los servicios que pueda necesitar en el manejo de sus subordinados, en una forma más efectiva y concordancia con las políticas y procedimientos establecidos. La administración de recursos humanos ha sido necesaria siempre que existan grupos de personas organizadas para lograr objetivos en común (Albizu & Landeta, 2011).

La administración de recursos humanos ésta asumiendo el papel más importante en la planeación y toma de decisiones de la alta dirección. Esta tendencia refleja una mayor conciencia de las aportaciones que puede realizar la administración de recursos humanos para el éxito de la organización. Aunque el personal directivo de todos los niveles participe en las actividades de la administración, el alto directivo del departamento de recursos humanos tiene la responsabilidad primordial de desarrollar un programa que ayude a la empresa a cumplir con los objetivos de esta (Snell & Bohlander, 2013).

Es así como la administración de recursos humanos se lleva acabo los diferentes procesos, tales como reclutamiento, selección, entrenamiento, motivación, cuestiones laborales, asesoramientos de prestaciones y remuneraciones, reglas de indisciplina entre otros. A pesar de su importancia, la administración de recursos humanos como campo de especialización funcional, es relativamente nueva siendo su iniciación inmediatamente después de la primera guerra mundial. El desarrollo de este campo ha sido ayudado por las contribuciones de otras disciplinas, en especial por la ciencia de la conducta humana (Chiavenato & Villamizar, 2000).

La mayor parte de la vida de un ser humano está dedicada a las actividades laborales, hacen de su trabajo su vida, comparten, conviven con otros seres humanos que llevan a cabo el proceso de producción de bienes y servicios, es decir, constituyen un sistema abierto, en el que se observa una interrelación entre ellas. La sociedad y la industrialización van de la mano, no se puede hablar de un avance del ser humano haciendo a un lado los avances en las diferentes áreas del conocimiento, entre más complejas se vuelvan las organizaciones, más difícil es para el ser humano su integración a la empresa.

Sin las organizaciones y sin las personas que en ellas actúan, no habría administración de recursos humanos.

En realidad, es difícil separar a las personas de las organizaciones y viceversa. Ciertas características de los recursos humanos son las que a continuación se mencionan:

a) No pueden ser propiedad de la organización, a diferencia de otros tipos de recursos. Conocimientos, experiencia, habilidades, son patrimonio personal.
b) Las actividades de las personas en las organizaciones son voluntarias. Pero no por el hecho de existir un contrato de trabajo, la organización va a contar con el mejor esfuerzo de su personal, por el contrario, sólo contará con él, cuando el trabajador perciba que esa actividad va a ser provechosa y que los objetivos organizacionales concuerden con los particulares.
c) Las experiencias, los conocimientos, las habilidades son intangibles. “Se manifiestan sólo a través del comportamiento de las personas en las organizaciones.
d) Los recursos humanos pueden ser perfeccionados mediante la capacitación y el desarrollo. Es decir, mejorando los ya existentes o descubriendo otras habilidades básicas que potencialmente tiene el personal.
e) Los recursos humanos son escasos. Esto se debe a que no todo el personal posee las mismas capacidades, habilidades y conocimientos.
En este sentido hay personas y organizaciones dispuestas a cambiar dinero y otros bienes por el servicio (Alfaro, 2012).

Metodología

Esta investigación basa su análisis en el método analítico sintético que como define Bernal (2010), consiste en estudiar los hechos partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para

estudiarlas de forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis).

Descripción de la metodología

El proyecto de investigación es descriptivo, ya que pretende dar a conocer la situación de un problema que ocurre en una empresa. Teniendo en cuenta que el propósito del presente estudio se establece en función al involucramiento de los Coordinadores de Operaciones de Recursos Humanos con el departamento de reclutamiento y selección por medio de la implementación de nuevas fuentes de reclutamiento, a fin de brindar alternativas que ayuden al cumplimiento de las expectativas de los clientes al momento de solicitar las contrataciones necesarias para su operación (Rojas, 2010).

Diagnosticar la situación actual sobre el involucramiento de los departamentos a los que se refiere el presente proyecto, así como la necesidad de proponer la utilización de implementar nuevas fuentes de reclutamiento que permitan atraer mayor número de candidatos, en menor tiempo y que cumplan con los perfiles establecidos por los clientes. En función de diagnosticar la situación actual del proceso de reclutamiento, se tomará como población a todos los Coordinadores de Operaciones de Recursos Humanos y se realizará una encuesta, siendo un total de 64 personas la muestra a utilizar en el área de recursos humanos para el abastecimiento de personal en el sector industrial.

La técnica que se utilizó para la recolección de datos del presente estudio fue la “Entrevista” que se conceptualiza de la siguiente manera:

Consiste en un formato de preguntas que una persona proporciona a otra para su contestación, generalmente es por escrito, con el propósito de recolectar información sobre un tópico predeterminado de investigación (Arias, 1984).

Con base en la técnica seleccionada, se aplicó como instrumento de recolección de información “un cuestionario” el cual tiene como objetivo recabar información sobre el nivel de conocimiento e involucramiento, de los coordinadores de recursos humanos con el departamento de reclutamiento, así como propuestas de posibles fuentes de reclutamiento que se podrían utilizar para mejorar el proceso.

La entrevista aplicaba consiste en un cuestionario aplicado a 64 coordinadores de operaciones de recursos humanos, profesionistas en donde el 58 % son mujeres y 42 % hombres, en su mayoría jóvenes de una edad promedio de 33 años y con una antigüedad promedio en sus respectivas empresas de 5.8 años.

Se elaboró una encuesta con 11 reactivos del cual fueron 8 preguntas abiertas y 3 dicotómicas.

Para su validez y confiabilidad fue revisada por 5 supervisores de operaciones de recursos humanos y un gerente de operaciones de R.H., en donde el instrumento se realizará de manera escrita.

Para la realización de la investigación se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- Paso # 1: Se seleccionó a la empresa de clase mundial, en el departamento de operaciones de recursos humanos, enfocado al puesto del coordinador operaciones de recursos humanos.
- Pasó # 2: Se desarrolló la fundamentación teórica para sustentar el objetivo de la investigación.
- Paso # 3: Se diseñó la encuesta o instrumento para recolección de información requerida.
- Paso # 4: Se estableció la muestra, que se aplicó al 100% de los coordinadores de operaciones de recursos humanos.
- Paso # 5: Se aplicó el instrumento por un lapso de 15 minutos para realizar esta actividad, llevándose a cabo en la reunión catorcenal del departamento de operaciones de recursos humanos, donde se les explicara el objetivo de la encuesta y en qué consiste, el cómo ésta estructurada y que será una encuesta anónima para que pudieran externar sus opiniones libremente. Se estarán atendiendo dudas y comentarios en el transcurso de la aplicación.
- Paso # 6: Una vez aplicada la encuesta se procedió a la tabulación, utilizando el programa de Excel para capturar los datos y graficar todas las preguntas y hacer un resumen de estas.
- Paso # 7: Se presentó los resultados de manera formal por escrito a través, a los directivos de la empresa.

- Paso # 8: Se analizó los resultados y se elaboraron las conclusiones, recomendaciones y propuestas de mejora.

Resultados y discusión

Al realizarse las encuestas este estudio reveló que el papel del ORH fue determinante para la satisfacción del cliente al momento de contratar a personal para nuevo ingreso, esto debido a que en ocasiones el ORH presentaba las demandas de las empresas industriales en torno a sus necesidades de contratación pero no se especificaba detalladamente el perfil requerido, el cual, ya es bien conocido por el ORH que es quien da la cara en la empresa del giro industrial y constituye un enlace entre los departamentos de reclutamiento y selección y los clientes.

La aplicación de la encuesta permitió conocer el grado de involucramiento del coordinador de operaciones de recursos humanos con el área de reclutamiento e identificar que nuevas fuentes de reclutamiento se pudieran implementar en la empresa de clase mundial, donde se pueda analizar, evaluar, registrar, preparar y presentar resultados para la generación de nuevas fuentes, con esto desarrollar y dar seguimiento a los planes de acción más enfocados en las nuevas tecnologías.

Lo que arrojo que el 48 % de los entrevistados no se encuentran tan involucrados en el proceso que realiza el departamento de reclutamiento y selección con relación a la captación de personal por considerarlo parte de las actividades del departamento de reclutamiento y selección.

De igual manera el instrumento arrojo que el 98 % se involucra con el departamento de reclutamiento y selección monitoreando que le estén enviando personal para entrevista cumpliendo con el requerimiento del cliente.

Como dato importante que arrojo la encuesta es que el 42 % de los entrevistados hacen una labor conjunta con el departamento de reclutamiento cuando no les envían candidatos y buscan de fuentes propias de amigos, compañeros, etc.

Como dato relevante es que el 89 % de los entrevistados sabe que es una actividad conjunta la contratación de personal, pero por tener más actividades de la coordinación de operaciones de recursos humanos se enfocan en la operación y no en la captación de candidatos.

Es por eso la importancia del involucramiento del coordinador de operaciones de recursos humanos con el departamento de reclutamiento y selección, debido a que es esencial para el buen funcionamiento de las actividades en conjunto de ambos departamentos. De esta manera poder cubrir de manera rápida y eficaz las necesidades de los clientes el de dotar de personal calificado e idóneo para cubrir sus vacantes, con ello brindar un mejor servicio al cliente por la sinergia que se tiene en dicha actividad.

Además de que en conjunto se puedan implementar estrategias de captación de personal para satisfacer las necesidades de los clientes poniendo en marcha las nuevas tendencias que hoy en día se utilizan en diferentes países y que han funcionado en esta función.

Como parte de las propuestas que surgieron de nuevas fuentes de reclutamientos para la implementación de acciones que permitan mejorar el proceso de contratación fueron las siguientes:

- Utilización de redes sociales para captación de personal
- Vinculación con escuelas locales y del estado
- Realización de ferias de empleas en las colonias
- Módulos de contratación móviles en puntos estratégicos
- Reclutamiento a través de *headhunter*
- Actualización de la base de datos física como electrónica
- Anuncios luminosos en diferentes puntos de la ciudad
- Anuncios en las diferentes estaciones de radios

Conclusiones

 ISSN 2007-8102

En función al objetivo de la investigación, este apartado constituye la culminación de investigación con relación al involucramiento del coordinador de recursos humanos con el departamento de reclutamiento de selección y las nuevas formas de reclutar para brindar un servicio óptimo a los clientes.

De acuerdo a la información recabada de los Coordinadores de Operaciones de Recursos Humanos es común que se le dé la responsabilidad al departamento de reclutamiento y selección para que se encargue de la búsqueda y captación del personal requerido, ya que consideran es una actividad que les compete al departamento de reclutamiento lo cual queda limitada la participación del Coordinador de ORH en la actividad de búsqueda y el retraso en la contratación del personal solicitado por el cliente.

Para esto se puede observar la importancia que ambas áreas se complementen para el cumplimiento de la contratación y satisfacción del cliente, utilizando métodos alternos de reclutamiento de los que actualmente se están utilizando, de acuerdo con la información obtenida se analizaron esas áreas de oportunidades que pueden ser mejoradas con una actividad conjunta. Por lo consiguiente el Coordinador de ORH juega un papel fundamental en este proceso de reclutar, ya que como tal se le debe dar continuidad a los requerimientos del cliente para encontrar personal calificado y ser contratado.

Estructuralmente las funciones de ambos departamentos están bien definidas, ya que existe un sistema de gestión de calidad que es regido por un proceso gobernador, el cual la actividad de reclutar y de contratar personal es una de las funciones del departamento mismo de reclutamiento y selección, debiendo interactuar de la mejor manera con los coordinadores de ORH para cumplir con los requerimientos de los clientes, por eso es necesario que ambos departamentos trabajen de manera conjunta en la satisfacción del cliente por medio de la dotación del personal idóneo, así mismo de encontrar la mejor forma de reclutar al personal implementando estrategias en conjunto para poder lograr los resultados esperados. Aunque no esté como una de las funciones del coordinador de ORH, es importante que se lleven en conjunto para generar esa confianza en los clientes y su operación no se vea afectada en el día a día por falta de personal.

Como parte del trabajo de investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

- Utilizar un análisis de puestos y descripción de puestos para cada posición que requiera ser contratada. Lo que definiendo el requerimiento que exige la posición respecto a responsabilidades, esfuerzo físico, mental, aspectos personales será más fácil de captar los candidatos idóneos.
- Aplicar las pruebas necesarias para la vacante, donde el Coordinador de ORH es la persona idónea para poder identificar los candidatos que cumplan claramente con el perfil solicitado por el cliente.
- Continuar usando los anuncios para requerir personal, dado que ha sido el medio más efectivo por lo cual la mayoría de las personas que laboran actualmente en la empresa se han enterado de la vacante.
- Actualizar la base de datos física y electrónica depurando los que tengan más de 1 año sin trabajar para la empresa y que no hayan actualizado sus datos, todo por medio del llenado de la solicitud de empleo física o electrónica, haciendo referencia al interesado sobre dicha información de actualización.

Otro aspecto importante a considerar es que, al entrevistar a candidatos para los puestos vacantes, se debe identificar sus aptitudes y actitudes hacia el puesto al que va a desempeñar por medio de pruebas psicométricas y de habilidades manuales para el caso de operativos.

Asimismo, es aconsejable que sea el mismo Coordinador de ORH que se encargue de los entrevistados en conjunto con el jefe directo al que el posible candidato va a reportar en caso de ser contratado, para que en evalúen al candidato y definan si es el que el puesto necesita y requiere.

De igual forma, se debe utilizar como una de las formas nuevas de reclutar es por medio de pantallas digitales en diferentes lugares para ofertar las vacantes que se tienen como empresa y que las personas conozcan la empresa.

Se recomienda llevar ferias de empleo a las distintas colonias de la ciudad, con el fin de encontrar los perfiles solicitados por los clientes, con el objetivo de que se lleve a cabo la contratación en su localidad sin necesidad de trasladarse a la empresa.

Referencias

1. Albizu, G. E., & Landeta, R. J. (2011). Dirección estratégica de los recursos humanos: Teoría y Práctica. España: Piramide Ediciones Sa.
2. Arias, G. (1984). Administración de recursos humanos (2da. Edición). México: Trillas.
3. Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación: Administración, Economía, humanidades y ciencias sociales. Colombia, Bogotá: Pearson Educación.
4. Chiavenato, I., & Villamizar, G. A. ; T. (2000). Administración de recursos humanos. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.
5. Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). Metodología de la Investigación (Quinta edición). México: McGraw-Hill.
6. Rojas, S. (2010). Investigación Social, teoría y praxis. España: Plaza y Valdés.
7. Snell, S. A., & Bohlander, G. W. (2013). Administración de recursos humanos (16va.). México: Cengage Learning Editores.

Analytic Hierarchy Process (AHP) para toma de decisiones multicriterio en la construcción de producto de medición en cafetales.

B. Suazo Debernardi[1], E.A. Romero Flores[1], G. Cortés Robles[1]*, M. Panzi Utrera[2], D.A. Hernández López[3]
[1] Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, , Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México
[2] Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Sistemas y Computación, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México.
[3] Corporación Universitaria Remington, Facultad de Ingenierías, Calle 51 número 51-27, Medellín Colombia.

**bsuazod@ito-depi.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

México es un país que ha perdido liderazgo en la producción de café en los últimos años debido a diversos factores, entre ellos la poca innovación dentro de las plantaciones de cafetales, es por ello que se da paso a la construcción de un producto que ayude en el manejo de los mismos al productor. Antes de desarrollar un producto es importante analizar las jerarquías para la toma de decisiones y escuchar la voz del cliente. A continuación, se presenta el *Analytic Hierarchy Process* (AHP) de una herramienta para medición de variables que influyen en la producción de café que nos ayuda a conocer las características ideales del producto de acuerdo con el usuario (consumidor o cliente)
De acuerdo con las fases que componen el instrumento AHP, primero se identificó a los clientes para poder entrevistar a los productores de café y así obtener las demandas primarias. Posteriormente el equipo de diseño identificó las demandas secundarias y localizará la importancia relativa (Wi).
Una vez que se obtienen resultados tanto de las demandas primarias y secundarias y dichas demandas son clasificadas con base en su importancia, se puede identificar que, al ejercer estas demandas primarias, es posible cubrir un 71% de la satisfacción del cliente. Que nos indica que dicho proyecto es factible para realizarse.

***Palabras clave**: Toma de decisiones, análisis jerárquico, problemas multicriterio.*

Abstract

México is a country that has lost leadership in coffee production in the last years because of different circumstances, being lack of innovation applied to coffee fields one of them, that is why the creation of a product that helps the producer improve their handling. Before launching a product, it is important to analyze the hierarchies for decision making and to know the market requirements. The following work presents the Analytic Hierarchy Process (AHP) as a tool for measuring variables in the process of coffee production that helps know the ideal product characteristics according to the user (consumer or client)
According to the stages of AHP technique, customers are first identified in order to interview coffee producers and consequently obtain the primary demands. Subsequently, the design team identifies the secondary demands and finds out their relative importance on the product (Wi).
Once results of both primary and secondary demands are identified and classified, it is concluded that by meeting these primary demands, customer satisfaction is covered to up to 71% and hence, the project is feasible to be carried out.

***Keywords:** Decision making, hierarchical analysis, multicriteria problems.*

Introducción

La producción de café en México lo ubica como el onceavo productor mundial con una representación del 2.4%; el café constituye el 0.66% del PIB agrícola nacional (SAGARPA, 2018). Gran parte de la producción de café se encuentra en la zona tropical de México, ya que es la región que presenta las condiciones agroecológicas para el cultivo del café, pero en los últimos seis años la producción de este fruto ha disminuido cerca del 50% (SAGARPA, 2017) y los cafeticultores mexicanos pasaron de producir 1.33 millones de toneladas de café a tan sólo 835 mil toneladas (Baez, 2018), datos que muestran la crisis de producción en México.

En el tema de la innovación encontramos que mientras que del lado del consumo del café la innovación crece a manera exponencial, del lado del campo no ocurre lo mismo ya que se adopta muy lentamente. Según Ávila, (2018) los procesos de tostado, preparación y comercialización han ido evolucionando de manera extraordinaria llegando al mercado cápsulas de café, cafés identificables por su perfil de sabor, bebidas personalizadas, entre otros; asimismo se ha abierto el mercado a cafés diferenciados o especiales que han permitido la evolución del café. Lo anterior, contrasta con la etapa del cultivo donde aún se siguen utilizando técnicas tradicionales.

Tomar decisiones es para los seres vivos la mejor manera de conocer su evolución y organización; la toma de decisiones anteriormente se basaba en experiencia e intuición y a medida que las decisiones se vuelven más complejas, se vuelve necesario usar la información y el razonamiento para resolver problemas (Moreno, 1993). Las organizaciones comúnmente deben tomar decisiones y muchas veces esta ha de tomar en cuenta distintos criterios que afectan de manera positiva o negativa a una empresa. Considerar diferentes criterios para tomar una decisión vuelve a esto un proceso más lento. Una de las herramientas que vuelve más fluida la toma de decisiones multicriterio es el *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

De acuerdo con Saaty (1980), el AHP va a permitir que se trabaje con problemas de decisión multicriterio donde se encuentra información tangible e intangible por lo que se presenta un problema más complejo ya que hay variables con características diferentes. Es una técnica basada en comparación pareada de criterios y alternativas (González, y otros, 2009). En el AHP se usa un análisis cuantitativo que aplica un peso o importancia a factores analíticos por medio del uso de lo cualitativo de expertos del área de toma de decisiones. El AHP utiliza factores cualitativos en la toma de decisiones porque en el proceso de análisis se deconstruye la función del cerebro al tomar decisiones. (Lee, 2019)

El AHP va a permitir la evaluación de alternativas de manera matemática que facilita la toma de decisiones en las que se presentan diferentes criterios, los que se jerarquizan para elegir la opción más viable (Osorio & Orejuela, 2008). Gomez y Zuluaga, (2015) mencionan que el AHP es un método lógico y ordenado que ayuda en la toma de decisiones que son complejas porque las fragmenta en una estructura jerárquica, por lo que una característica compleja se transforma en un grupo de características sencillas y también las ordena por su influencia en la toma de decisión.

Metodología

El AHP usa comparaciones pareadas para introducir las preferencias de los usuarios en los elementos de jerarquía, se utiliza un método de auto-vector principal para obtener prioridades locales, para las prioridades globales se usa el principio de composición jerárquico y para las prioridades globales una fórmula lineal mediativa. Lo anterior permite evaluar la consistencia de quién toma decisiones a la hora de emitir un juicio. La escala de razón, por último, refleja las prioridades. (Moreno J. , 2002). La comparación entre criterios del nivel de jerarquía se interpreta como la importancia y es por eso que el AHP da pie a desarrollar un modelo de evaluación como lo es el QFD.

El AHP no sólo es una metodología para elegir en una situación por lo que la forma de comprender esta técnica es partiendo de sus tres funciones básicas (o pasos de la metodología): estructuración de la complejidad, medir aplicando una escala o valoración y priorización y síntesis (Osorio & Orejuela, 2008)

Escala	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Los dos criterios contribuyen con el objetivo.
3	Moderadamente fluida.	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente a otro.
5	Fuertemente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente a otro.
7	Muy preferida.	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio.
9	Extremadamente preferida.	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro.

Tabla 1 Escala de medición en el AHP

Para el desarrollo del AHP, e tomaron en cuenta las metodologías usadas por Osorio y Orejuela (2008) y Gómez y Zuluaga (2015):

1. Se crea un modelo en que queden establecidos los criterios valiosos en el proceso de resolución. En la formulación inicial, el modelo considera cuatro sentencias: correspondencia, igualdad, jerarquías y sistemas con dependencias y expectativas los cuales son la base del modelaje del problema de manera jerárquica.
2. En esta etapa se especifican las preferencias, los gustos y los deseos del cliente de acuerdo con los juicios en las matrices de comparación. Para llenar la matriz, se van a utilizar las escalas descritas en la tabla 1.
3. Para esta última fase, se eligen las prioridades que se toman en cuenta cuando se resuelve el problema que pueden ser: locales o globales.

El producto a evaluar es un producto multifuncional que busca sobre todo reunir las características que el productor de café necesita o considera importantes para el cuidado del cultivo; así mismo, se pretende dar prioridad a las características que más importancia cobren en el desarrollo del análisis de jerarquías esto debido a que el producto debe respetar una característica importante: estar al alcance del pequeño productor de café.

El AHP se aplicó al producto a través de la siguiente metodología:

1. Segmentación del mercado.

Se identificó el mercado al que está dirigido el producto, para el caso del sistema de Agricultura de Precisión, se consideran los siguientes:

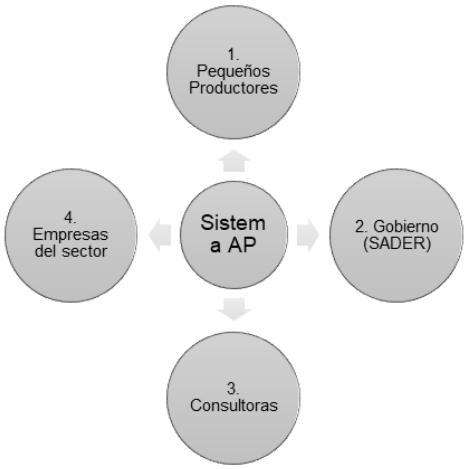


Figura 1 Principales clientes

2. Análisis de la voz del cliente.

Por medio de entrevistas a 5 productores de café, que reúnen las características descritas en la tabla 2 considerando la zona de la ciudad de Córdoba Veracruz productora y características similares en los predios como la superficie de cultivo, el tipo de variedades sembradas, el tamaño del predio, el tipo de manejo con que el agricultor trabaja los cultivos y la altura es que se revisó el censo de productores de la zona y se identificó a 5 candidatos potenciales para poder realizar la entrevista que permite identificar las demandas primarias donde se obtuvieron las características que debe de tener el equipo de medición, dichas características representan a las demandas primarias de los clientes:



Figura 2 Demandas primarias

Productor	Ubicación del predio	Tamaño del predio	Variedad (es) sembrada (s)	Tipo de manejo	Altura
1	San Isidro Palotal, Córdoba	1.5 Ha	Colombia, Costa Rica y variedad desconocida	Tradicional	1,090 m.s.n.m.
2	San Isidro Palotal, Córdoba	1 Ha	Oro Azteca y Sarchimor.	Tradicional	1,090 m.s.n.m.
3	La Quinta Manzana del Barreal, Córdoba	3 Ha	Oro Azteca, Geisha, Sarchimor, Costa Rica.	Tradicional	1,070 m.s.n.m
4	La Quinta Manzana del Barreal, Córdoba	2.5 Ha	Costa Rica	Tradicional	1,085 m.s.n.m.
5	La Quinta Manzana del Barreal, Córdoba	1.5 Ha	Costa Rica, Sarchimor, Oro Azteca, Colombia, Geisha	Tradicional	1,090 m.s.n.m.

Tabla 2 Características de los productores entrevistados

Después de definir las demandas primarias con nuestro principal cliente, el equipo de diseño definió las demandas secundarias las cuales se muestran en la tabla 3:

Demanda primaria.	Demanda secundaria.
Producto Multifuncional	Sensor humedad.
	Sensor temperatura.
	Sensor lluvia.
	Sensor solar.
	Sensor PH.
Fiabilidad	Material
	Conectividad
	Batería
	Hardware
Estructura	Forma
	Color
	Tamaño

	Peso
Durabilidad	Calidad de los componentes.
	Exposición al ambiente.
	Tiempo de uso.
	Resistencia.

Tabla 3 Demandas secundarias.

3. Jerarquización de las demandas del cliente.

Para jerarquizar las demandas se utilizó la herramienta AHP y se ponderó de acuerdo con la tabla 3 así mismo, se normalizaron las demandas primarias y secundarias:

CARACTERÍSTICA	ABREVIATURA	WI	PORCENTAJE	IMPORTANCIA
PRODUCTO MULTIFUNCIONAL	PMU	0.558	55.79%	1
FIABILIDAD	FIA	0.263	26.33%	2
ESTRUCTURA	EST	0.122	12.19%	3
DURABILIDAD	DUR	0.057	5.69%	4
	Σ	1.000	100.00%	

Lmax(total)	4.17667976
RCI	0.05889325
ICA	0.9
IC	0.06543695

Tabla 4 Ponderación de las demandas primarias.

En la tabla 3 se muestra el índice de consistencia (IC), para éste, se recomienda que sea menor al 10% para las demandas primarias; por lo que se observa que el IC de las demandas primarias calculadas cumple con el criterio ya que el porcentaje es de 0.065%.

Posteriormente se realizó el mismo procedimiento para las demandas secundarias donde se obtuvo su promedio (Wi). De manera general se presenta la tabla 5:

Atributo Primario	Atributo secundario	Wi	Total Wi	Porcentaje	Total %	Importancia	Lmax (total)	RCI	ICA	IC
Producto Multifuncional	Sensor Humedad	0.491	1.00	49.05%	100%	1	5.342	0.085	0.900	0.095
	Sensor Temperatura	0.129		12.90%		3				
	Sensor Lluvia	0.083		8.28%		4				
	Sensor Solar	0.261		26.07%		2				
	Sensor PH	0.037		3.70%		5				
Fiabilidad	Material	0.200	1.00	20.01%	100%	3	4.241	0.080	0.900	0.089
	Conectividad	0.138		13.76%		4				
	Bateria	0.249		24.93%		2				
	Hardware	0.413		41.29%		1				
Estructura	Forma	0.558	1.00	55.79%	100%	1	0.059	4.177	0.900	0.065
	Color	0.263		26.33%		2				
	Tamaño	0.122		12.19%		3				
	Peso	0.057		5.69%		4				
Durabilidad	Calidad de los componentes	0.525	1.00	52.52%	100%	1	4.659	0.220	0.900	0.244
	Exposición al ambiente	0.224		22.41%		2				
	Tiempo de uso	0.066		6.61%		4				
	Resistencia	0.185		18.46%		3				

Tabla 5 Ponderación de las demandas secundarias

Como se puede observar, el atributo primario producto multifuncional, está compuesto por cinco atributos secundarios los cuales, después de hacer el análisis, dan como resultado un índice de consistencia (IC) de 0.095 o del 9.5%; el segundo grupo de atributos secundarios que forman parte del atributo fiabilidad, resultan en el 0.089 o 8.9% del IC.
El tercer atributo primario, estructura, el cual se compone por cuatro atributos secundarios, da como resultado un Índice de Consistencia del 6.5%. La durabilidad, también uno de los atributos primarios, con sus atributos secundarios nos arrojan el 0.244 o 24%. Una vez que se analizan cada uno de los atributos primarios y los atributos secundarios, se procede a multiplicar el promedio de las demandas primarias por el de las demandas secundarias para conocer su importancia relativa o real. Lo anterior se muestra en la tabla 6:

 ISSN 2007-8102

Atributo Primario	Wi Prim	Atributo Secundario	Wi Sec	Importancia Relat	
PRODUCTO MULTIFUNCIONAL	0.558	Sensor Humedad (SEH)	0.491	0.274	*
		Sensor Temperatura (SET)	0.129	0.072	
		Sensor Lluvia (SEL)	0.083	0.046	
		Sensor Solar (SES)	0.261	0.145	*
		Sensor PH (SPH)	0.037	0.021	
FIABILIDAD	0.263	Material (MAT)	0.200	0.053	
		Conectividad (CON)	0.138	0.036	
		Bateria (BAT)	0.249	0.066	*
		Hardware (HARW)	0.413	0.109	*
ESTRUCTURA	0.122	Forma (FOR)	0.558	0.068	*
		Color (COL)	0.263	0.032	
		Tamaño (TAM)	0.122	0.015	*
		Peso (PES)	0.057	0.007	
DURABILIDAD	0.057	Calidad de los componentes (CAC)	0.525	0.030	*
		Exposición al ambiente (EXP)	0.224	0.013	
		Tiempo de uso (TIU)	0.066	0.004	*
		Resistencia (RES)	0.185	0.011	
	1.000			1.000	

Tabla 6 Importancia relativa de los atributos

En la tabla 6 podemos notar que las sumatorias de los porcentajes de importancia relativa (Wi) de las demandas secundarias es igual a 1 (o al 100%). El total refleja a la calidad exigida por los clientes. Se han marcado con (*) aquellas demandas que tienen mayor importancia (ya que han tenido la importancia relativa más alta. Las demandas más importantes suman .71 o 71% lo que nos indica que al cumplir con estas ocho demandas estaríamos teniendo un nivel de satisfacción en el cliente del 71%.

El AHP de acuerdo con su orientación puede contribuir en distintos niveles (operativos, tácticos y estratégicos) para mejorar eficiencia, eficacia y efectividad, es por ello que puede ser considerado una técnica que ayuda en la toma de decisiones multicriterio que engloba aspectos tangibles e intangibles, una teoría matemática de la medida de la influencia de alternativas de un criterio o una filosofía para llevar a cabo la toma de decisiones. (Aguilar, Valencia, & León, 2013)

En este caso, el análisis pretende: establecer el proceso seguido, añadir valor y conocimiento al solucionar el problema, así como considerar la opinión de los clientes en esta, la manera en que se detectan los puntos críticos y se buscan soluciones así como encontrar la información y las preferencias del cliente para así poder abordarlas al construir el producto (prototipo). Es importante también considerar que el AHP nos arroja la satisfacción del cliente y la manera en que, como se plantea, podemos construir un producto al alcance de pequeños productores de café.

Trabajo a futuro

El producto que se pretende realizar debe también utilizar otras herramientas para su correcto desarrollo, dentro de los trabajos a futuro se contempla una vigilancia tecnológica para tener una visión más amplia de la tecnología de Agricultura de Precisión que se está construyendo. Dentro de la vigilancia tecnológica se contempla hacer una búsqueda en bases de datos de patentes como USTPO, WIPO, entre otras y también en bases de artículos científicos como Scopus y Elsevier.
Por otro lado, se debe evaluar el factor de los costos de la materia prima para la construcción del equipo de medición debido que se busca que el producto sea económico y al alcance de los pequeños productores de café de la región.
Así mismo, se debe realizar una simulación del sistema desde su función principal hacia el aumento de interacciones con componentes que pueden ampliar el proyecto de agricultura de precisión.
Una vez que se tenga la información necesaria y evaluando el diseño del producto, se va a hacer un prototipo para poder hacer mediciones en campo.

Una vez que se cuente con el equipo, deberá establecerse la forma en que llegará a los pequeños productores, por lo que es necesario el diseño de servicio que tendrá como fin brindar información oportuna a los cafeticultores del equipo y asesorías de mantenimiento y soporte.

Conclusiones

El AHP, va a permitir contemplar las necesidades y preferencias del usuario de manera cuantitativa dentro de la matriz que lo conforma por lo que la toma de decisiones será de una manera numérica y nos dará las características (o demandas) que son prioritarias o a las que debemos prestar mayor atención al diseñar y tener un presupuesto limitado.
Es necesario también, después de construir el AHP utilizar otras técnicas para poder validar el diseño del prototipo como lo son el análisis FAST, la matriz QFD que son complementadas con el diseño del servicio antes de ser lanzado al mercado.
En el desarrollo del *Analytic Hierarchy Process* (AHP), se han identificado los principales clientes del prototipo que se pretende realizar. Se realizaron entrevistas a productores de café de las comunidades de San Isidro Palotal y de la Cuarta Manzana del Barreal de la ciudad de Córdoba, Veracruz, de ahí se determinaron las demandas primarias (o atributos primarios). El equipo de diseño, después de la obtención de los atributos primarios, determinó las demandas secundarias (o atributos secundarios).
Una vez que se determinan, por medio de matrices se obtiene la importancia relativa (Wi) primero de cada uno de los atributos primarios y dentro de la jerarquización de demandas primarias nos dictan que el atributo producto multifuncional es el que tiene mayor valor. Posteriormente, se jerarquiza a los atributos secundarios.
La importancia relativa general de cada atributo secundario se ponderiza con los primarios y así se determinan los atributos que se deben atender para lograr el 71% de la satisfacción del cliente. De acuerdo con los resultados, se puede concluir que este proyecto debe dar prioridad a los atributos que le van a permitir poder posicionarse dentro de la preferencia de los clientes.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba; a la Dra. Edna Araceli Romero Flores, al Dr. Guillermo Cortés Robles y al Maestro Manuel Panzi Utrera por el apoyo en la realización del proyecto, así como al Maestro David Alonso Hernández López Por la evaluación de la herramienta AHP. A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional. Gracias por creer en este proyecto.

Referencias

Aguilar, J., Valencia, A., & León, A. (2013). Método interdisciplinar de análisis de productos de apoyo a personas en situación de discapacidad con el uso sinérgico de la función de despliegue de calidad y los procesos analíticos jerárquicos1. Revista Universidad de Bogota.

Baez, M. A. (2018). No Title. Retrieved from Forbes website: https://www.forbes.com.mx/amargo-panorama-produccion-de-cafe-mexicano-disminuyo-casi-40/

González, M., Aguilar, J., Córdoba, L., Chamorro, C., Hurtado, N., Valencia, A., & Valencia, M. (2009). Equipos multidisciplinares en el diseño de productos de apoyo para personas con discapacidad. *Ingeniería e Investigación*, 142-147.

Lee, C. (2019). A Comparative Study for Selection Attributes of Coffee Shop using AHP. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*.

Moreno, J. (1993). *Investigación Operativa.* Zaragoza: Gore.

Osorio, & Orejuela. (2008). Analitic hierarchic process and multicriteria decisión making. Application example. *Scientia et Technica*, 247-252. Obtenido de http://www.redalyc.org/html/849/84920503044/

R, Gomez, A. Zuluaga, G. V. (2015). *Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de. USBMed*. 6–14

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process.* Nueva York: McGraw-Hill.

SAGARPA. (2017). Planeación Agricola Nacional 2017-2030.

SAGARPA. (2018). No Title. Retrieved from https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/mexico-onceavo-productor-mundial-de-cafe?idiom=es

 ISSN 2007-8102

Análisis de detección de necesidades de capacitación en una empresa constructora

M.I. Carrillo Osorio[1], E.A. Romero Flores[1], N. Ortega Petterson[1], G. Cabrera Zepeda[1], M. Panzi Utrera[2]*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320, Orizaba, Veracruz, México.
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Sistemas y Computación, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320, Orizaba, Veracruz, México.

** itzel170993@gmail.com*
Área de participación: *Ingeniería Administrativa*

Resumen

Uno de los retos que enfrentan las empresas es el otorgar la formación adecuada a su recurso humano, con el fin de que logren ejecutar sus responsabilidades para cumplir con las operaciones y directrices del negocio, por lo que es importante considerar las diferencias que demandan sus roles y así otorgar la formación apropiada para el mejoramiento de habilidades. Sin embargo los empleadores no discuten estos aspectos antes de otorgar la formación, por lo que en el presente artículo se detalla el caso de estudio de una constructora que presenta distintos problemas en la planeación de su capacitación. La metodología ejecutada en esta empresa consta de un análisis del recurso humano, organizacional y operacional que deriva en la obtención de necesidades de capacitación de cada colaborador, obteniendo así los elementos temáticos para ser planeados y ejecutados de acuerdo al orden de prioridad para lograr la mejora de conocimientos y habilidades.

Palabras clave: *Capacitación, empresa constructora, detección de necesidades de capacitación (DNC).*

Abstract

One of the most common challenges that companies face, is providing an adequate training to their human resources, aiming to execute their liabilities to accomplish with the operations and guidelines, because of this, it's important to consider the differences demanded by their roles to provide an adequate training for improve their skills. However, business men do not discuss these aspects before granting the training, that's why in this article, the case study of a construction company that presents different problems in the planning of its training is detailed. The implemented methodology in this company consists of an analysis of the human, organizational and operational resources that derives in obtaining training needs of every single collaborator, obtaining the thematic elements to be planned and executed according to a priority order for achieving improvement of skills and knowledge.

Key words: *Training, construction company, Training Needs Assessment (TNA).*

 ISSN 2007-8102

Introducción

El presente artículo detalla el caso de estudio de una empresa constructora que necesita estructurar la forma en que efectúa el rubro de capacitación para ofrecer una fuerza de trabajo preparada para asumir los desafíos que se presenten en el cumplimiento de sus operaciones.

Dentro de los retos que debe afrontar la constructora es atender las necesidades de aprendizaje de al menos 50 colaboradores distribuidos en 8 diferentes áreas que a la vez mantienen distintos especificaciones exigidas por puesto. La capacitación previa ha sido en base a decisiones de jefes de personal, sin considerar si es compatible con su perfil de puesto, por lo que no existe una planeación de cursos, certificaciones o actualizaciones de conocimientos de cada área de la empresa, generando así un gasto variable que ha superado el presupuesto asignado, por lo que la administración de la capacitación se ha convertido en uno de los rubros a mejorar a corto plazo.

Las empresas con giro de construcción están obligadas a cumplir con el artículo 153 de la Ley Federal de Trabajo y con normativas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, en las que se estipula que la capacitación para cada empleado es obligación del patrón y conforme a esto deben efectuar cursos y/o talleres optativos y de carácter obligatorio, que en cualquier momento podrán ser auditados. En tal sentido se puede apreciar la importancia de brindar en esta empresa de caso de estudio la preparación correcta y además si se cumple con estas responsabilidades con sus colaboradores, genera hacia ellos la satisfacción de laborar en una compañía preocupada por proporcionar los conocimientos y habilidades necesarias para el correcto desarrollo de sus funciones.

La capacitación es el medio por el cual, Chiavenato (2011) menciona que las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y competencias de acuerdo a los objetivos de una empresa, por lo que es de gran importancia el brindar adecuadamente estas especificaciones considerando las directrices hacia un conveniente cumplimiento del desempeño. Es por esto que Chiavenato (2011) establece un proceso de capacitación que consta de cuatro etapas:

1. Detección de necesidades de capacitación.
2. Programa de capacitación para atender necesidades
3. Ejecución del programa
4. Evaluación de resultados

Este contenido se centra en la primera etapa del ciclo, misma que se eligió para establecer las bases de una correcta estrategia de capacitación, por lo que se detallan en las siguientes páginas las diferentes actividades que se implementaron para la generación de los tres distintos análisis que implicaban; la evaluación al recurso humano, la apreciación de las operaciones y tareas que debían cumplir de acuerdo a los análisis de puestos y la consideración de las directrices establecidas de la organización.

La detección de necesidades de capacitación estructura las diferencias entre las habilidades y conocimientos que mantienen los colaboradores hacia los que deben tener para desarrollar las competencias que demanda su puesto, por lo que permite que no se corran riesgos económicos al brindar la capacitación, ya que por medio de su aplicación se podrá reconocer el valor redituable de su beneficio, reconociendo los recursos necesarios para ejecutarla estableciendo así las prioridades a atender según los propios alcances que requiere la empresa.

El objetivo que se persigue es orientar el aprendizaje hacia un desarrollo preciso y continuo que permita la mejora de la formación de las personas para el cumplimiento de sus tareas y responsabilidades,

situado hacia las metas de una organización, por lo cual su proceso debe ser un ciclo en el que la renovación será la clave para el éxito de su implantación.

Metodología

Para generar una adecuada detección de necesidades de capacitación se siguió la siguiente metodología compuesta por tres niveles de análisis:

1. Análisis de recursos humanos
2. Análisis organizacional
3. Análisis de operaciones y tareas

Estos análisis en conjunto permiten la evaluación de distintos niveles dentro de la organización para la obtención de la primera etapa del ciclo de capacitación.

1. Análisis de los recursos humanos

Este estudio tiene como finalidad evaluar la fuerza de trabajo que se posee, es decir, conocer experiencias, conocimientos, habilidades e incluso los intereses que mantiene cada uno de los colaboradores para determinar si es suficiente para desempeñarse apropiadamente ante los desafíos que se demanden.

Este análisis se generó mediante una encuesta, que de acuerdo a los requerimientos de la empresa y al departamento de recursos humanos, se solicitó generar dos instrumentos uno para el personal de oficinas y otro exclusivamente para los colaboradores operativos.

Para definir la finalidad y alcance de la aplicación de las encuestas se plantearon algunos objetivos para obtener con la información generada.

- Identificar al personal y jefes que conformaban las áreas de la empresa.
- Conocer la formación académica de los colaboradores para vincularla con las necesidades de capacitación.
- Identificar la capacitación que ha obtenido cada colaborador para relacionarla con los beneficios que ha adquirido.
- Conocer cuáles son los intereses de cursos de capacitación del personal administrativo para programarlos.
- Conocer las debilidades de los colaboradores para mejorar su desarrollo y desempeño en el puesto de trabajo.
- Determinar la importancia que le dan los colaboradores a la capacitación en sus puestos de trabajo.

Derivado de este estudio se obtuvo un inventario de habilidades y competencias cubiertas por miembros de la organización que permite visualizar la fuerza de trabajo que integra la empresa, estableciendo un total de 99 personas encuestadas, 67 pertenecientes a los colaboradores de base y 32 del taller del personal operativo.

2. Análisis organizacional

El autor Schlemenson, (2013), menciona que “un análisis organizacional es una disciplina teórica, metodológica, basada en conocimientos científicos, que ofrece un modelo de abordaje para lograr los cambios que un sistema organizativo particular requiere”, lo cual aplicado a esta investigación y a la definición de Chiavenato, (2011) se obtiene que su finalidad es visualizar objetivos a largo plazo mediante el estudio de la estructura que compone a una empresa, además de considerar el ambiente

socioeconómico y tecnológico en cuál se inserta, para en función a esto orientar la importancia de la táctica de la capacitación.

Es así que este análisis obtenido de la empresa constructora consideró la orientación de la detección de necesidades en función a la inclusión de su misión, visión y valores, el cumplimiento en materia legal en el rubro de capacitación ante los organismos correspondientes, compromiso de directivos para mantener la gestión de la formación, disponibilidad de recursos para la ejecución de la capacitación, además de personal motivado por aprender, obteniendo así los objetivos a cumplir para que la organización mejore sus problemas administrativos y operacionales basados en la falta de aprendizaje y formación.

3. Análisis de operaciones y tareas

Para lograr una detección de necesidades de capacitación adecuada, el siguiente análisis que se efectúa es a nivel de puesto, basándose en los requisitos que exige debe cumplir su ocupante, además funciona para verificar detalladamente que escolaridad, habilidad y actitudes debe tenerse para desempeñarlo adecuadamente, estos son identificados por Chiavenato, (2011) como factores de especificaciones generados a partir de la herramienta de análisis y descripción de puestos.

La descripción de puestos (tabla 1) se basa en establecer aspectos intrínsecos, es decir generar su contenido, compuesto por lo que hace el ocupante, cómo y por qué, además de establecer su posición en el organigrama y con ello su autoridad. Por otra parte el análisis del puesto que se puede observar en la (tabla 2) determinó los requisitos, responsabilidades y condiciones que el puesto exige para su desempeño. Es así que mediante el manual de puestos de la empresa se realizó el análisis de operaciones y tareas que consistió en la segmentación de cada puesto en los siguientes aspectos establecidos en la tabla 1 y 2.

Descripción del puestos (Aspectos intrínsecos)	Título del puesto
	Ubicación del puesto en el organigrama
	Contenido del puesto
	Jefe inmediato y puesto al que reporta

Tabla 1. Clasificación de factores de descripción de puestos. Fuente: Chiavenato, (2011).

Análisis de puestos Factores de especificación (Aspectos extrínsecos)	Requisitos intelectuales	a) Escolaridad necesaria b) Experiencia necesaria c) Aptitudes necesarias d) Conocimientos y habilidades
	Requisitos físicos	a) Edad b) Sexo c) Esfuerzo físico necesario d) Concentración visual necesaria e) Complexión física necesaria
	Responsabilidades adquiridas	a) Funciones y responsabilidades b) Supervisión de personal c) Material, herramientas o equipo d) Dinero, títulos o documentos e) Relaciones internas y externas f) Información confidencial
	Condiciones de trabajo	a) Ambiente de trabajo b) Riesgos de trabajo

Tabla 2. Clasificación de factores de análisis de puestos. Fuente: Chiavenato, (2011).

 ISSN 2007-8102

En relación a los datos contenidos de la tabla 1 y 2, que se refieren a los factores de especificación se obtuvo un análisis de operaciones y tareas donde se identificaron 88 puestos que conforman cada una de las áreas de la empresa. Los resultados de este estudio permiten preparar la capacitación para cada puesto, de acuerdo a la adquisición de las habilidades necesarias para desempeñarlo adecuadamente.

Resultados y discusión

Detección de necesidades de capacitación

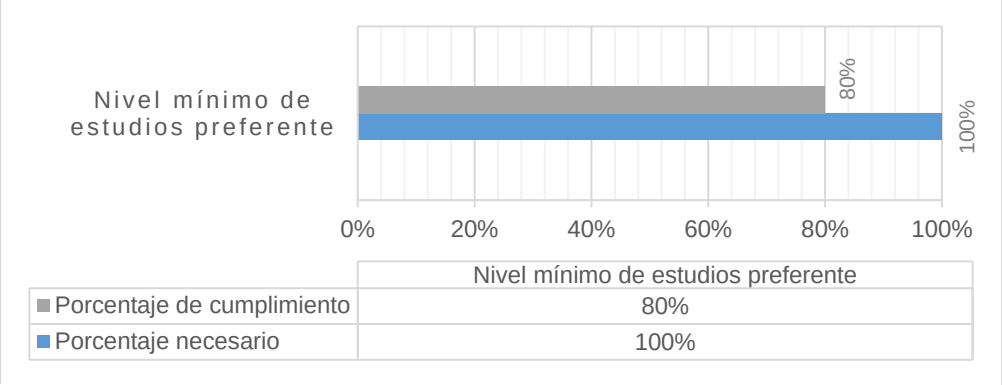
Al obtener los tres niveles de análisis: organizacional, recursos humanos, de operaciones y tareas, por medio de su comparación se puede generar la detección de necesidades de capacitación.

En el contraste de la información se relacionaron 52 puestos derivados del manual, con 80 ocupantes del total de 65 puestos de la planta y 99 colaboradores, esto, debido a que el manual se encuentra en actualización y algunos puestos actuales no se incluyen en él y otros ya se encuentran obsoletos.

Para la correcta detección de necesidades de capacitación, se consideró primero el análisis organizacional para direccionarlas de acuerdo a este estudio, posterior a esto se aplicó una evaluación de los factores de especificaciones, determinando así los pendientes de cubrir por el personal de la organización, ya que Chiavenato, (2011) menciona que funcionan como instrumentos de medición, por lo que se utilizó el método de escalas gráficas para medir el desempeño de los individuos con elementos ya definidos y graduados, es decir se realizó la comparación del análisis de recursos humanos, del cual se obtuvo el inventario de habilidades y competencias de cada colaborador contra el análisis de operaciones y tareas que debería mantener cada empleado. Para explicar de forma adecuada este proceso se muestra el siguiente ejemplo con el factor de especificación de educación preferente.

Educación preferente	
Nivel mínimo de estudios preferente: Posgrado en Administración, Gestión, Contabilidad	**Nivel de estudios del colaborador:** Licenciatura
Asignación de valor de acuerdo a la siguiente escala (método de escalas gráficas): 20%= Primaria 40%= Secundaria 60%= Bachillerato 80%= Licenciatura 100%= Posgrado	
Porcentaje necesario	100%
Porcentaje de cumplimiento	80%

Tabla 3. Detección de educación preferente para el puesto de contralor. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 1. Nivel de estudios preferente del puesto de contralor. Fuente: Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

Como se puede observar en la tabla 3 se evaluó la educación preferente, por lo que el nivel mínimo de estudios (generado mediante el análisis de operaciones y tareas), que se pide para este puesto es un posgrado, que al comparar con el inventario se puede observar que el colaborador solo cuenta con el nivel de licenciatura, es así que por medio del método seleccionado se asignaron las diferentes escalas, obteniendo como resultado como se puede observar en la gráfica 1, un cumplimiento del 80% que posee el colaborador en contraste con 100% que se requiere del factor de educación preferente, estableciendo así la necesidad de capacitación, detectando que para lograr el porcentaje de cumplimiento es necesario mejorar este rubro por medio de cursos que apoyen la obtención de los conocimientos relacionados a esta formación.

Los 52 puestos mantienen sus correspondientes análisis tal y como se mostró en el ejemplo anterior, es decir cada uno de los puestos está constituido por las 17 clasificaciones de factores de especificaciones derivando en la detección de habilidades, conocimientos y competencias necesarias para los 80 colaboradores. Posterior a las necesidades individuales se obtuvieron las de cada uno de los 8 departamentos cumpliendo así con efectuar los resultados de la correcta capacitación que deberán adquirir los colaboradores para la adecuada ejecución de sus funciones y objetivos de la empresa. Las necesidades fueron expuestas ante jefes de personal, reconociéndolas de acuerdo al perfil de puesto de cada persona y de los requerimientos de cada área.

Trabajo a futuro

Una vez que se ha obtenido la primera parte del ciclo de la capacitación, es decir el diagnóstico de la situación que mantiene este rubro es necesario tomar decisiones para subsanar las necesidades, lo cual se lleva a cabo mediante la programación y planeación que conllevará al cumplimiento de la capacitación.

Para realizar una programación adecuada es necesario primero preparar un plan de capacitación que funja como guía para su implementación, en cual se deben contemplar las obligaciones que se tienen que cumplir en materia legal.

Con los estudios realizados en esta investigación se pretende diseñar e implementar un sistema de control mediante el uso de tecnologías de información para registrar, ordenar y controlar la documentación, además de establecer la recomendación de conocimientos y habilidades de los colaboradores, permitiendo analizar el nivel de capacitación de cada área y puesto de esta empresa.

Conclusiones

En base a la observación de la empresa de caso de estudio, se puede inferir que el brindar la capacitación a su personal de verdad es un reto que está siendo difícil de afrontar para las compañías, puesto que solo lo realizan mediante decisiones de jefes que creen conocer todas las actividades, responsabilidades, riesgos de trabajo, herramientas o maquinaria que se ocupan, sin embargo esto es realmente imposible debido a la diversidad de las funciones que debe mantener cada colaborador para que se ejecuten de la mejor manera posible las actividades del día a día de su trabajo, por lo que es detectable la importancia de brindar el conocimiento de métodos que permitan la forma adecuada de planear y ejecutar la capacitación.

Mediante los análisis realizados es importante recordar que cuando en las empresas no se da la relevancia que deben a la formación de su personal, puede generar dificultades en la ejecución de las funciones que demanda su puesto, por lo que la metodología usada en los distintos niveles permite

cotejar estudios basados a nivel de toda la organización y lo que involucra, a nivel de la fuerza de trabajo que mantiene y por último en la adquisición de experiencias, conocimientos y características personales exigidos por cada puesto.

El proceso de detección de necesidades debe ser minucioso y adecuado, ya que será la medula principal para brindar la formación requerida, de lo contrario las consecuencias que pueden existir serán las discrepancias entre lo que se quiere brindar de formación a lo que de verdad se requiere en función a los conocimientos y habilidades que mantenga cada individuo. Es así como se resalta la relevancia de una detección que brindará una dirección hacia el cumplimiento adecuado de las tareas más sencillas hasta las más complejas para cumplir con la misión y visión que se tenga en la empresa.

Se debe considerar que lo expuesto en este contenido es una sugerencia para obtener una adecuada detección de necesidades de capacitación la cuales no funcionaran si no se convierten en acciones, además González (2011) menciona que un aprendizaje orientado por programas de capacitación basado en sus verdaderas necesidades es el mecanismo de sobrevivencia de las empresas ante los entornos inestables, por lo que se entiende la importancia de tener un seguimiento, es decir, continuar con su ciclo para visualizar sus beneficios, es así que será prescindible que una vez generado este diagnóstico se proceda a su planeación de acuerdo al orden de prioridad que se haya establecido para su ejecución y retroalimentación por lo que capacitación debe ser considerada como una inversión que se espera conlleve a resultados que mantendrán un impacto positivo a corto, mediano y largo plazo.

Referencias

1. Aguirre, O. (2013). Inducción al capital humano para la empresa constructora. UNAM.
2. Chiavenato, I. (2011). Administración de recursos humanos: El capital humano. México: Mc Graw Hill.
3. González Cano, M. (2011). Problema de competitividad: La capacitación. Universidad Autónoma de Hidalgo.
4. López López, A., Cobas Rodríguez, J., Rodríguez, J. L., & Hidalgo Guzmán, C. (2014). Modelo de capacitación en la línea de desarrollo de software de la empresa DESOFT. Revista Internacional de gestión del conocimiento y la tecnología, 20-27.
5. Rojas Merced, J., & Rodríguez Marcial, R. (2017). Comportamiento del sector de la construcción en México al primer semestre de 2017. Universidad Autónoma del Estado de México.
6. Rueda Contreras, C. A. (2015). Percepciones del impacto de la capacitación, compensación y selección del personal en la eficiencia de proyectos. Scielo, 5-26.
7. Sabey, A., Bray, I., & Gray, S. (2018). Building capacity to use and undertake applied. Elsevier, 62-69.
8. Schlemenson, A. (2013). Análisis organizacional en PYMES y empresas de familia. Buenos Aires: Management.
9. Torres, K., & Lamenta, P. (2015). Knowledge management and information systems in organizations. Scientific e-journal of Management Sciences, 3-20.
10. Guiñazú, G. (2004). Capacitación efectiva en la empresa. Redalyc.
11. Méndez Morales, E. (2006). El análisis de la información para el diagnóstico de necesidades de capacitación (DNC). SciELO.

 ISSN 2007-8102

Administración armónica; factor a considerar para fomentar la gestión del conocimiento.

S. Mata Zamores[1]. R. Gonzalez Acolt.[2], A. Jiménez González [3] y L. G. Cruz Salas [4].*
[1] *Departamento de Administración, Centro de Ciencias Económicas Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av Universidad #940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México*
**silviamata2011@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería administrativa.*

Resumen

Se propone un modelo conceptual basado en una herramienta administrativa llamada Administración Armónica, para identificar la influencia en la Gestión y en la intención de compartir el conocimiento en los trabajadores operarios de una empresa de autopartes en el Estado de Querétaro. El estudio se llevó a cabo en los primeros meses del presente año, la metodología utilizada fue análisis cuantitativo, transversal de asociación, con escala de Likert de 5 puntos para medir las variables, correlación de Pearson, y regresión lineal simple, con un nivel de significancia de 0.05; y un alfa de cronbach=.944. En los resultados se obtuvo una correlación de .794, se concluye que la Administración Armónica es un factor que influye positivamente en la gestión del conocimiento, mientras que, en la regresión lineal, se obtuvo que las variables estructura, información, toma de decisiones, recompensas y personas son los que más influyen en la gestión del conocimiento.

***Palabras clave:** Administración Armónica, Gestión del Conocimiento**,** Intención de compartir el conocimiento.*

Abstract

A conceptual model based on an administrative tool called Harmonic Administration is proposed to identify the influence on Management and the intention to share knowledge in the operator workers of an auto parts company in the State of Queretaro. The study was conducted in the first months of this year, the methodology used was quantitative, cross-associative analysis, with Likert scale of 5 points to measure variables, Pearson correlation, and simple linear regression, with a level of significance of 0.05; and an alpha of cronbach.944. The results obtained a correlation of .794, it is concluded that the Harmonic Administration is a factor that positively influences the management of knowledge, while, in linear regression, it was obtained that the variables structure, information, taking of decisions, rewards and people are the most influencing knowledge management.

***Key words:** Harmonic Management, Knowledge Management, Intention to share the knowledge.*

 ISSN 2007-8102

Introducción

A lo largo del tiempo, se ha visto una evolución en las empresas, en las cuales se ha tenido como factor común la experiencia de los trabajadores que laboran en ella. Para lograr una gestión del conocimiento este aprendizaje ha tenido que ser compartido de una generación a otra, en un principio se hacía de un maestro a un alumno aprendiz, con la presencia de la revolución industrial se tuvo la necesidad de crear nuevas estrategias para fomentar la gestión del conocimiento con la finalidad de capitalizar la experiencia adquirida por los trabajadores, sistematizarla para que ésta llegara a un mayor número de personas dentro de una organización. Como se ha podido observar los cambios en las estrategias empresariales suceden cada vez con mayor rapidez es por ello que los Gerentes se han visto en la necesidad de revisar las estructuras administrativas para que estén adaptadas ante los cambios drásticos que se presentan en el ámbito empresarial.

De lo anterior, surge la inquietud de identificar qué factores de la Administración Armónica influyen para fomentar la gestión del conocimiento de un trabajador para que comparta su experiencia. Es por ello que en esta investigación propone un modelo teórico, que contempla una herramienta administrativa relativamente nueva llamada administración armónica la cual tiene por objetivo reconocer y resolver problemas encaminados a la optimización de los recursos materiales y reducir la incertidumbre de los cambios ambientales; y cómo influyen en la gestión del conocimiento. El objeto de estudio fueron organizaciones de capital americano que fabrican y venden suministros automotrices en el Estado de Querétaro.

Administración Armónica

La administración armónica ha sido definida por Xing – Guo como *"la llave para resolver el problema organizacional que se da entre las personas y los recursos materiales de la empresa en el cual se desenvuelven los trabajadores*". [2016, pág.43]. La esencia de la Administración Armónica es la organización en su conjunto con la finalidad de reconocer y resolver problemas encaminados a la optimización de los recursos materiales y reducir la incertidumbre de los cambios ambientales. En el ámbito administrativo se tiene la creencia que una efectiva administración de empresas proviene de la experiencia administrativa y de teorías de administración clásica, tal como lo demostró Follet. Para complementar este supuesto los profesores Xi & Zeng [2017] proponen la administración armónica basada en la teoría de los sistemas con la finalidad de generar una conciencia una mayor de cooperación entre el personal que labora en la empresa y la organización misma.

La administración armónica es una teoría que pretende lograr la armonía entre la empresa y su entorno, fundamentándose en dos hipótesis, la primera argumenta que la persona es el principal recurso en la administración, pero el más incierto; la segunda menciona que el recurso material puede ser incierto, pero con el conocimiento de las personas puede ser controlado; a estas dos hipótesis se les da el nombre de He rules y Xie rules. El *He rules* representa los acuerdos intangibles e inciertos de cada persona, que se dan entre persona-persona, persona-organización, organización–medio ambiente, organización–organización, considerando como medio ambiente los sistemas, regulaciones, contratos y cultura. Es decir, es la parte humana, los equipos de trabajo con los cuales se quiere crear un ambiente interno óptimo. Benbya, Passiante & Belbay [2015]. El *Xie rules* tiene por objetivo la optimización de los recursos materiales, refiriéndose a los problemas administrativos.

Esta distinción ayuda a la gerencia a determinar con mayor precisión el por qué se da un problema administrativo, cuestiona lo que está pasando alrededor, analiza el por qué sucede y que más sucederá haciendo que la práctica administrativa sea más precisa y simplifique sus operaciones para dar resultados más óptimos. En el Xie Rules se consideran los activos fijos que se desea optimizar en los procesos productivos. Xi &Tang [2004]. Es importante señalar que no existe una traducción al español para estos términos, por lo tanto, en lo siguiente del documento se seguirán mencionando como tal, bajo el entendido que el He Rules es la parte humana de la empresa y el Xie, la parte material de la empresa.

De acuerdo con esta clasificación el He rules tiene por objetivo la construcción de un entorno administrativo armónico que permita una gestión del conocimiento óptimo, esta surgirá cuando la empresa logre implementar los valores y metas comunes que impulsen el establecimiento de los mecanismos *para llevar a cabo la promoción de la generación del conocimiento. Cuando se crea y se aplica el conocimiento se tiene como resultado la reducción de la incertidumbre del ambiente externo.* Por su parte *el Xie rules,* tiene como objetivo la optimización del factor material, para logarlo debe llevar a cabo tres reglas básicas, la primera es una especie de armonización la cual es el principal requisito que debe haber en la combinación de los procesos materiales; la segunda, se refiere a la conexión de las relaciones entre el factor material; y, el tercero es la optimización del factor material. *Xi, Xiao & Hong [2014].*

Gestión de Conocimiento

La gestión del conocimiento se define como *"un proceso sistémico y específico organizacional para adquirir, organizar, y comunicar conocimiento de los empleados para que otros empleados puedan hacer uso del conocimiento y sean más eficaces y productivos en su trabajo"*. Gossain, Malhotra, y Sawy, [2015]. El inicio de la gestión del conocimiento fue en la década de los 80´s donde el desarrollo de sistemas expertos de inteligencia artificial, dieron lugar a conceptos tales como adquisición, ingeniería, base de conocimientos, y ontologías basadas en la informática. Poon, & Young, [2016]. En 1991, la revista Fortune publicó un artículo titulado *capacidad intelectual*; en donde destaco el trabajo de investigación "*La empresa creadora de conocimiento: Cómo las tecnologías de información constituyen una parte fundamental de las competencias organizacionales del siglo XXI"*, desarrollado por Nonaka y Takeuchi, quienes han enfocado sus estudios a determinar que aún no se tiene impacto significativo de grandes inversiones en tecnologías de información sobre la gestión del conocimiento aplicada a la productividad. Bharandwaj & Konsynski, [2014]; Kim,]; Murali & Sarv, [2017].

La gestión del conocimiento tiene como principal objetivo buscar y seleccionar los conocimientos clave para el desarrollo de estrategias que logren generar de manera sencilla las competencias básicas, y que fomenten una diferenciación para la empresa trayendo como beneficio que ésta pueda competir con éxito en el mercado en el cual se desarrolla. Muñoz, [2015]. Tal y como se muestra en el libro The new productivity donde se afirma que el conocimiento ha pasado de ser un recurso opcional a ser uno principal sin el cual una empresa no puede sobrevivir. Druker, [2014].

Intención de compartir el conocimiento

Para lograr de manera efectiva la transferencia del conocimiento existen dos variedades de sistemas de gestión, estos son los repositorios y redes así como la codificación de la información y las estrategias personales para compartir el conocimiento; los primeros son bases de datos que generalmente son usados por personas diferentes a las que contribuyeron a crearlos tales como personas, equipos de trabajo o bien la organización misma, algunos investigadores se han dado a la tarea de indagar de qué manera se puede incentivar más a las personas para que compartan su conocimiento y esto los ha llevado a determinar que éste es un bien público. Kankanhalli, Tanudidjaja & Sutanto [2003].

Así éste se define como "*algo que está a disposición de todos los miembros de la comunidad u organización independientemente de que contribuyeron a la generación del mismo*" Thorn & Connolly [1987, pág. 157]. La desventaja que presenta esta postulación es que se corre el riesgo de que muy pocas personas participen en la generación del conocimiento y la mayoría disfrute de los beneficios sin haber aportado nada para lograrlo. Así como existen personas que trasmiten el conocimiento, también existen personas que lo reciben, a la capacidad de absorción se le define como "*la capacidad de un destinatario a reconocer el valor del conocimiento de la fuente, asimilarla y aplicarla".* Galbraith, [1990, pág. 56].

Los temas anteriores serán aplicados en el sector automotriz del Estado de Querétaro, el cual representa el 11% del PIB (producto interno bruto) de la entidad. De acuerdo con El Universal [2014], la industria automotriz tuvo un incremento del 5.6% en el primer trimestre de ese año. De igual forma el titular de la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), señaló que incluso hubo empresas de

 ISSN 2007-8102

este ramo que crecieron hasta 15%. La importancia que tiene en la economía del país la industria automotriz es representativa, es por ello que se eligió ésta industria para ser analizada.

Metodología

La pregunta de investigación es ¿La Administración Armónica es un factor a considerar para fomentar la intención de compartir el conocimiento en los trabajadores operarios en una empresa automotriz del Estado de Querétaro? El objetivo general es el proponer un modelo integrado por la Administración Armónica que sea capaz de incidir en la intención de compartir el conocimiento por parte de los operarios en la industria automotriz.

Hipótesis nula:
H_0: Existe una relación entre la administración armónica y la intención de compartir el conocimiento
Hipótesis alternativa:
H_a: No existe una relación entre la administración armónica y la intención de compartir el conocimiento.

El diseño de la investigación fue cuantitativo, no experimental, transeccional o transversal, muestro convenido bajo consentimiento informado, de tipo exploratorio, descriptivo y correlacional. La empresa objeto de estudios es una empresa de capital americano, dedicada a la fabricación y venta de autopartes con presencia a nivel mundial, ubicada en la Ciudad de Querétaro.

El cuestionario se compone de dos dimensiones; la primera, Administración Armónica, basada en el modelo propuesto por Huiping [2017] que comprende el Xie Rules y He Rules; la primera variable tuvo como indicadores estructura, tareas, e información y la segunda tuvo como indicadores la toma de decisiones, recompensas y personas, los cuales se obtuvieron del modelo de Hanna [1988] de empresas de alto rendimiento. La segunda dimensión es la Gestión del Conocimiento, con la variable Intención de Compartir el Conocimiento, la cual tuvo como indicadores trabajo en equipo e Innovación. El instrumento de medición tuvo un total de 112 ítems, la escala utilizada fue de Likert, siendo el número 1 totalmente en desacuerdo hasta llegar al número 5 totalmente de acuerdo. La fiabilidad del instrumento fue de un α de Cronbach 0.944

Ahora bien, en lo que se refiere a la propuesta del modelo conceptual, este tiene sustento en el marco teórico; en donde se desarrollaron las tres variables de ésta investigación; administración armónica, y Gestión del Conocimiento; con la finalidad de que a partir de los conceptos mostrados se proponga un modelo conceptual basado en Huiping de la administración armónica [2017], se identifiquen los factores de las organizaciones de alto rendimiento con el modelo de Hanna [1988], y cómo influyen estos en la Gestión del conocimiento. Nonaka y Takeuchi [1999]; en empresas del ramo automotriz en el Estado de Querétaro. La administración armónica, está basada tanto en la teoría de la administración clásica, [Graham, 2017], como en la teoría general de los sistemas organizacionales, [Xi &Zeng, 2017]; teniendo como objetivo lograr una mayor cooperación entre el personal que la labora en la empresa y la organización misma, con la finalidad de disminuir el nivel de incertidumbre en la toma de decisiones. Ver figura 1.

 ISSN 2007-8102

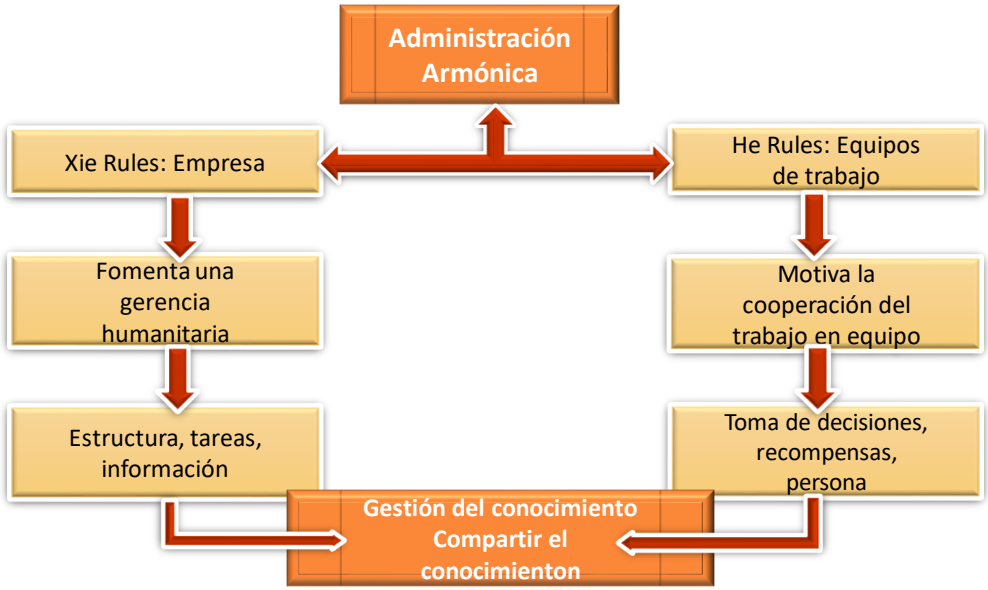


Figura 1. **Modelo conceptual de la administración armónica y la gestión del conocimiento en trabajadores de la industria automotriz. Elaboración Propia 2019, con base en Huiping [2017], Hanna [1988], Graham [2017], Xi & Zeng [2017].**

Para validar este modelo conceptual se realizaron pruebas estadísticas, primeramente, se elaboró un análisis exploratorio de los datos procedentes de las encuestas aplicadas, después se realizaron pruebas de correlación entre las variables que componen el modelo y finalmente una regresión lineal para identificar la participación de cada variable.

Resultados y Discusión

Se tuvo una muestra de 230 operarios, de los cuales se encontró que la edad del 67% de los operarios oscila entre los 20 y 30 años; el 23% tienen entre 31 y 40 años, y el 10% restante se encuentra en el rango de 41 a 50 años. Por otro lado, el 53% de los operarios son del género masculino y el 47% del género femenino. El 72% de los operarios tiene una antigüedad en la empresa menor a 2 años; el 14% ha permanecido de 2 a 4 años en la empresa, el 5% ha permanecido de 4 a 6 años y el 8% tiene laborando en la empresa al menos 6 años. En lo referente a su formación, el 61% completo únicamente su educación básica, mientras que el 25% cuenta con un título de bachillerato, el 11% tiene carrera técnica o comercial y tan solo el 3% cuenta con licenciatura o ingeniería. Además, el 94% de los operarios pertenece al área de producción, el 3% pertenece al área de control de producción, un 2% labora en el área de recursos humanos y tan solo el 1% pertenece al área administrativa.

Para identificar la relación de las variables que tienen entre sí, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para los puntajes totales de todas las variables que conforman las tres dimensiones del modelo y de esta manera ver cómo estas inciden unas en otras. Ver Tabla 2

Tabla 1. Correlaciones de Pearson para los puntajes totales de las variables administración armónica, con la variable de intención de compartir el conocimiento de los trabajadores de las empresas.

	Estructura	Tarea	Información	Toma de Decisiones	Recompensas	Personas
Intención de compartir el conocimiento	**.533**	**.418**	**.714**	**.687**	**.707**	**.600**

Se calculó el coeficiente de correlación de las variables del Xi rules que son Estructura, Tarea e Información, y del He rules que son las variables de Toma de Decisiones, Recursos y Personas mediante las cuales se puede identificar la relación que guardan con la variable intención de compartir el conocimiento que se muestran en la tabla 1, en donde se puede observar que la variable que tiene una mayor correlación con un .714 es Información, seguida de la variable Recompensas con un .707, Toma de decisiones con un .687, .600 la variable Personas, con un .533 Estructura y por último la variable Tarea. Como se puede observar de las 6 variables 5 tuvieron una correlación fuerte con la variable que se está analizando que es la intención de compartir el conocimiento.

Ahora bien, en la Tabla 2 se muestra la correlación de las Dimensiones Administración Armónica y Gestión del Conocimiento para conocer la correlación que estas en su conjunto pueden tener.

Tabla 2. Correlaciones de Pearson para los puntajes totales de las dimensiones administración armónica y gestión del conocimiento de los trabajadores de las empresas.

	Administración Armónica
Gestión del conocimiento	0.794

En esta tabla se puede observar que hay una relación positivamente fuerte entre la gestión del conocimiento y la administración armónica, con un coeficiente de **0.794**

En lo que se refiere a la regresión lineal para obtener la ecuación que muestra cómo influyen las variables de la administración armónica en la gestión del conocimiento se obtuvo el siguiente resultado:

Gestión del conocimiento = 0.90 + 0.005 Estructura - 0.286 Tarea + 0.2759 Información + 0.199 Toma de decisiones + 0.313 Recompensas + 0.1317 Personas

Esto indica que como constante se tendrá un incremento de 0.90, mientras que estructura información, toma de decisiones, recompensas y personas aportan positivamente al modelo, la variable tarea aporta un decremento de .286.

Aplicando ANOVA en las hipótesis planteadas al principio del documento se pueden ver los resultados en la tabla 3

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Estructura	14	126.07	9.005	1.31	0.409
Tarea	12	45.94	3.828	0.56	0.812
Información	29	419.80	14.476	2.11	0.208
Recompensas	19	252.97	13.314	1.94	0.239
Error	5	34.38	6.875		
Total	79	1993.20			

Tomando en cuenta que el criterio de rechazo para H_0 es Valor p < α= 0.05. en la cual se planteó que existe una relación entre la administración armónica y la gestión del conocimiento, se puede concluir con un nivel de significancia del 0.05 que la estructura, tarea, información y recompensas (variables de la administración armónica) tienen una relación con la gestión del conocimiento, aceptando la hipótesis nula.

Trabajo a futuro

El modelo conceptual propuesto en esta investigación en el cual convergen la administración armónica y el compromiso organizacional para explicar la gestión del conocimiento, se ha aplicado únicamente en empresas del sector automotriz, sin embargo; los trabajos futuros consistirán en replicar esta investigación en otros sectores para ver el comportamiento de las variables y seguir dándole validez cuantitativa al modelo y constatar la aplicación del mismo.

Discusión y Conclusiones

Una vez que se realizó tanto el análisis literario como estadístico, se puede dar respuesta a la pregunta de investigación que se planteó en un inicio, diciendo que si existe una relación entre la administración armónica y la gestión del conocimiento, sin embargo es importante señalar que para que esto suceda se debe considerar que las variables que resultaron con mayor relevancia fueron información, recompensas, toma de decisiones, persona y estructura mientras que la variable tarea fue la que menos correlación tuvo. Lo anterior quiere decir que mientras el trabajador tenga claro los canales de comunicación, sepa que será premiado por el trabajo desempeñado, así como sentirse participe en la toma de decisiones, tenga claro su puesto dentro del organigrama y se sienta tratado con respeto tendrá más posibilidad de compartir lo que sabe y fomentar la gestión del conocimiento. La variable tarea no influyó positivamente ni en la correlación, ni en la ecuación de regresión lineal, y esto se refiere a que si no tiene claro que debe hacer y la importancia que tiene su trabajo para la empresa, este sentirá que no aporta gran cosa para el logro de los objetivos organizaciones. La desventaja que se le puede ver, es que es necesario trabajar arduamente en la cultura organizacional, tratando de modificar aquellas conductas que no aportan a mejorar el desempeño; tomando en cuenta que los cambios en el entorno empresarial se presentan cada vez con mayor rapidez y las empresas deben estar preparadas para enfrentarlos con un personal que se parte de la comunidad que genera un conocimiento adoptando nuevas propuestas culturales siempre y cuando sean en favor del país, de la empresa y de la sociedad.

Referencia

1. *Benbya, H., Passiante, G., y Belbaly, N. (2015). Corporate Portal: A Tool for Knowledge Management Synchronization. International Journal of Information Management, 24(3), 201-220*
2. Bharandwaj, A., & Konsynski, B. (2014). Information Technology Effects on Firm Performance as Measured by Tobin's q. Management Science, 1008-1024.
3. Druker, P. (2014). The new Productivity Challege. (tercera ed.). (B. D. Ruben, Ed.) New York: Oxford.
4. El Universal Querétaro. (2014). Crece 5.6% industria automotriz: SEDESU. Recuperada el 6 de Marzo 2019 de, http://www.eluniversalqueretaro.mx/portada/02-06-2014/crece-56-industria-automotriz-sedesu
5. Galbraith, C. (1990). Tranferring core manufacturing technologies in high technology firms. *California Management Review, 32*(4), 56-70.
6. Gossain, S., Malhotra, A., y Sawy, O. (2015). Coordinating forflexibility in e-business supply chains. Journal of Management Information Systems, 21(3), 7-45.
7. Graham, P. (2017). Mary Parker Follet: Prophet of Management. Strategy + Business, 309. Recuperado el 28 de Marzo de 2019, de http://www.strategy-business.com/article/8566?gko=65d90
8. Hanna, D. (1988). Designing Organizations for high performance. Canada: Addison Wesley publishing company.
9. Huiping, N. (2017). Harmonious Management Pattern of Knowledge Management. Management Science and Engineering, 6(4), 42-46.
10. Kankanhalli, A., Tanudidjaja, F., & Sutanto, J. (Septiembre de 2003). The role of IT in successful Knowledge Management initiatives. *Communications of the ACM*, 46(9), 69-73.
11. Kim, S., Poon, S., y Young, R. (2016). Issues around firm level classification of IT. 22nd. Australasian Conference on Information System. 81, 1-8. Sydney: ACIS.

12. Murali, C., y Sarv, D. (2017). Research Note-The Impact of Information Technology Investments and Diversification Strategies on Firm Performance. Management Science, 54(1), 224-234.
13. Muñoz, J. (2015). Sobre Gestión del Conocimiento un intangible clave en la globalización. Economía Industrial, 6(330), 61-69.
14. Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1999.). *La Organización Creadora del Conocimiento. Como las Compañías Japonesas crean la dinámica de la innovación*. México: Oxford.
15. Thorn, B., & Connolly, T. (1987). Discretionary data bases: A theory and some experimental findings. *Communication Research,* 14(5), 512-528.
16. Xi, Y.-M., Xiao, H., y Hong, T. (2014). HeXie Management Theory and Its New Development in the Principles. Academic Journal of Management, 1(7), 4-9.
17. Xing - Guo, L. (2016). A Model of Harmonious Management in Enterprise. School of Management, JiaN University, 253-257. Recuperado el 10 de Marzo de 2019, de JiNan University: http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/200911/2006zxqyhy04a1.pdf
18. Xi, Y.-M., & Tang, F. (2004). HeXie Management Pattern if Intangible Assets in the Unvertain Enviroment. Journal of Xi´an Jiantong University (Social Scienses)., 205-215.
19. Xi, Y.-M., y Zeng, X.-j. (2017). Complex Problem solving: HeXie Management Theory from China. Research Gate, 250-250

Gestión de Relación con el Cliente (CRM): Estrategia Competitiva Empresarial para el Incremento de Ventas

A. Lozano Luna[1]; E. A. Romero Flores[1]; L. F. García Zárate[2]; F. Aguirre y Hernandez[1]; N. Ortega Petterson[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Oriente 9, Emiliano Zapata sur, C.P. 94330, Orizaba, Veracruz, México.
[2] Tecnológico Nacional de México / Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Orizaba, 1ª. De calle 2 Col. Librado Rivera, C.P. 94380, Orizaba, Veracruz, México.

[1]alejandroll10@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La Gestión de Relación con el Cliente, está compuesta por un conjunto de estrategias de negocios y tecnología enfocadas en el bienestar y satisfacción del consumidor; busca proyectar un valor agregado a los clientes, con la constante comunicación que se ejerce de la relación bilateral de empresa y cliente. En la actualidad la Gestión de Relación con el Cliente es indispensable para las empresas que buscan fidelizar a sus clientes y como consecuencia tener un incremento en sus ingresos, para ello es importante seguir un procedimiento que se adecué a las características que tiene cada organización. El presente trabajo muestra un procedimiento de investigación e implementación adaptado a una comercializadora localizada en la ciudad de Orizaba, Veracruz, que pretende posicionarse dentro del mercado competitivo en el que se desenvuelve, consiguiendo que los ingresos de la organización se eleven considerablemente.

Palabras clave: *Relación, Cliente, Incremento, Ventas.*

Abstract

Customer Relationship Management is composed of a set of business and technology strategies focused on consumer welfare and satisfaction; seeks to project an added value to customers, with the constant communication that is exercised from the bilateral relationship of company and client. Currently, Customer Relationship Management is essential for companies that seek to retain their customers and as a result have an increase in their income, for this it is important to follow a procedure that suits the characteristics that each organization has. The present work shows a research and implementation procedure adapted to a marketer located in the city of Orizaba, Veracruz, which intends to position itself within the competitive market in which it operates, getting the organization's revenues to rise considerably.

Key words: *Relationship, Customer, Increase, Sales.*

Introducción

La buena gestión de clientes es la piedra angular sobre la cual se debe sostener el desarrollo y crecimiento de toda empresa (Rexach, 2013). Es por ello que los expertos en Marketing de la IE Business School, explican que el cliente se ha convertido en el centro de toda la gestión de las grandes organizaciones, para que esto pueda ocurrir se tuvieron que realizar varios cambios significativos; pero en dos áreas particulares fue donde tuvo mayor auge; la primera es en que los clientes tienen un poder de negociación muy elevado, verificando que los productos tengan mejores condiciones en cuanto a la relación calidad y precio (Quiroa, 2014), dadas las circunstancias, los clientes ahora cada vez son más

exigentes debido a que ahora gracias a las páginas web, redes sociales, medios de comunicación se encuentran más informados sobre las experiencias con la gran variedad de marcas.

La segunda es la tecnología, sirve para los clientes como un acceso inmediato para poder comparar información a través de distintas páginas web y aplicaciones móviles. Para las organizaciones el desarrollo tecnológico ha servido para poder ser más eficiente al momento de monitorear el comportamiento de los clientes lo más íntegramente posible y poder dar atención en forma personalizada.

De acuerdo a la International Finance Corporation (IFC), existen aproximadamente 4.2 millones de Unidades Económicas en México, del total existente, 99.8% son consideradas Pequeñas y Medianas empresas (Pymes), y son las encargadas de aportar el 42% del PIB, generando el 78% del empleo del país (Forbes, 2018).

En correlación con esta visión, la presente investigación se ha llevado a cabo de manera interdisciplinaria, corresponde al trabajo de tesis de grado de la Maestría en Ingeniería Administrativa, del Tecnológico Nacional de México campus Orizaba. Se enfoca a una Mipyme que comercializa más de 10,000 productos contenidas en diferentes líneas, como son las autopartes, plomería, ferretería y material eléctrico, localizada en la ciudad de Orizaba, Veracruz

La ciudad de Orizaba, Veracruz se encuentra ubicada en el centro del estado, colindante con las localidades de Rafael Delgado, Río Blanco y Mariano Escobedo, de acuerdo a INEGI, existe un aproximado de 125,778 habitantes de los cuales un 32.3% de la población se encuentra entre las edades de 0 a 19 años de edad por lo tanto el 67.7% de los habitantes son posibles clientes, es decir un número aproximado de 85,152 (Planeación, 2017).

Metodología

Para el desarrollo de la metodología, se fusionaron diferentes técnicas de Customer Relationship Management, usadas en diferentes tamaños, características internas y externas de organización (Nugrohoa, 2017) y (Garfias, 2015). Con la implementación de la estrategia de negocios CRM, se estima que el nivel de ingresos de la comercializadora logre un incremento significativo en comparación con los resultados anteriores, estableciendo un crecimiento constante y así mismo poder fidelizar a nuevos clientes.

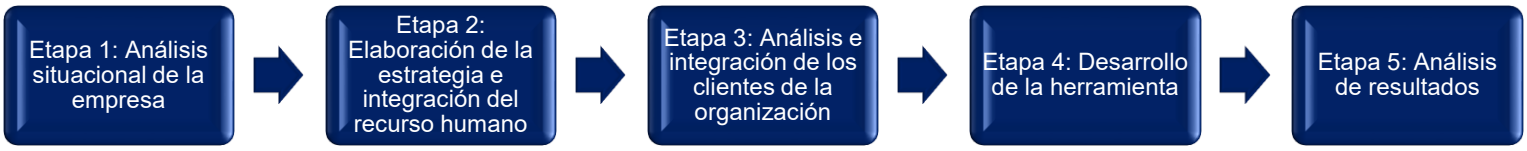


Figura 1 Metodología sobre la implementación de CRM

Resultados y discusión

1. Análisis situacional de la empresa

Para el análisis interno y externo de la organización, se unieron dos herramientas para poder obtener la mayor cantidad de información posible; el análisis FODA como apoyo al proceso de planeación estratégica, que proporciona datos necesarios para la implementación de acciones, medidas

correctivas y generación de nuevos proyectos (Yuan, 2013); y las cinco Fuerzas de Porter que ayuda a valorar las acciones que hacen los competidores actuales y que pueden utilizarse para identificar las nuevas áreas de oportunidad (Porter, 2008). El diagnostico tuvo mayor énfasis en el área de ventas, situación organizacional, para esto se requirieron datos históricos de la organización, apoyo de la gerencia y colaboradores con el fin de ampliar el panorama acerca de la situación actual de la empresa, para posteriormente comprar los datos que se obtendrán al terminar la implementación del proceso propuesto. (Alvarez, 2001)

Como efecto del análisis situacional de la organización utilizando el análisis FODA y las cinco fuerzas de Porter, se pudieron definir factores imprescindibles para tomar en cuenta después en la elaboración de la estrategia que fuera apta de acuerdo a las condiciones de la Comercializadora Garza. Entre los elementos que son considerados cruciales, se encuentran los siguientes factores:

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
- Amplio catálogo de productos - Servicio especializado - Calidad en los productos - Precios accesibles - Personal capacitado - Buenos recursos financieros - Equipo tecnológico nuevo	- Obtención de nuevos clientes - Mejorar el posicionamiento - Incrementar ingresos - El número de clientes se eleva - Fuerte poder adquisitivo de los clientes	- Mal manejo de inventarios - No hay programa de metas - No existe página web - No hay conocimiento sobre el mercado - Falta de motivación del recurso humano	-Inseguridad -22 comercializadoras en la zona, gran competencia -Falta de conocimiento sobre la organización -Competencia directa cercana -Los proveedores tienen gran poder de negociación.

Tabla 1 Análisis situacional de la organización

En la ciudad de Orizaba, Veracruz se encuentran un gran número de competidores, para ser exactos, 22 organizaciones, que se encargan de comercializar los mismos productos, debido a que existe un comercio centrado con proveedores que abastecen las diferentes comercializadoras simultáneamente. La competencia es incesante, debido a que el número de clientes sigue creciendo. La organización no cuenta con metas a corto y largo plazo, es necesario establecer metas para poder saber si la organización se encuentra estancada o se están cumpliendo los objetivos que se establecieron por la gerencia. No se cuenta con apoyo de las nuevas tecnologías, además que no se cuenta con ningún tipo de promoción de la organización, asimismo no existe una base de datos sobre los clientes de la organización.

2. Elaboración de la Estrategia e Integración del Recurso Humano

La gran mayoría de las organizaciones no cuentan con una estrategia de crecimiento de su organización, el sistema de CRM se encarga de potencializar y automatizar en gran medida el proceso de venta (Garrido, 2008), para poder lograr una implementación exitosa se debe maximizar el procedimiento que se elija (Rouse, 2012). En cuanto a la elaboración de la estrategia se retomaron procedimientos y factores obtenidos en el análisis situacional de la empresa, logrando adecuar la siguiente estrategia a la organización:

I. Conocer el proceso de Venta
II. Identificar las necesidades de la organización y del cliente
III. Establecer objetivos a lograr
IV. Adiestrar a los colaboradores
V. Campaña de Marketing
VI. Analizar y mejorar

 ISSN 2007-8102

En la estrategia se necesitó de la completa colaboración de los trabajadores para poder tener una idea de todos los procedimientos que se deben de realizar, para gestionar una correcta relación con el cliente y prospectos, se necesitó de un adiestramiento sobre las tecnologías de información que fueron implementadas en el presente proyecto.

3. Análisis e Integración de los clientes de la organización

En el año de 1960, Theodore Levitt definió un término de Mercadotecnia, lo llamó “Marketing Miopía”, expone el comportamiento de las empresas y su peculiar ceguera, al estar enfocados plenamente a la producción de sus productos y mejorando sus servicios, y no prestar atención a las necesidades y preferencias de sus clientes (Hoffmann, 2016).

Para la integración de los clientes, se realizó una base de datos en Excel compuesta de cuatro datos indispensables para su llenado, lo que es el nombre, correo electrónico, producto que compró y la fecha, con la finalidad de que al tener la infraestructura necesaria, se realice la campaña de Marketing, utilizando el Mailing como una herramienta conjuntamente de las redes sociales y la página web. Simultáneamente se identificaron y evaluaron los procesos de compra de los clientes por medio de un cuestionario basado en la bibliografía, El Emprendedor de Éxito (Alcaraz, 2011) e Introducción a la Investigación de Mercados (Laura Fischer, 2008); compuesto por siete preguntas; a continuación se expondrán los resultados más relevantes de una muestra representativa de la población, condensando a 100 encuestas.

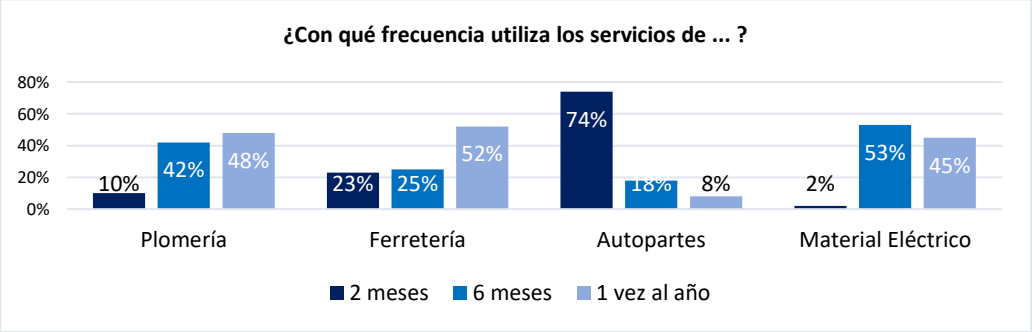


Gráfico 1 Frecuencia de uso de las diferentes líneas de productos de la organización



Gráfico 2 Características más importantes para la elección de un producto, la ponderación se realizó como 1 más importante y 9 menos importante

 ISSN 2007-8102

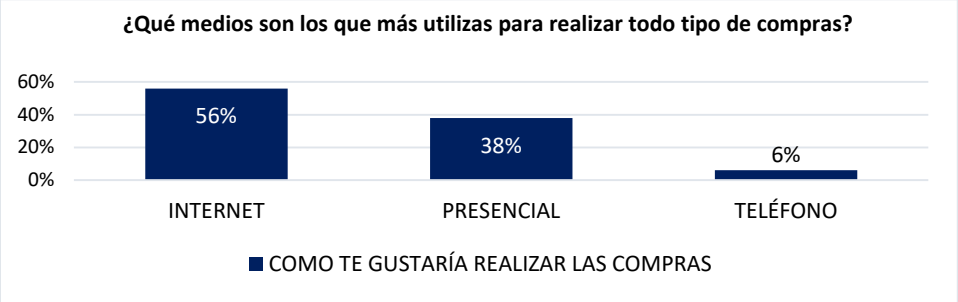


Gráfico 3 Medios para realizar compras de todo tipo

4. Desarrollo de la Estrategia

I. Conocer el proceso de Venta



Figura 2 Sistema de Distribución de la organización

El proceso de venta de la organización consta de tres etapas que son de la relación trilateral del productor con el mayorista y el consumidor; el productor es el responsable de la distribución este acuerdo llegó debido a que es donde se establecen los convenios de compra para la organización y se puedan ofertar productos a un precio más económico que el resto de las organizaciones sin pasar por un minorista.

II. Identificar las necesidades de la organización y del cliente

Para cualquier organización es necesario conocer en forma directa al cliente, especialmente los aspectos relacionados con los productos o servicios ofertados, en lo que respecta a la opinión sobre la calidad del producto, precio que está dispuesto a pagar, es por ello que es preciso indagar sobre su opinión en un instrumento como la encuesta (Rodríguez, 2011). Para poder saber los procesos de compra de clientes y prospectos se realizó una encuesta cuidadosamente planeada, con la finalidad de saber cuáles son los aspectos que el cliente categoriza como más importantes al momento de realizar una compra.

III. Establecer objetivos a lograr

Para poder tener un mejor control sobre la estrategia y el proceso que se implementó, se establecieron objetivos por la gerencia en la cual se fijó a un corto plazo, es decir en un lapso de 3 meses, lograr implementar las estrategias de Customer Relationship Management para tener un crecimiento constante de ingresos.
A un mediano plazo, lograr que la organización sea reconocida dentro del mercado, logrando incrementar el número de clientes y convenios que se tengan con diferentes organismos, estableciendo un nivel de ingresos creciente cada mes. En un largo plazo se pretende ser una organización que cumpla los requisitos de los clientes y poder tener la capacidad de proveer los productos a sus clientes de manera eficiente y continuar expandiendo el catálogo de productos que se ofertan.

IV. Adiestrar a los colaboradores

A los cuatro colaboradores que se encargan de ofrecer sus servicios a la organización, se les dio asesoramiento acerca de cómo manejar las bases de datos correctamente, desde como saludar, ofrecer las promociones y descuentos que se tienen en el momento. Se adiestró e implementó el cobro a domicilio utilizando terminales inalámbricas bancarias para poder tener una mayor cantidad de ventas tanto en efectivo como por tarjetas de crédito o débito.

V. Campaña de Marketing

Por medio de las redes sociales, se elaboró una página en Facebook, contiene todos los datos necesarios para que los clientes puedan observar los descuentos y promociones que tiene la organización además de acceder a la página Web en donde se encuentran los productos que de acuerdo a los conocimientos del Gerente, se encargan de posicionar a la organización en el mercado. La campaña de Mailing se centra en mostrar imágenes con los productos que son comprados particularmente por cada cliente, además de ofrecer las promociones del día que es enviado el correo electrónico. Se posiciono en la plataforma de Google utilizando la herramienta de My Business para poder localizar por medio de la aplicación Google Maps, la Comercializadora (Argudo, 2017). Los productos han sido seleccionados a partir de la experiencia del gerente por colocar a los productos que posicionan a la organización dentro del mercado.

Trabajo a Futuro

Es indispensable culminar todas las etapas del proyecto que faltan por realizarse, como son el establecimiento e implementación de los indicadores KPI, para poder establecer metas claras y bien definidas sobre lo que se pretende lograr. Identificar los ratios en base a la evaluación de resultados que se obtuvieron antes de implementar la estrategia en la organización y posteriormente de la implementación, para verificar si se lograron las metas propuestas junto con la evaluación de los resultados que arrojen los indicadores establecidos. Analizar y mejorar el proceso administrativo dentro de la organización constantemente para poder estar actualizado con los nuevos requerimientos que necesita el cliente.

Conclusiones

Al implementar la estrategia competitiva empresarial CRM en la organización, se han obtenido favorables resultados, se ha obtenido un ingreso creciente constante, además de poder incrementar el número de clientes en la base de datos y establecer un vínculo con los que son nuevos clientes.
Posteriormente se espera que los volúmenes de venta de los meses siguientes, puedan mantener y seguir elevando los ingresos gracias al procedimiento adaptado a la organización con el apoyo de la herramienta Customer Relationship Management; estando fidelizando a los clientes que se tienen dentro de la organización. Se tiene un proyecto a futuro junto con el Empresario y la Doctora de que este proyecto logre las expectativas, se pueda vender como un modelo de negocio para el comienzo de una franquicia; claramente este proyecto ayudará a poder otorgar trabajo a más personas y notoriamente mejorará las utilidades de Garza Comercialización y Servicios S.A. de C.V.

Agradecimientos

Agradezco profundamente al Instituto Tecnológico de Orizaba, en especial al Departamento de Posgrado e Investigación, por el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); agradecimiento especial a la Dra. Edna Araceli Romero Flores y al Maestro en Ciencias Luis Fernando García Zárate, al Dr. Fernando Aguirre y Hernandez y a la M.C. Nuria Ortega Petterson

por su formidable contribución a ampliar mi conocimiento, además de apoyar en todo momento mi proyecto de Tesis.

Referencias

1. Alcaraz, R. (2011). *El Emprendedor de Éxito .* México, D.F.: McGraw-Hill.
2. Alvarez, A. (2001). *La medición de la eficiencia y la productividad.* Madrid, Expaña.
3. Argudo, J. (26 de 02 de 2017). *Campaña de Marketing Online*. Obtenido de https://www.joseargudo.com/como-hacer-una-buena-campana-marketing-online/
4. *Forbes.* (enero de 2018). Obtenido de Pymes mexicanas, un panorama para el 2018: https://www.forbes.com.mx/pymes-mexicanas-un-panorama-para-2018/
5. Garfias, D. Q. (2015). *Aplicacion de la estrategia CRM para generar lealtad en los clientes*. Obtenido de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19539/APLICACI%C3%93N%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20CRM%20PARA%20GENERAR%20LEALTAD%20EN%20LOS%20CLIENTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Garrido, A. (2008). *La gestión de relaciones con clientes CRM como estrategia de negocio.* Obtenido de Departamento de Economía y Administración de Empresas: https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/.../TDR_GARRIDO_MORENO.pdf
7. Hoffmann, A. (03 de octubre de 2016). *La visión cliente y su importancia en las organizaciones*. Obtenido de https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2016/10/03/la-vision-cliente-y-su-importancia-en-las-organizaciones/
8. Laura Fischer, J. E. (2008). *Introducción a la Investigación de Mercados.* Mc Graw HIll.
9. Nugrohoa, A. (2017). *Customer Relationship Management Implementation.* Obtenido de https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5028076
10. Parada, P. (2011). *Análisis PESTEL, una herramienta de estrategia empresarial de estudio del entorno.* Obtenido de http://www.pascualparada.com/analisis-pestel-una-herramienta-de-estudio-del-entorno/
11. Planeación, S. d. (2017). *INEGI* . Obtenido de CEIEG: http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Orizaba.pdf
12. Porter, M. E. (2008). Estrategia Competitiva. En M. E. Porter, *Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia* (pág. 394).
13. Quiroa, M. (2014). *Poder de Negociación de los Clientes*. Obtenido de Economipedia: https://economipedia.com/definiciones/poder-de-negociacion-de-los-clientes.html
14. Rexach, T. S. (01 de noviembre de 2013). *El país*. Obtenido de https://blogs.elpais.com/via-ie-business/2013/11/la-importancia-de-la-fidelización-y-centrarnos-en-el-cliente.html
15. Rodríguez, R. A. (2011). *Emprendedor de Éxito.* México, D.F.: McGRAW HILL.
16. Rouse, M. (noviembre de 2012). *CRM.* Obtenido de Search Data Center: https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/CRM-Gestion-de-relaciones-con-los-clientes
17. Yuan, H. (2013). *SWOT.* Obtenido de Analysis of succesful construction wate management.

Industria de la confección de prendas de vestir de Tekit y su camino hacia la competitividad.

F.Y. Parra Argüello[1], R. A. Navarrete Canté[2], A.J. Leal Osorio[3], F.J. Cool Chi[4] y T. Navarrete Castillo.
[1,2,3,4]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, Oxkutzcab, Yucatán, México.
[5]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, Oxkutzcab, Yucatán, México.
[1]fparra@itsyucatan.edu.mx, [2]rangelnavarrete@hotmail.com,
[3]lealvaro90@yahoo.com.mx, [4]gelipe_81@hotmail.com, [5]tatiana_navacast@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa.*

Resumen

Una de las actividades manufactureras predominantes en la comunidad de Tekit, Yucatán es la confección de prendas de vestir. En esta ocasión el tema se desarrolla en la región sur del estado de Yucatán, cuya cabecera es la ciudad de Tekit, misma que cuenta con una dinámica económica, social y cultural particularizada por la industria de la confección de prendas de vestir; dicha actividad constituye un motor económico importante de la ciudad. Entre las diversas prendas que se confeccionan se encuentran los uniformes deportivos, escolares, de empresas, vestidos para dama, ropa interior, guayaberas y batas médicas. En la actualidad esta industria ha crecido significativamente a tal grado que se tiene aproximadamente a 300 fábricas dedicadas a la confección, también se ha observado algunas características que las hacen competitivas entre sí.

***Palabras clave**: Competitividad, Desarrollo y Empresas.*

Abstract

A predominant manufacturing activity of the community of Tekit, Yucatán is the making of wear garment. In this occasion, the topic is developed in the South region of Yucatán, in the city of Tekit which counts with a dynamic economy, but also a social and cultural dynamic because of the garment manufacturing industry. This activity is the economic motor in the city. Among the garments that are made we can found sports uniforms, school uniforms, bussines uniforms, dresses, underwear, Guayaberas and doctor gown. At present, this industry has grown significantly, therefore, there are approximately 300 factories dedicated to clothing, some characteristics that make them competitive with each other have also been observed.

***Key words**: Competitive, development and business.*

Introducción

Dentro de este trabajo se vislumbra a la competitividad como uno de los puntos centrales para el crecimiento y sobrevivencia de las fábricas de Tekit; así como la importancia de la toma de decisiones en dichas empresas, considerando que en la actualidad se cuenta con más de 300 fábricas y talleres, según el censo económico del INEGI 2018.

Ante el panorama de la globalización, donde los sectores productivos se ven obligados a innovar sus productos y procesos, para poder permanecer y competir en los mercados local, nacional e internacional, la industria de la confección de prendas de vestir no puede estar ajeno a ello, por lo que se ve en la necesidad de adoptar medidas, estrategias y acciones para poder alcanzar un nivel de desarrollo tecnológico que la haga competitiva.

Aumentar la productividad es un fin que buscan las empresas que desean permanecer activas en el mercado de bienes y servicios, que con el paso de los años han convertido esto en un objetivo estratégico debido a que “sin ella los productos o servicios no alcanzan los niveles de competitividad necesarios en el mundo globalizado” [Medina, 2010].

De ahí la importancia de realizar un estudio acerca de uno de los sectores de la región sur, el analizar la industria de la confección de prendas de vestir de Tekit, desde la perspectiva de su competitividad e innovación, para establecer acciones de mejora de tal industria y contribuir con el desarrollo tecnológico y económico de la región.

La competitividad basada en la innovación.

La globalización de los mercados, el paradigma tecnológico dominante, la competencia entre los grandes bloques económicos y la propia ideología neoliberal, han convertido el tema de la competitividad en el núcleo de las estrategias de empresas, gobiernos e instituciones de investigación. Ser o no ser competitivo resumen las opciones de sobrevivencia y triunfo o fracaso y anulación. La competitividad a su vez descansa en la innovación, es decir, en la "introducción de una técnica, producto o proceso de producción o de distribución de nuevos procesos que con frecuencia puede ser seguido de un proceso de difusión" [Martínez, E., 1997]. A su vez la capacidad de innovación se apoya en gran medida en la tecnología ("dura" y "blanda"), cuyo rasgo contemporáneo es la fuente articulación al conocimiento científico.
Son estas prioridades las que explican las transformaciones en las políticas científicas y su conversión en políticas de innovación, lo que supone una transformación radical en el modo de producción del conocimiento donde el contexto de aplicación aparece ahora como el primordial e inicial. En este caso se transforma el ethos científico y los criterios clásicos de evaluación del trabajo científico (peer review) son sustituidos por otros donde la rentabilidad y la ganancia ocupan un sitio primordial, [Nuñez, 2015].

Esta tendencia sobre la competitividad se apoya en los principios de Fajnzylber sobre la verdadera competitividad, quien distingue dos modalidades de la misma:

- La competitividad "autentica", es decir, duradera; al contrario de las ventajas competitivas estáticas del pasado, que se basa en el progreso tecnológico y en vastas reformas institucionales. Genera ventajas adquiridas (ventaja competitiva y no comparativa) a la incorporación del progreso técnico y el aumento de la productividad.
- Competitividad espúrea: aquella basada en la utilización de los recursos naturales, mano de obra barata, ausencia de progreso tecnológico, mano de obra intensiva.

Siendo la idónea, la generación de la competitividad "Autentica o Estructural", sin embargo esto implica confrontar también sistemas productivos, esquemas institucionales y organizaciones sociales, en los que la empresa constituye un elemento importante, pero integrado en una red de vinculaciones con el sistema educativo, la infraestructura tecnológica, las relaciones gerencial-laborales, el aparato institucional público y privado, el sistema financiero, entre otros [F.Fajnzylber, 1988 en Maggi C. y Messner D., 2015].
Este conjunto de interrelaciones provocarían un cambio fundamental en la forma de abordar los negocios al incorporar patrones competitivos derivados de la innovación tecnológica; siguiendo las tendencias Schumpeterianas donde la innovación, es el medio capaz de explicar el desarrollo económico y al analizar el cambio tecnológico distingue la invención refiriéndose al descubrimiento realizado en el terreno científico-técnico, pudiendo permanecer durante un largo tiempo o para siempre en esta esfera sin trascender a la esfera económica; en tanto que la innovación se produce cuando una invención es introducida a la esfera económica. El primero se refiere a la creación de nuevos inventos, en tanto que el segundo supone la aplicación de la invención a nuevos productos o procesos de producción y su aplicación a usos comerciales o industriales.
Al incorporar las ideas Fajnzylber y las de Schumpeter se hace necesario un análisis estructural de los actos sociales y de las ventajas competitivas que conforman un sector económico para su sobrevivencia y sustentabilidad.
No basta competir, es necesario lograr ventajas competitivas, pues las empresas competitivas serán aquellas capaces de ofrecer continuamente productos y servicios con atributos apreciados por sus clientes. A este conjunto de características que distinguen al producto de una empresa de sus competidores se denominan ventajas competitivas. Lo único seguro acerca de éstas es su dinamismo, los mercados pueden cambiar sus exigencias o la tecnología de la empresa puede verse desplazada por las de la competencia. Si una empresa no invierte en materiales, remozarlas, tarde o temprano estará condenada a perderlas.
Existen dos categorías de ventajas competitivas: de costos y de valor. Las ventajas de costos están asociadas con la capacidad de ofrecer a los clientes un producto al mínimo costo. Las ventajas competitivas de valor; por su parte, están basadas en la oferta de un producto o servicio con atributos únicos, discemibles por los clientes, que distinguen a un competidor de los demás.

 ISSN 2007-8102

Sin embargo, según Porter, M. (2002), habría que irse a la empresa, y al sector, e identificar cuáles son los factores que determinan que las empresas generen valor agregado y que ese valor se venda en el mercado, y si realmente esos factores son sostenibles en el mediano y largo plazo. Pues las medidas a instaurar son aquellos factores que conduzcan al logro del objetivo "ser competitivos", son diferente, y entran en ámbitos decisionales distintos según sea aquel en el que se realice el análisis de la competitividad.
Por lo que este estudio se enfoca a estudiar la industria de la confección de prendas de vestir de Tekit, Yucatán, considerando los siguientes puntos:

- La toma de decisiones en la industria de la confección
- Compra de materia prima y ventas
- Diseño, competidores y ventaja competitiva

Metodología

En el presente estudio se diseñó una metodología para conjuntar dos aspectos importantes la innovación y la competitividad (como se aprecia en la figura 1). Para la metodología de investigación se ocuparon fuentes primarias y secundarias para el análisis del tema. Entre las fuentes primarias se utilizaron cuestionarios y guías de entrevista. El instrumento de investigación consistió en aproximadamente 40 preguntas, misma que fue validada por dos expertos en el tema, investigadores que han trabajado en proyectos de investigación similares, pero aplicados en otra industria como lo es la industria del calzado.

Para la aplicación del instrumento se prosiguió primero a realizar una prueba piloto a cinco empresarios, para identificar si los empresarios comprenden con facilidad el cuestionario, después se realizaron las adecuaciones pertinentes. Se prosiguió a aplicar las encuestas tomando un tamaño de muestra de 40 fábricas todas localizadas en la comunidad de Tekit, Yucatán. Con la finalidad de obtener la información necesaria también se creó una guía de entrevista para la Cámara Nacional del Vestido (CANAIVE), para conocer cuáles son las acciones que estos le proporcionan a la industria de Tekit en el tema de la competitividad.

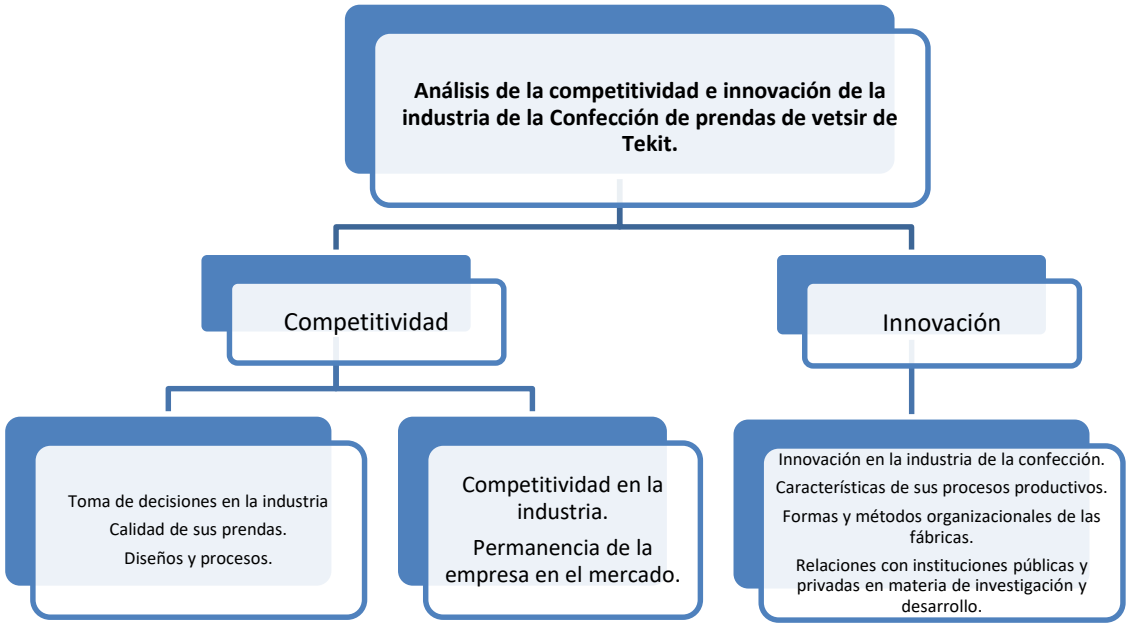


Figura 1. Metodología para el análisis de la industria de la confección de prendas de vestir.

Por otro lado, también se utilizaron las fuentes secundarias, ya que se obtuvo información del INEGI, proveniente de los censos económicos 2014 y 2018. Debido a que no se manipulan deliberadamente las variables de estudio, se podría catalogar a la investigación como no experimental, ya que se observa los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural. En este caso particular, el diseño apropiado es el transversal o transeccional, con un

 ISSN 2007-8102

enfoque mixto, ya que se utilizaron como instrumentos de investigación el cuestionario y la guía de entrevista. Esta última utilizada para recopilar información cualitativa a sujetos, funcionarios, dirigentes relacionados con la industria de la confección de prendas de vestir.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se presentan de acuerdo a la secuencia de los objetivos planteados en la investigación, en primer lugar, se describe las características de la industria con la finalidad de presentar la situación socioeconómica, la calidad de sus prendas y finalmente se presenta las variables de estudio considerando la innovación y la competitividad que son las piezas claves de investigación del presente estudio.

Características de la industria de la confección de prendas de vestir de Tekit, Yucatán.

La industria de la confección es una de las actividades predominantes en la comunidad de Tekit, que incluso les genera empleos a los pueblos circunvecinos, es una industria conformada por aproximadamente 399 entre fábricas y talleres, donde se confeccionan diversas prendas desde ropa interior, guayaberas y uniformes para las empresas.

En el área de producción no existe una persona que cumpla con las funciones específicas del jefe de planta para el control de la producción, un mismo operario realiza todo el proceso de fabricación, no existen supervisores que se encarguen de ir revisando e inspeccionando por cada etapa de fabricación, normalmente el control lo aplican los mismos dueños de la fábrica, lo que genera muchas veces pérdida de tiempo para el propio dueño. En diversas ocasiones el dueño no se encuentra en la fábrica y al no estar no se da la inspección final de las prendas, y en algunas ocasiones se trata de clientes foráneos, cuyos clientes exigen calidad en las prendas.

Uno de los puntos importantes para mejorar la productividad es programar la producción sabiendo la cantidad específica de sus productos, la cual se tenga que cumplir, en el caso de las fábricas de Tekit no cuentan con una meta de trabajo que ayude a que la producción sea mayor y que se pueda cumplir con los tiempos de entrega, sino más bien lo realizan de forma empírica. Las decisiones sobre la producción la mayoría son a corto plazo, sin embargo carecen de objetivos establecidos tanto a corto como a mediano plazo, ya que incluso dejan de hacer lo que están haciendo para fabricar piezas de pedidos recientes, cuando se debieran terminar primero los pedidos que llegaron primero. No existe algún control sobre la programación de la producción. Sin embargo, la producción que generan las fábricas es notoria, de las fábricas encuestadas 14 producen entre 501 a 1000 prendas de vestir por semana, solamente una produce menos de 100 prendas y tres producen hasta 2000 prendas por semana.

Se puede asegurar que en promedio las 40 fábricas producen en su totalidad 30,012 prendas de vestir por semana, lo que significa que al mes podrían producir aproximadamente 120,048 prendas de vestir. Esta es una cantidad bastante considerada por tratarse de una industria localizada en una zona rural. La producción que realizan las fábricas y talleres es una característica que los distingue ya que producen en una mayor cantidad.

La calidad en las prendas de vestir.

La productividad y la calidad guardan una relación fundamental, la cual a su vez se ve reflejada tanto en los costos y en los niveles de servicios, lo cual termina reflejándose en la ventaja competitiva. La calidad es un factor importante para que una empresa sea considerada como competitiva, en el caso de la industria de Tekit, se pudo observar que sus prendas son de calidad por el diseño y la calidad de sus telas, se observa la uniformidad de sus bordados y costuras en general, desde el área de corte hasta la prenda terminada.

En la industria de la confección, el 12% de los empresarios considera importante realizar una inspección de las prendas al inicio, y el 60% realizan la inspección de las prendas finales. Y de acuerdo a la opinión de los propios empresarios los clientes consideran que sus prendas si son de calidad, sin embargo, antes de entregárselo a los clientes al revisar las prendas se percatan de que sus prendas no tengan saltos de costura, o algunas imperfecciones en las prendas, manchas, etc. En caso de encontrarse con un producto no conforme, lo reprocesan para que cumplan con las especificaciones del cliente, pero esta actividad la realiza el propio dueño, ya que la mayoría de las empresas no tiene a un supervisor de calidad, de hecho, no existe el área dentro de la empresa.

 ISSN 2007-8102

Competitividad en el mercado de la industria de la confección.

Actualmente las fábricas de Tekit abarcan los mercados tanto local, regional, estatal y nacional. La mayoría de las fábricas acondicionan un lugar en el domicilio del dueño para exhibir sus prendas y otras rentan locales en la capital del estado para vender directamente a los clientes.

Como se puede observar en la figura 2, solo el 13% de las fábricas vende a nivel local en la comunidad de Tekit, mientras que el resto lo hace a nivel regional, estatal y nacional. En cuanto al nacional, las fábricas entregan prendas en el centro y sur del país, especialmente en los estados de Campeche, Quintana Roo, Veracruz, Tabasco. Las fábricas son proveedoras de uniformes de los hoteles, de empresas privadas y públicas, así mismo proveen de prendas a Rams Cottons, Walmart, Empresa Cintas de México, S.A. de C.V., etc. Por lo tanto, tienen un mercado bastante amplio, sin embargo, hay un requerimiento que exigen las empresas, las certificaciones, la cual es una limitante para las pequeñas fábricas, ya que se requiere de una inversión en sus instalaciones para lograr obtener las certificaciones de sus prendas y de calidad sobretodo.

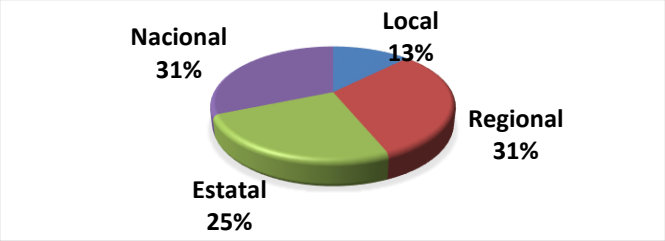


Figura 2. Mercado que han abarcado las fábricas de Tekit.

Las fábricas producen durante todo el año, pero se tiene temporadas altas y bajas. Dentro de la comunidad se han iniciado ferias de exposición de sus prendas, organizado por las autoridades municipales. Esto ayuda a incrementar sus ventas y que las conozcan.

La mayoría de los empresarios externaron la inquietud de querer abarcar mercados nacionales, ya que consideran que sus prendas compiten con las grandes fábricas, sobre todo en la prenda de la Guayabera, donde la calidad sobresale demasiado entre otras comunidades que fabrican lo mismo.

El proceso de toma de decisiones en la industria de la confección.

En la encuesta se consideraron tres preguntas que enmarcan la toma de decisiones: los que participan en dicho proceso, si existe autonomía o democracia en la toma de decisiones y cuáles son las habilidades que son necesarias para la toma de decisiones en el ramo industrial. En las fábricas y talleres la toma de decisiones forma parte importante de una de sus características centrales, en el 81% de los casos, los que participan en la toma de decisiones son familiares como se aprecia en la figura 3.

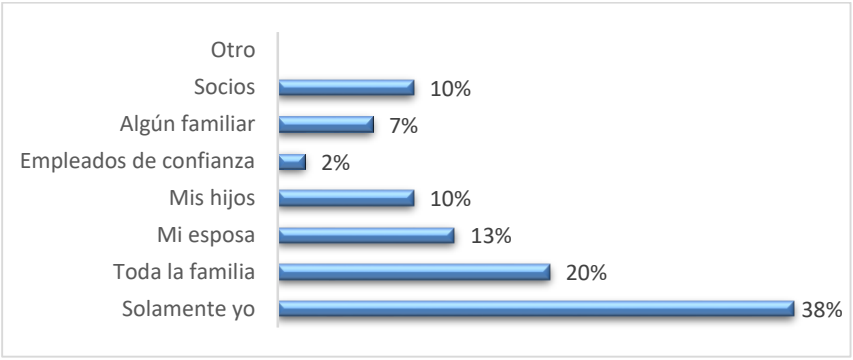


Figura 3. Participantes en la toma de decisiones en las fábricas.

Este dato se ve conformado por la participación del cónyuge, los hijos o algún otro familiar que por lo general está encargado de parte importante del negocio. Estos porcentajes están directamente relacionados con el tamaño de la empresa, es decir, aquellas que incluyen a sus empleados y a sus socios en este proceso, son las que tienen mayor tamaño y complejidad empresarial, mientras que las que son familiares incluyen la mayoría de las fábricas de la comunidad. Y las que tiene un menor tamaño solo necesitan el criterio del líder o de su propietario para

 ISSN 2007-8102

tomar decisiones que asumen la responsabilidad del proceso decisorio. Era importante analizar el proceso de toma de decisiones en las fábricas, ya que el sujeto que dirige la empresa es pieza clave para la solución de problemas que se presenten en la fábrica. En el caso de la industria de Tekit, observamos que como se trata de empresas familiares, el integrante familiar tiene injerencia de cierta manera en las decisiones que se tomen en ella, situación en la que algunos casos no podría ser una ventaja competitiva.

La Innovación en la industria de la confección de prendas de vestir.

El desarrollo es una consecuencia de la producción de conocimientos del hombre, que desde su existencia ha evolucionado, a través de descubrimientos, creaciones e innovaciones. La innovación es entendida como la generación de cambios o novedades de cierta relevancia, de ahí la importancia de conocer el desarrollo e innovación de las fábricas, en qué aspectos han crecido como organizaciones.
Las fábricas desde su creación han crecido en promedio entre 10% a 30%, la cual no es tan notoria, sin embargo el 36% de los entrevistados han crecido entre 40% a 60%, lo cual si es significativo. Por lo que se indago acerca de los factores que influyeron a tales crecimientos.
Entre los aspectos que externaron los empresarios destacan la calidad de sus prendas, innovación en sus diseños, por el precio que ofrecen y expansión de su mercado como se puede apreciar en la figura 4.

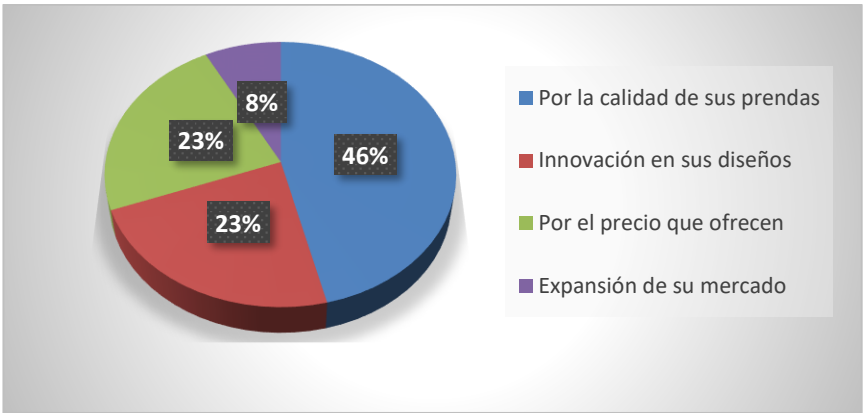


Figura 4. Factores que han contribuido al crecimiento de la empresa.

Uno de los puntos medulares de la innovación es la inversión que realizan las fábricas en materia de mejoramiento a favor de su empresa. Es por ello que se investigó si las fábricas invierten en sus empresas.
En lo que respecta a la inversión en equipo y maquinaria, el 75% de las fabricas encuestadas invierten con frecuencia al menos una vez al año en los últimos tres años, el 15% no ha invertido en los últimos tres años. Algunos empresarios argumentaron que la inversión se realiza si lo amerita la producción, es decir, si la producción va en aumento entonces invierten en más máquinas y más equipos.

Uno de los casos muy particulares se encuentra la MODA Y CONFECCIÓN S.A DE C.V., donde cinco años atrás se había visitado y no se contaba con la máquina de corte de telas y los cortes lo realizaban manualmente y en la misma fabrica. Actualmente cuentan con sus máquinas para corte y bordados. Dichos equipos ayudan a agilizar el proceso de bordado, proceso que realizaban con las maquinas industriales. Ahora simplemente las programan y automáticamente bordan el diseño indicado. En la gran mayoría de las fábricas se ven los avances innovativos y tecnológicos, ya que invierten en máquinas computarizadas, incluso para sus procesos administrativos, creen necesario esta herramienta y por eso las adquieren, pero esto se fue dando hace cinco años atrás. Los últimos tres años las fábricas han invertido entre 70000 a 300000 en adquisición de maquinaria y equipo, nueva planta o instalación.

Por otro lado, en cuanto a capacitación el 30% de los dueños de las fábricas han tomado algún curso para mejorar su negocio en los últimos tres años, el resto no cree necesario los cursos, ya que la experiencia es más que suficiente. La innovación va de la mano con la competitividad, en un mercado tan cambiante se hace necesario innovar constantemente. Por lo que todos los empleados e incluso los directivos deben actualizarse y recibir capacitación para no dejar de innovar.

Trabajo a futuro

En el proyecto de investigación hace falta abarcar otros aspectos de la industria como lo es el tema de la productividad en cada una de las fábricas, para realizar un análisis comparativo y su injerencia en la competitividad, así mismo se hace necesario involucrar la innovación como factor importante para alcanzar la competitividad en las fábricas.

Conclusiones

En la actualidad todas las empresas buscan un incremento en su competitividad que conlleva a una mejora en la productividad y cada industria realiza un esfuerzo muy grande para lograrlo, esta situación también se pudo notar en la industria de la confección, ya que se observó cómo ha sido el camino recorrido para alcanzar la competitividad en el mercado. Sus prendas son reconocidas por su calidad, por sus acabados, por la innovación en sus diseños y por el costo accesible, ya que los clientes se trasladan hasta la comunidad de Tekit, con tal de adquirir guayaberas a bajo costo y de calidad.

La industria de la confección de Tekit, Yucatán enmarca características de una industria en crecimiento y la producción de las prendas representa un porcentaje importante a nivel regional, estatal y sobre todo nacional, además a nivel local representa la generación de empleos, los cuales nacen por iniciativa ante la falta de oportunidades de la región y como una herencia de las generaciones anteriores que alimentaban los talleres, esta característica se conserva al encontrar que las fabricas son principalmente familiares y la toma de decisiones se conceptualiza democráticamente entre los miembros de la familia, sin embargo se ve afectada por los problemas de la sucesión y las relaciones que afectan la parte económica y administrativa de este tipo de empresas.

Por otro lado, la calidad y el precio son elementos importantes que afectan el proceso de compra de materiales para la producción, sin embargo, existen ocasiones en que estos elementos no se consideran, dando preferencia al proveedor que dispone del material necesario para producir, o aquel que ofrece créditos para la adquisición de la materia prima. Al analizar la cadena de logística, fue posible hallar que los empresarios manejan estrategias de ventas, los cuales pueden ser descuentos por ventas al por mayor, sistemas de apartado, pagos con tarjetas bancarias y descuentos por ser clientes frecuentes. Sin embargo, una estrategia que está generando un cambio significativo en la industria es la promoción de sus prendas en expo ferias que se realizan en determinadas épocas del año, donde podemos observar los desfiles de los diseños de sus prendas, de igual manera se observó la adquisición de maquinaria que mejoran sus bordados y la manufactura de sus prendas; para la inversión en sus equipos en los últimos tres años han invertido hasta $300000 en la compra de maquinaria y equipo.

Con respecto a la toma de decisiones vemos una carencia de liderazgo en los dirigentes de las fábricas, existe demasiada informalidad en el trabajo, los trabajadores argumentan recibir órdenes de todos los miembros de la familia, tal situación ocasiona una mala organización en el que hacer de las fábricas. Es necesario establecer a un gerente o supervisor en cada operación que se realiza dentro de la fábrica.

En cuanto al tema de la innovación que es la punta de lance para alcanzar la competitividad, se aprecia un avance en la calidad y diseño de sus prendas, por ejemplo, sus guayaberas ya se exhiben en empresas de gran prestigio. Para generar la competitividad autentica o estructurada es necesario la participación de los diferentes actores sociales: instituciones gubernamentales, académicas y el sector productivo; así como la participación de la sociedad en su conjunto, lo cual es conocido como los sistemas de innovación.

Se observó que la industria a lo largo de estos últimos años ha sido competitiva en su mercado, porque observamos un incremento en sus ventas y producción, sin embargo, todavía se requiere de ciertas acciones de mejora como por ejemplo en el tema de innovación y tecnología, no hay un acercamiento de la industria con instituciones académicas que les puedan proveer de capacitación, de una cultura empresarial, de una cultura ambiental y de sobretodo de una mejora en sus procesos productivos.

Referencias

1. Carro P.R. y Daniel González G. (2012). “Productividad y Competitividad”. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Nacional de Mar del Plata. http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
2. F. Fajnzylber, 1988 en Maggi C. y Messner D. (2015) Desarrollo tecnológico, competitividad y equidad, recuperado de www.meso-nrw.de/fajnzylber.pdf. Agosto 2015.
3. Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas (FIEL) (2002). “Productividad, Competitividad, Empresas. Los engranajes del crecimiento”. Buenos Aires Argentina.
4. INEGI, (2014). Resultados del censo económico. Programa SAIC 6.0 (Sistema Automatizado de Información Censal).
5. INEGI (2018). Perspectiva estadística Yucatán.
6. Martinez, E. (1997). “Ciencia, tecnología y Estado en América Latina: el fin del siglo XX”, Democracia para una nueva sociedad (González, H; Schimidt, H., eds.), Editorial Nueva Sociedad, Caracas.
7. Medina Fernández de Soto, J. (2010). Modelo integral de productividad: aspectos importantes para su implementación. Revista EAN, 112.
8. Nuñez, J. (2015): La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar”. Recuperado de http://www.oei.es/salactsi/nunez07.htm, Julio 2015.
9. Poter, M. (2002). Ventaja Competitiva. México: CECSA.
10. Schumpeter, J. (1997), Teoría del desenvolvimiento económico, Fondo de cultura económica, México.

Aprovechamiento de Productos de Valor Agregado a partir de *Stenocereus Griseus* (Pitaya de Mayo) en la Mixteca Poblana

R. Matías López[1], M.J. Oregan Silva[2], M.S. López Vigil[3], H. santos Alvarado[4], E. Cruz Paz[5]

[1]División de estudios de posgrado e investigación, TecNm/I.T. de Tehuacán, Libramiento tecnológico S/N. Tehuacán, Pue. México. rmatiaslopez@yahoo.com.mx

[2]Departamento de Metalmecánica, TecNm/I.T. de Tehuacán, Libramiento tecnológico S/N. Tehuacán, Pue. México. maoreganSilva@hotmail.com

[3]División de estudios de posgrado e investigación, TecNm/I.T. de Tehuacán, Libramiento tecnológico S/N. Tehuacán, Pue. México. misilovi@hotmail.com

[4]División de estudios de posgrado e investigación, TecNm/I.T. de Tehuacán, Libramiento tecnológico S/N. Tehuacán, Pue. México. hsalvarado@hotmail.com

[5]División de estudios de posgrado e investigación, TecNm/I.T. de Tehuacán, Libramiento tecnológico S/N. Tehuacán, Pue. México. lc_erika_cp@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En este trabajo se estudian los antecedentes y condiciones de producción de la pitaya de mayo (*Stenocereus Griseus*), producida en las poblaciones de Santo Domingo Tonahuixtla municipio de San Jerónimo Xayacatlan y Zapotitlán Salinas, que forma parte de la Mixteca Poblana, México. El estudio considera el aprovechamiento sustentable de productos derivados de pitaya de mayo (Stenocereus griseus) para el desarrollo de la población, mediante la producción de productos derivados de la pitaya de mayo, con la finalidad de integrar un plan de negocios que permita mejorar la economía familiar y agregar valor comercial. Se llevó a cabo un estudio documental y de campo sobre la producción y comercialización, se realizaron análisis Bromatológicos que confirman y resaltan la importancia nutricional de *S. Griseus* dándole un valor agregado a los productos derivados, se estimaron costos de producción que destacan la viabilidad de este proyecto.

***Palabras clave**: Pitaya de mayo, Análisis bromatológico, Mixteca poblana.*

Abstract

In this work we study studies the background and production conditions of the May pitaya (Stenocereus Griseus), produced in the towns of Santo Domingo Tonahuixtla municipality of San Jerónimo Xayacatlán and Zapotitlán Salinas, which is part of the Mixteca Poblana, Mexico. The study considers the sustainable use of products derived from pitaya de mayo for the development of the population, through the production of products derived from pitaya de mayo, with the proposal of integrating a business plan that allows improving the economy familiar and add commercial value. A documentary and field study on the production and development was carried out, the Bromatological analysis was confirmed, confirming and highlighting the nutritional importance of this project.

 ISSN 2007-8102

Key words: *Pitaya de mayo, Bromatological analysis, Mixteca poblana.*

Introducción

La agricultura representa para nuestro país y para la humanidad, una de las actividades prioritarias más importantes, ya que genera gran cantidad de empleos, responde a las necesidades alimenticias, preserva los entornos naturales y estimula el progreso al mejorar la calidad de vida en las zonas rurales del país.
Este trabajo tiene su origen en la necesidad de proponer una alternativa de solución a la crisis socio-económica de una región de la mixteca poblana, generada por la falta de fuentes de ingreso, la cual se traduce en el abandono de sus lugares de origen.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), una de las regiones con mayor marginación de nuestro país es la región de la Mixteca, la cual se extiende sobre aproximadamente 45 mil 282 km^2, divididos entre la porción sur del estado de Puebla, la parte poniente del estado de Oaxaca y una franja al oriente del estado de Guerrero
Se aborda considerando el aprovechamiento y protección de ecosistemas para el desarrollo regional sin afectar la biodiversidad, mediante la adopción de un conjunto de soluciones con la finalidad de integrar un plan de negocios que conduzcan a la creación de una microempresa, que les permita mejorar su economía familiar mediante el aprovechamiento de la pitaya, no solamente como fruto sino mediante la obtención de otros productos derivados, que agreguen valor a la comercialización y nutrición de la población. Para este propósito se trata de integrar a los pequeños agricultores de la región mixteca, para que garanticen la producción de pitaya, que se va a utilizar como materia prima para el funcionamiento de una pequeña empresa agroindustrial, dedicada a la elaboración de productos elaborados a base de pitaya, debido a que las especies más representativas en la región Mixteca Oaxaqueña son *Stenocereus griseus* conocida también con el nombre de “pitaya de mayo” y *Stenocereus stellatus*, llamada comúnmente “xoconostle”.

Para la realización del presente proyecto, se llevó a cabo un estudio documental y de campo in situ, para conocer de primera mano las condiciones de producción y comercialización del fruto, se realizaron los análisis Bromatológicos para caracterizar, de manera específica la pitaya de las poblaciones objeto de estudio, con la determinación del porcentaje de humedad, contenido de cenizas, determinación del contenido de proteínas evaluación del contenido de extracto Estéreo y la determinación de fibra cruda presentes en la fruta con fruta de Santo Domingo y Zapotitlán Salinas, ya que no existían estudios específicos en frutos producidos de estas poblaciones.

Las poblaciones objeto de estudio fueron el poblado de Santo Domingo Tonahuixtla y el municipio de Zapotitlán Salinas, localizada en el municipio de San Jeronimo Xayacatlan en el estado de Puebla y que forman parte de la región denominada Mixteca baja.
Este trabajo tiene su origen en la necesidad de proponer una alternativa de solución a la crisis socio-económica de una región de la mixteca poblana, generada por la falta de fuentes de ingreso, la cual se traduce en el abandono de sus lugares de origen. Para lo cual en esta primera fase se Identificar la situación actual y potencial de producción de fruto y se realiza la caracterización fisiológica y bromatológica.

Metodología

Determinación de la producción.

Para conocer la situación actual de la producción de pitaya, se aplicacóun cuestionario y entrevista, para determinar método de cultivo, volumen de producción, si conocen o han elaborado productos derivados, así como de del mercado en el cual venden sus productos. Es pertinente aclarar que es muy difícil obtener esta información de forma directa con los productores, ya que su cultivo no es tecnificado y por lo tanto no llevan un control de su producción, por lo que más que el llenado de un cuestionario propiamente, se utilizó este como guia para realizar entrevistas y la observación en los mercados, plazas y ciudades aledañas a la población objeto de estudio.

Características físicas y bromatológicas de la pitaya

Antes de transformar y comercializar un alimento para consumo humano, es necesario saber cómo elaborar, almacenar y distribuir un producto cuidando la seguridad alimentic*ia*. Debido a que no se encontraron estudios bromatológicos específicos anteriores que respaldaran la transformación y comercialización de estos productos. Se realizaron los análisis correspondientes, mismos que por requerimientos de conocimientos específicos fueron realizados por alumnas de residencias profesionales que apoyaron el presente proyecto.

Es importante mencionar que debido al trabajo realizado durante el proyecto y debido a la relación con el municipio de Zapotitlán Salinas, específicamente con el convenio celebrado con LA ASOCIACIÓN CIVIL "SAL Y TURISMO DE ZAPOTITLÁN A. C. (SALYTUR A. C.) y Cuerpo Académico Gestión y Competitividad empresarial ITTEH-CA-2, en el cual recae el presente proyeco; se realizaron los análisis bromatológicos y análisis complementarios con fruta de ambas poblaciones lo cual permitió optimizar el trabajo y beneficiar a ambas comunidades.

Es necesario aclarar que las determinaciones que se realizaron para llevar a cabo los análisis bromatológicos fueron con pitaya m. St. g. congelada de Zapotitlán Salinas la cual se descongelo y trabajo a temperatura ambiente, y pitaya m. St. g. de Santo Domingo Tonahuixtla la cual era la primera cosecha de la comunidad.

Tratamiento de la información.

Con la información obtenida del instrumento de recolección, se determinó la capacidad de producción de fruta y la existencia de mercado potencial para la comercialización de pitaya y sus derivados. Se realizó el estudio bromatológico correspondiente y se formuló el proceso de elaboración de licor de pitaya por el método de maceración y método de maceración.

Proceso de elaboración de licor a base de Pitaya de mayo.

Se llevó acabo el análisis y estandarización de la metodología experimental para la elaboración de licor de pitaya (*S. griseus*) la cual fue una adaptación de dos métodos empleados (infusión y maceración) que brindan las características óptimas para su obtención.

Equipo utilizado

Para el análisis de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales se utilizó un equipo multifuncional marca HANNA Combo Waterproof con fecha de emisión: 06-10-2009 No. SEP 9384663.

Para la determinación de °Brix se ocupó un refractómetro marca ATC rango de medición 0-30% con número de serie 8031910 modelo A34-01.

Tabla 1. Especificaciones del material ocupado para el dimensionamiento Físico.

Características	**Forma de Medición**
Tamaño (Altura, ancho)	Medición por vernier
Peso	Balanza Analítica, marca VELAB
°Brix	Refractómetro marca ATC
Pulpa	Balanza Analitica marca VELAB
pH	Potenciómetro marca EXTECH
Diámetro	Cinta métrica

Resultados y discusión

Tabla 2. Resumen de datos sobre consumo de pitaya y sus derivados

No	**Indicador**	**Resultado**
1	La pitaya es una fruta conocida, aunque solo se comercializa por temporada	90 %
2	Personas que dijeron haber consumido pitaya alguna vez	90 %
3	Coinciden en que la pitaya es una fruta exquisita, de buen sabor y la consumen	100%
4	No conocen ninguna organización que se dedique a la venta de derivados de pitaya o fruta, solamente conocen la forma tradicional de comercio que es el mercado	50 %
5	Productos que conocen elaborados a base de pitaya (Mermelada, nieve, Agua)	
6	Nivel de competencia del mercado de pitaya de mayo y sus derivados.	90 % Poco competido
7	Personas que saben que con la pitaya se pueden elaborar diversos productos (Mermeladas, jaleas, licores, aderezos, postres, cosméticos, colorantes, etc.)	
8	Precios máximos que las personas han pagado por consumir pitaya.	50<= Kg <=60
9	Un alto porcentaje de personas encuestadas si están dispuestas a adquirir algún producto derivado de pitaya.	90 %

Análisis Bromatológicos y estudios complementarios con fruta de Santo Domingo y Zapotitlán.

Uno de los principales requisitos para el manejo de alimentos son los análisis bromatológicos, puesto que intervienen en varios segmentos del control de calidad como el procesamiento y almacenamiento de los alimentos procesados, además de que son una herramienta para conocer las características organolépticas, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

***Tabla 3*.** Humedad en pitaya m. St. g.v

Muestra	Santo Domingo Tomahuixtla % Humedad	Zapotitlán Salinas % Humedad

1	81.80	92.22
2	82.34	92.28
$\bar{X}$	82.074	92.25
S	0.042	0.06

Cenizas. Determinación del contenido de cenizas aplicando el método de cenizas totales (NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos)

Tabla 4. Resultados de % cenizas de las pitaya m. St. g

Muestra	Santo Domingo Tomahuixtla % cenizas	ZapotitlánSalinas % cenizas
1	0.952	1.51
2	0.632	1.76
$\bar{X}$	0.792	1.63
S	0.176	0.38

Proteínas. Se utilizó el método de Kjeldahl (NOM-F-68-S-1980 Alimentos, Determinación de Proteínas) el cual implica la realización de tres procesos: digestión, destilación y titulación, a fin de determinar la cantidad de Nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios.

Tabla 5. Resultados de % proteína de la pitaya m. St. g.

Muestra	Santo Domingo Tonahuixtla % Proteína	Zapotitlán Salinas % Proteína
1	3.44	1.24

Grasa. Mediante el método Soxhlet, (NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo)

Tabla 6. Resultado de % de extracto etéreo.

	Muestra	Santo Domingo Tonahuixtla %Extracto Etéreo	Zapotitlán Salinas %Extracto Etéreo
Zapotitlán Salinas	1	1%	1%

Fibra cruda

Tabla 7. Tabla Resultados de % Fibra en pitaya m. St. g.

Muestra	Santo Domingo Tonahuixtla % Fibra	Zapotitlán Salinas % Fibra
1	1.06	2.29

Tabla 8. Parámetros obtenidos de análisis bromatológicos

Parámetro	Zapotitlán S.	Santo Domingo

	VALOR $\bar{X}$ (%)	T. VALOR $\bar{X}$ (%)
Humedad	92.25	82.074
Cenizas	1.63	0.792
Proteínas	1.24	3.44
Grasas	1.0	1.0
Fibra Cruda	2.29	1.06

Tabla 9. Comparativo de estudios bromatológicos de pitaya m. St. g.

Parámetro	Zapotitlán Salinas Stenocereus griseus	Santo Domingo Tonahuixtla Stenocereus griseus	Yáñez L. (2000) Mixteca Oaxaqueña Stenocereus griseus			Corzo, Ramírez & Gómez (2002) Stenocereus g. Base Húmeda
			(Jarra)	(Ceniza)	(Olla)	
Humedad %	92.25	82.074	86.48	85.76	86.51	85.08
Ceniza %	1.63	0.792	0.74	1.66	1.08	0.46
Proteína %	1.24	3.44	1.64	1.72	1.55	1.29
Grasa %	1.00	1.00	0.11	0.19	0.18	0.12
Fibra cruda %	2.29	1.06	4.37	6.10	5.64	3.23

Características Organolépticas

Para determinar las principales características organolépticas se realizaron pruebas de degustación con 20 personas, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 10. Resultado de la prueba de degustación.

Clave	Origen	Método	Nivel de preferencia	Olor	Cuerpo	Sabor
E456	Santo Domingo T.	Infusión	Más agradable	Medio	Medio	Fuerte
E458	Zapotitlán S.	Maceración	Agradable	Ligero	Fuerte	Fuerte

Costos de Producción

Finalmente se determinaron los costos de producción a granel del licor de pitaya tomando como base 576 botellas con una capacidad de 750 ml, para las cuales se necesitan 288 kg de pulpa de pitaya en relación a la cantidad de fruta que se produce, el cual indicó que este proyecto es factible y benéfico para la población.

 ISSN 2007-8102

Trabajo a futuro

Diseño de un plan de negocio para la producción y comercialización de fruto y productos derivados. Organización, capacitación e imputación del modelo productivo en los lugares de estudio. Vinculación con organismos gubernamentales y fuentes de financiamiento, así como diseñar estrategias de difusión y comunicación de los productos.

Conclusiones

La pitaya de mayo (*S. Griseus*) no se encuentra entre las especies con diferentes categorías de riesgo (probablemente extinta, en peligro de extinción, amenazada, o sujeta a protección especial) de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2001, lo que permite su comercialización ya sea como fruta directa para consumo nacional o para importación o transformándola en productos que agreguen valor y tiempo de anaquel. De las aproximadamente 1400 especies de cactáceas en el mundo 669 son mexicanas y 518 son endémicas.
Actualmente la superficie cultivada con pitaya de mayo en la Mixteca Baja es a nivel de huerto familiar, sin embargo, existen un amplio potencial para su cultivo comercial, siendo la identificación y caracterización uno de los primeros pasos para el desarrollo sistemático y sostenible de esta fruta.
Como se ha visto, el trabajo de campo y las pruebas de laboratorio, se realizaron con Pitaya de Zapotitlán Salinas y Santo Domingo Tonahuixtla, lo cual permitió enriquecer el estudio ya que nos permitió contrastar las propiedades nutrimentales tales como Humedad, Cenizas, Proteína, Grasas y Fibra de la pitaya de m. St. g. , las cuales fueron obtenidas con pruebas bromatológicas basadas en sus respectivas Normas Oficiales Mexicanas lo que contribuyó a determinar los parámetros que distinguen a la pitaya de Zapotitlán Salinas y la de Santo Domingo Tonahuixtla siendo un factor significativo el tipo de suelo el cual le da sus características particulares propias de la zona.
Las pruebas se realizaron con pitaya de m. St. g. de Zapotitlán Salinas se realizaron con fruta congelada en los meses de marzo-abril debido a la falta de fruta fresca ya que no es época de cosecha, donde el proceso de congelación-descongelación genepó un mayor contenido de humedad en comparación con las pruebas realizadas con la pitaya de Santo Domingo Tonahuixtla que fueron con fruta fresca del mes de mayo.
Para la realización de este proyecto, las pitayas utilizadas fueron seleccionadas en base al CODEX de la pitahaya y CODEX de la tuna, debido a que aún no se extiende una normativa para pitayas, utilizando solo las pitayas de calidad extra. El alcohol utilizado en ambos procesos (maceración e infusión) es grado alimentario y todas las materias primas se seleccionaron dentro de la Norma de calidad CODEX para el producto final también lo fuera, se elaboró un licor con las características específicas de la pitaya, para el proceso de infusión no se alteraron sus propiedades, como el sabor, aroma y el color en el caso del proceso en maceración la oxidación de las betaciacinas de la pitaya cambiaron la tonalidad del licor obteniendo vugalxantinas las cuales tienen un color amarillo naranja, el aroma y sabor se conservaron, en ambos procesos se obtuvo un producto 100% natural.
Con base a la metodología antes mostrada se realizaron pruebas de vida de anaquel, exponiendo al licor a tres diferentes escenarios (10°C, 26°C y 45°C) dicho análisis dio como resultado que exponer al licor a altas temperaturas cambia su composición inicial obteniendo un pH muy bajo afectando el color, olor y sabor, degradando el alcohol, dando como resultado un licor amargo, el escenario óptimo para su conservación es el de refrigeración las betacianinas de la pitaya se conservan concentrando el color, olor y sabor maximizando sus propiedades dando un mejor cuerpo y un sabor único.

El producto en su presentación de licor de pitaya brinda el valor agregado de la extensión de vida de anaquel en función al licor que se utilice licor comercial o licor de caña la continuación de este ramo de la investigación de la pitaya de m. St g. y valores agregados envuelve áreas de oportunidad como la estandarización de los procesos, tales como dulces o ates, mermeladas, shampoo, cerveza artesanal entre otros.
La época de cosecha es de inicio a fines de mayo o incluso los primeros días de junio, su vida pos cosecha es de 3 a 5 días y presenta un potencial medio de rendimiento ya que es necesario venderla de manera inmediata para evitar pérdidas, lo cual fuerza a los productores a ofertarla a precios bajos. La comercialización de productos derivados de la pitaya como es el caso del licor y según el análisis organoléptico realizado se mantuvo estable durante los 30 días de estudio, conservando una coloración rojo oscuro, un aroma dulce a pitaya y un sabor pleno a pitaya.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento por la información y facilidades prestadas, a las autoridades y personas de Santo Domingo Tonahuixtla municipio de San Jerónimo Xayacatlan estado de Puebla.

Referencias

1. Bravo, H. (1978). Las cactáceas de México Universidad Nacional Autonoma de México 2da. ed. Vol I. Ciudad de México: Lectura Nueva. P.p 743.
2. Caso, A. (1977). Reyes y reinos de la mixteca, I (Vol. I). Mexico: Fondo de Cultura Económica.
3. Corzo Rios, L. J., Bautista Ramirez, M. E., Gomez Gomez, Y. d., & Torres Bustillos, L. G. (2017). Frutas de cactáceas: Compuestos bioactivos y sus propiedades nutracéuticas. OmniaScience, 35-66.
4. Dávila, V. M. (2012). Flora del valle Tehuacán-Cuicatlán. México, Ciudad de México: Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM.
5. Gonzaléz, j. C. (2010). Principales Cultivadores de pitaya en Puebla y Oaxaca. Rev.Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Públicacion especial, pg 8-18.
6. Hernández, J. P. (1995). “Caracterización de frutos de pitaya S. griceus H., en la Mixteca”. . Rev. Chapingo. Serie Hoticultura vol. 1, Núm. 4: 77-81.
7. Llamas, J. L. (1984). "El cultivo del pitayo en Huajuapan de León Oaxaca". Universdad Autonoma Metropolitana Xochimilco e Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, pp. 28-53.
8. Lopez, Ramos, J. A. (2003). Esplendor de la antigua Mixteca. Mexico: Trillas.
9. Olvera, M. (2001). La pitaya (Stenocereus griseus Hawork y Stenocereus stellatus Pfeiffer) una alternativa productiva en la Mixteca baja Oaxaqueña. Tesis UACH México.
10. Piña, L. (1977). Pitayas y otras cactáceas afines del Estado de Oaxaca. Cact. Suc. Mex. 22(1) 3-13.
11. Yánez L., L., Ramirez R., G., Soriano S., J., Sanche Diaz, D., & Amella , M. A. (1998). Características fisiológicas y bromatológicas de la pitaya m. St. g. en la mixteca oaxaqueña. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL.

Programa de factor motivacional para reducir la rotación del personal en la empresa. "Servicios financieros diversificados"

M.D.Coria Lorenzo[1], G. Pérez González[1], A.E. Márquez Ortega[1].
Subdirección de Posgrado[1]
Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán[1],
Primavera s/n Santa María Nativitas, C.P. 56330 Chimalhuacán, Estado de México.
loliscoria2509@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Este trabajo se encarga del estudio de los factores consecuentes a la alta rotación de personal dentro de una empresa que se dedica a los servicios financieros diversificados, particularmente dentro del área de cobranza de la misma. Se trabajó la relación directa que tienen los factores motivacionales (motivación) y los factores fisiológicos (necesidades personales) con la rotación de personal. El objetivo fue aplicar estrategias motivacionales (primer factor) considerando las necesidades personales de los trabajadores (segundo factor) para que de manera conjunta estas estrategias reduzcan paulatinamente los índices de rotación de personal. El trabajo puesto en marcha se fundamentó principalmente en dos teorías motivacionales: la teoría motivacional de Frederick Herzberg, y la teoría de Abraham Maslow. (Pirámide de las necesidades).

***Palabras clave:** motivación, rotación, personal, necesidades, fisiológicas*

Abstract:

This work is responsible for the study of the factors resulting from the high turnover staff within a company that is dedicated to diversified financial services, particularly within its collection area. The direct relationship between motivational factors (motivation) and physiological factors (personal needs) with staff turnover was worked on. The objective was to apply motivational strategies (first factor) considering the personal needs of the workers (second factor) so that together these strategies gradually reduce the turnover rates. The work launched was based mainly on two motivational theories: the motivational theory of Frederick Herzberg, and the theory of Abraham Maslow. It is said that for professional safety the name of the institution to which reference is made should not be mentioned.

Key words: motivation, turnover staff, physiological *needs*

Introducción

Hoy día las empresas consideran al capital humano como uno de los activos más valiosos que posee, por tal motivo quien se encarga de la administración del capital humano dentro de las organizaciones debe preocuparse por cuidar y conservar el bienestar de este. Se dice que el departamento de recursos humanos o departamento de personal ayuda a los trabajadores y a las organizaciones a lograr sus metas. Werther [2008]. Por esto, uno de los objetivos principales de la administración del factor humano es lograr que el personal al servicio del organismo social se desenvuelva en su área de trabajo de tal forma que su estadía (jornal) sea agradable con la finalidad de alcanzar los objetivos organizacionales. R. Valencia [2007].

Aunque también hay quien explica que la administración de recursos humanos se refiere al diseño y la aplicación de las mejores técnicas para asegurar el uso inteligente del talento humano, a fin de

 ISSN 2007-8102

alcanzar las metas organizacionales; incluyendo las actividades comprendidas para atraer, desarrollar y mantener una fuerza laboral efectiva. Franklin [2019].

La falta de una administración correcta de los recursos humanos, genera dentro de las organizaciones una alta rotación de personal. Chiavenato [1999] dice que la rotación de personal se refiere a la salida de trabajadores de la organización por diferentes motivos, ya sea por renuncias o despidos. Por tanto este tipo de rotación trae como consecuencia que las organizaciones tengan que aplicar de manera constante el "Proceso de integración de nuevos elementos a la organización". Proceso que consta de los siguientes pasos: reclutamiento, selección, contratación, inducción, capacitación y adiestramiento; todo ello generando gastos no recuperables.

La rotación de personal, es uno de los principales problemas a los que se enfrenta esta organización al encontrar que en la mayoría de sus sucursales; el personal renuncia debido a la falta de interés que ponen sus Leads o jefes para en el cuidado del personal y/o evitar la rotación constante, es decir, los directivos no toman en cuenta las necesidades fisiológicas del trabajador, sin olvidar mencionar que no han encontrado el camino para lograr que el trabajador este motivado e inducirlo a formar parte real de la empresa, y no sentirse como trabajador si no como socio que debe luchar por que esa empresa avance a gran ritmo, para lograr con ello su permanencia dentro de la misma.

Como ya se mencionó esté trabajo se encuentra en marcha con la aplicación de estrategias motivacionales sencillas y no costosas para la empresa. ¡Dónde la motivación es una fuerza motriz! Hagemann [2002], dice que sí se desea motivar a las personas, se deben conocer sus motivos y satisfacer sus necesidades.

Ahora bien, es bien conocido que existen diferentes teorías motivacionales, sin embargo, para este caso en particular se puso en práctica la teoría motivacional de Frederick Herzberg. Esta teoría está basada en los factores higiénicos y motivacionales, mismos que se pusieron en práctica dentro de este tipo de organización para tratar de abatir la rotación de personal. Herzberg determinó que existen dos factores que inciden en la satisfacción dentro del espacio laboral que son: los motivadores o factores intrínsecos al trabajo tales como; logros, reconocimiento, trabajo en sí, responsabilidad, progreso y el desarrollo particular del trabajador. Así mismo, los factores de higiene que comprenden las políticas de la empresa tal como: sueldo, relaciones con los compañeros, posición, seguridad, relación con superiores y subordinados.

Sin olvidar, los factores motivadores que contribuyen a la satisfacción de las necesidades de alto nivel: autorrealización y estima, mientras que los factores de higiene satisfacen las necesidades fisiológicas, de seguridad y afecto. Los factores de higiene ayudan a mantener un buen ambiente de trabajo, mientras que los motivadores mejoran notablemente el desempeño en el trabajo. Sin embargo, Galindo [2010] menciona que es importante considerar la parte principal de la problemática rotacional de los factores fisiológicos que cita Abraham Maslow dentro de su pirámide de necesidades. Dónde manifiesta que las insuficiencias fisiológicas son aquellas que surgen de la naturaleza física del ser humano, como las necesidades de alimento, ir al baño, reproducción, etc.

Galindo [2017], hace alusión que cuándo se observa en la organización esta situación del no permitir a los individuos que se alejen unos minutos de su puesto de trabajo porque "afectan a la operación", es decir, - se indica por los jefes – "Si se levantan unos minutos para ir al baño, o bien, para tomar un vaso de agua o simplemente levantarse de su puesto de trabajo para caminar por un momento; están dejando de realizar sus deberes", entre en otras palabras están dejando de realizar, al menos, tres operaciones (tres llamadas a diferentes tarjeta habientes) y esto para la organización representa pérdidas en tiempo como en dinero. Con este ejemplo se observó que esta parte fisiológica tan importante para cualquier individuo queda de lado en la organización en mención.

Metodología (Elementos situacionales relacionados con el problema)

El presente estudio está sustentado en una metodología cualitativa, y en un estudio de naturaleza descriptiva, la cual según Sampieri [2010] es aquella que está basada en describir las cualidades y características del objeto de estudio, en este caso lo que se busca es identificar como los factores fisiológicos y motivacionales se relacionan con la rotación de personal. La investigación fue realizada durante el periodo de 2016 a 2018.

En primer lugar, se citó el problema en cuestión. “La alta rotación de personal que tiene este tipo de empresas dentro del área de crédito y cobranzas”. La principal causa de ello es la falta de motivación de los empleados y el hecho de no tomar en cuenta las necesidades fisiológicas de los mismos. Como en toda organización existen diversos motivos o razones que llevan a un empleado a tomar la decisión de separarse de la organización, sin embargo, para esta organización dado el estudio que se realizó se encontró que son precisamente los factores arriba mencionados los que están originando que exista esta alta rotación de personal. Lo aquí descrito se encontró, a través de la implementación de una encuesta la cual fue aplicada a los individuos de esa área (30 personas conforman esta área).

Material e instrumentos de trabajo

Como se ha descrito a lo largo de este trabajo, la motivación es un factor importante a considerar para lograr reducir la rotación de personal. Se dice que sin motivación no existe un buen desempeño, baja la productividad deseable y los objetivos del área no sé alcanzan. Por ello es importante que el Lid se interese por conocer a su personal, de esta manera construirá bases sólidas con cada uno de sus subordinados, además identificará qué es lo que necesita cada uno de los mismos para mantenerlos motivados, solo así logrará ser el guía y apoyo de su personal. Si el Lid escucha, esto ayudará a crear un gran equipo de trabajo cuyos resultados se verán reflejados en la satisfacción de sus clientes. El programa de motivación que se aplicó dentro de esta área está directamente relacionado con dar cumplimiento a una de las necesidades más importantes de todas y cada una de las personas de esta área, en este caso nos referimos a las necesidades fisiológicas. Este programa fue nombrado “Motivación-acción”, ya que lo que busca al ponerlo en marcha es obtener de manera inmediata toda vez que se ponga en marcha una respuesta positiva, es decir se espera que los supervisores pongan mayor atención a su personal, de esta manera el trabajador comenzará a sentirse parte de la organización.

El programa pretende lograr un mejor desempeño de los trabajadores, obtener su satisfacción personal y reducir con ello los índices de rotación. Las actividades del programa fueron presentadas por los Lids (un lid es el equivalente a un supervisor, y este a su vez se encarga de guiar y coordinar las tareas que lleva a cabo su equipo de trabajo) a los trabajadores en la reunión realizada con el personal del área de crédito y cobranza, en él se presentó a los empleados lo que la empresa espera de ellos con este con este plan de motivación.

El programa consta de las tres siguientes etapas:

1. Se establecen expectativas claras de desempeño (Motivación igual Desempeño): En este apartado se le hace saber al empleado que es lo que la organización espera de él, es decir cuáles son las metas que debe cumplir, en este caso como ya se comentó la meta es que el empleado logre al final del mes recuperar al menos 10 carteras vencidas, si esto se logra, el empleado recibirá un bono de 15% de su salario mensual. Esto representa para el trabajador un incentivo económico atractivo, por lo tanto, el empleado luchara por alcanzar esta meta, que aunque moderadamente difícil, se puede alcanzar, todo está en aceptar el reto y tratar de alcanzarlo, esto claro, se puede lograr con ayuda de los supervisores (lid).
2. Eliminar los obstáculos que existen para lograr un buen desempeño: Para ello el supervisor debe crear un ambiente de trabajo de apoyo, es decir debe estar al pendiente de sus subordinados, atender a sus demandas y necesidades para alcanzar las metas tanto personales como organizacionales. En este punto es muy importante considerar como parte de esos “obstáculos” el tomar en cuenta las necesidades fisiológicas de su personal.

 ISSN 2007-8102

3. Consolidar el desempeño del trabajador y mejorar su comportamiento (Desempeño igual Resultados): Utilizar los incentivos motivacionales aquí citados impulsa el rendimiento del personal del área de crédito y cobranza y además ayuda a mantener motivado de manera permanente al personal de esta área.

Una vez expuesto al personal las características del programa, este se puso en marcha a partir del segundo semestre de 2018 y al final del mismo se logró que de los 30 individuos que conforman esta área sólo 3 de ellos decidieron retirarse de la empresa, pero con la encuesta de salida aplicada a dicho personal se encontró que los motivos por los cuales decidieron separarse de la empresa no estaban vinculados a la motivación en el trabajo sino a aspectos distintos a este tema. (sin embargo, lo que aquí nos compete es hablar de los factores motivacionales, por lo tanto, no se tratan los otros factores encontrados en la encuesta de salida aplicada a este personal), encuesta de salida (elaboración propia).

Finalidad del Cuestionario con 9 items; la presente encuesta tiene la finalidad de conocer los motivos por los cuales ha decidido usted solicitar su baja en la empresa. Los datos que usted proporcione serán tratados de manera confidencial y anónima. Derivado de la aplicación de esta encuesta se encontró lo siguiente: Al aplicarse la encuesta de salida a las 3 personas en la empresa del estudio y en sus afines se realizó a 18 personas más, que decidieron abandonar la empresa pudimos constatar que fueron otros los motivos que originaron su retiro de la empresa. Esto nos lleva a asumir lo aquí descrito, la motivación influye de manera directa y positiva para lograr reducir los índices de rotación de personal**.** (No se presenta la encuesta por motivos de espacio). Cabe señalar que antes de ponerse en marcha el programa motivacional; la situación a que se enfrentaba la empresa era la siguiente:

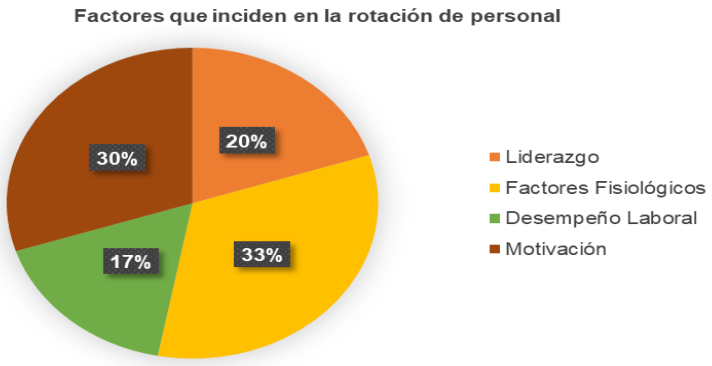


Imagen No.1: fuente propia. La Incidencia de mayor proporción son los factores fisiológicos

Como puede observarse al aplicarse esta encuesta de salida a las 3 más 18 personas que decidieron abandonar la empresa pudimos constatar que fueron otros los motivos que originaron su retiro de la empresa. Esto nos lleva a asumir lo aquí descrito, la motivación influye de manera directa y positiva para lograr reducir los índices de rotación de personal**.** (No se presentan todos los resultados de la encuesta por motivos de espacio).

Implementación de la Teoría de Frederick Herzberg

Ante la falta de motivación del personal del departamento de crédito y cobranzas se analizaron diversas teorías motivacionales, dando como resultado la elección de poner en marcha la teoría de Herzberg y la teoría de Abraham Maslow. Considerando sólo algunos aspectos que comprenden ambas teorías, en los factores motivacionales y los factores fisiológicos, ambas teorías consideran que los factores higiénicos y motivacionales son la clave para mantener motivado al personal. Sí bien, es cierto que los agentes motivadores contribuyen a la satisfacción de las necesidades de alto nivel: autorrealización y estima, mientras que los factores de higiene satisfacen las

necesidades fisiológicas, de seguridad y afecto. Galindo [2012]. Al aplicarse en la organización estos incentivos se logró la productividad planeada, sin necesidad del autoritarismo de los jefes.
Así mismo, se dio inició con la teoría de Herzberg retomando los aspectos que tienen que ver con la motivación hacia el trabajo. La motivación hace que el individuo considere que su labor dentro de la organización es tomada en cuenta, esto hace que tenga sentido de pertenencia hacia esta, además de crear él un sentido de responsabilidad, pues al ser reconocida su labor, él trabajador se siente realizado y comprometido a efectuar cada vez mejor su actividad. Aunque también, están implícitos algunos de los factores higiénicos u operacionales, es importante recordar que para efectos de este estudio el interés fue solo de dos factores fisiológicos y motivacionales.

Por lo que respecta a la teoría de Herzberg se buscó poner en marcha un programa que permitiera que el trabajador se sintiera reconocido y realizado dentro de su área de trabajo. Dicho programa puso de manifiesto las siguientes estrategias. Esto se hizo con previo conocimiento del informe mensual que emiten los directivos mes a mes; cuyo tema principal es el incremento de capital y liquidez de la empresa por el aumento de cartera (derechohabientes) de la organización; derivado del arduo trabajo del personal. Se hace mención que se propusieron otras estrategias, pero sólo se aceptaron las aquí expuestas. La estrategia puesta en marcha; sería otorgar incentivos económicos; que consiste en un bono del 15% de su salario mensual, éste lo recibirá el trabajador al final del mes cuándo haya realizado el mayor número de llamadas para la recuperación de carteras vencidas y para atraer a nuevos clientes. La meta fue: que al menos el empleado recuperará durante ese mes diez carteras vencidas y tener cinco nuevos tarjeta habiente. De esta manera se le estaría reconociendo su esfuerzo y el bono que recibiría sería el mejor aliciente para lograr que el individuo se plantee mes a mes nuevos retos.

Otra estrategia puesta en marcha para motivar al personal; fue que si a largo plazo (un año) se mantiene dentro de los mejores diez empleados, es decir, si se encuentra dentro de los empleados que consigan el mayor número de nuevos tarjeta habientes y que sean de los que más carteras vencidas hayan recuperado, se hará acreedor a un viaje para dos personas con todos los gastos pagados a cualquier destino turístico nacional de su elección durante un fin de semana. (Previo banco de destinos turísticos elaborado por la empresa).

La siguiente propuesta de trabajo para alcanzar el incentivo fue: lograr como meta mensual, la recuperación de diez carteras vencidas, u obtener al mes, cinco nuevos tarjeta habientes; Esto les permitiría recibir un incentivo monetario de un bono mensual del 8% de su salario. Otro programa de incentivos, aunque no de naturaleza económica, consistió en que cada fin de mes se les dé un detalle significativo a los empleados de esta área, se propuso: darle una lonchera, sombrilla, taza, portarretratos, u otro bien, esto se puso a consideración de los trabajadores.
También se propuso, Poner en práctica cada último viernes de cada mes; realizar una pequeña convivencia de 1 hora; en esta reunión los jefes se encargarían de ofrecer algunos bocadillos a sus empleados; todo esto para que al final del día resultará atractivo y motivante para los empleados y a su vez estos sintieran que los están tomando en cuenta y que su jefe se preocupa por ellos, o que el trabajador se sienta cómodos dentro de la organización. Aunque estas últimas estrategias no son de naturaleza económica, motivan al personal. Recordemos que un empleado contento, es un empleado productivo.

Teoría de la pirámide necesidades de Maslow, factores fisiológicos.

En cuanto a la teoría de Maslow se propuso que los leads (lideres, jefes o encargados de un grupo de personas) consideren y respeten las necesidades de los trabajadores: pero como lograr esto; para ello es importante en primer lugar: sensibilizar a los Leads. Se inició con la propuesta, ya en marcha de brindar capacitación necesaria a los Leads para que vislumbren la importancia que tiene la salud física de cualquier individuo; el hecho de poder disponer de ciertos períodos de descanso durante su jornada en los cuales el trabajador pueda satisfacer sus necesidades fisiológicas. Entonces se propuso que los individuos puedan tener períodos de receso en los cuales este pueda comer una colación e ir al baño, (algo sencillo y necesario que trajo mejoras en

la productividad). Recordemos que, en la pirámide de necesidades de Abraham Maslow, las necesidades fisiológicas se encuentran en la base de la pirámide, por lo tanto, son las más importantes a cubrir.
Por tal motivo, pensando en la salud de estos empleados, se buscó que dentro de su jornada de trabajo (ocho horas), se pusiera en marcha el programa de "Tiempos y movimientos del personal". En el cual se les permita a cada trabajador, al menos tener tres períodos de receso de diez minutos cada uno, tiempo en el cual los individuos puedan comer una colación, ir al baño, tomar agua, o si lo desean simplemente pararse de su lugar para estirar las piernas y caminar un poco, o bien, separarse un momento de la computadora y lubricar de mejor forma la vista (recordemos que los empleados de esta área están sentados frente al monitor de una computadora prácticamente durante toda su jornada de trabajo), por eso es importante que tengan pequeños períodos de receso, además de su tiempo normal que estos tienen destinados para su comida.
El estudio consideró, a través de la observación, que el nivel de productividad y sentido emocional demostrado por los trabajadores; aumento con la contrapartida de disminuir los comentarios de boca en boca entre compañeros "De lo duro que es la jornada". Los comentarios posteriores a los incentivos fueron: "Esos diez minutos me cayeron de perlas", "Estoy feliz porque comí algo antes de la hora de salir a comer", El estudio registro en su bitácora de actividades y asuntos diarios, el comentario por el líder del grupo de este estudio "Los trabajadores regresan a su espacio de trabajo con una sonrisa; algunos comentado. "Ahora sí, a trabajar duro". Entre otros comentarios que benefician a la empresa.
Para concluir con este apartado es menester decir que en gran medida la salud de estos trabajadores mejoró con su aptitud positiva al trabajo, de esta manera se tendrían menos personas con problemas de salud. El estudio arrojo una variable no contemplada pero que es necesario hacer mención de ella: Se combatió una de las principales enfermedades que es la infección en las vías urinarias. Recordemos que cuando no se satisface la necesidad de líquidos por un período prolongado, las necesidades fisiológicas constituyen urgencias que ponen en peligro la vida y, por tanto, generan estados motivacionales que pueden dominar a la conciencia. Marshall [2010].

Rotación de personal

Con la puesta en marcha de los aspectos ya mencionados en los apartados anteriores se pretende en la medida de lo posible evitar la deserción de personal, lo cual trae como resultado mermar la rotación de personal dentro del área de crédito y cobranza. Si se aplican de manera asertiva tales acciones se ayuda la organización a reducir de manera gradual la rotación de personal dentro de dicho departamento. Así también, se reducen los costos que genera el hecho de que cada vez que renuncia un empleado se ponga en marcha el proceso de integración de nuevos individuos a la organización.

Qué consiste en lanzar la convocatoria para reclutar, aplicar las pruebas necesarias para seleccionar al nuevo individuo, contratarlo, darle el curso de inducción y finalmente invertir tiempo y dinero en la capacitación de este; para que en poco tiempo por estrés o por ausencias justificadas de salud o enfermedad ocasionando gastos a la empresa para cubrir ese puesto al momento de aplicar la incapacidad o ausencia justificada por el trabajador en lugar de ganancias por la plusvalía que el trabajador otorga a la empresa; esta información es derivada del escrutinio realizado al departamento de personal (para dar respuesta a esta problemática, y se encontró que las ausencias del trabajador (desertor) se derivaban de falta de salud del trabajador, comprobando que antes de la renuncia o abandono de trabajo (se localizaron incapacidades médicas), estas son recurrentes en el tipo de diagnóstico médico, coincidiendo la enfermedad en vías urinarias.

Resultados y discusión

De acuerdo con lo aquí planteado puede observarse la importancia que tiene para cualquier organización el considerar como parte de su proceso de retención del talento humano dentro de sus organizaciones el hecho de preocuparse por hacer que su personal se encuentre a gusto trabajando dentro de la misma.

Como ya quedó asentado en este estudio, parte de esa necesidad o preocupación en mantener y conservar al capital humano está en la atención y el interés que la empresa debe hacer para motivar y cuidar la salud física y mental de los individuos que trabajan dentro de la misma.
Es lamentable que, en algunas empresas, sobre todo las pequeñas, medianas e incluso en las grandes, no le tomen el interés que se debe el cuidar y conservar a su talento humano. No importa la actividad o giro a la cual estas instituciones organizacionales se dediquen, ni si estas son nacionales o transnacionales, este es un mal que aqueja a cualquier tipo de organización.
Como se ha venido tratando a lo largo de este trabajo sólo se requiere que los jefes de las diferentes áreas que conforman a una organización se sensibilicen y traten a su personal de la manera adecuada tomando en cuenta sus necesidades, deseos e inquietudes para lograr que ese individuo permanezca dentro de la organización, ya que encontrará en ella las oportunidades de crecimiento y desarrollo que todo individuo busca cuando vende su fuerza de trabajo.
Por tanto, es muy importante que las organizaciones tomen acciones concretas que les permitan conservar a su capital humano.
Con la puesta en marcha de las propuestas que aquí se han citado; en el largo plazo (dos años) ir reduciendo los índices de rotación de personal dentro de la organización, y parte de ese dinero que estarán dejando de invertir de manera constante en integrar a nuevos elementos; estos órganos sistémicos podrán invertirlo en otros diferentes programas o poner en marcha en otras sucursales lo aquí mencionado.
Es una labor nada fácil, pues hasta el día de hoy la gran mayoría de las organizaciones no ha entendido que los costos de operación de área productiva (sea cual sea el giro de la empresa) se incrementa al tener un alto índice de rotación de personal; que es mejor aplicar programas que incentiven y motiven a su personal actual, para evitar así el abandono del empleo (en lo mínimo) y por ende la rotación de personal, o bien, impactar otros sectores por ejemplo el de salud (en lo máximo).

Trabajo a futuro

Lo que queda por hacer a futuro, en este estudio es ponerlo práctica y/o hacerlo extensivo a otras sucursales de esta organización, así también, mejorar la aplicación e implementación de este programa dentro de las organizaciones de producción de bienes y servicios; Se propone de inmediato la capacitación dirigida hacia todo el personal que juega el rol de jefe, líder o todas aquellas personas que tienen a su cargo a un grupo de personas dentro de sus áreas de trabajo, ya que al realizar este estudio se detectó que gran parte del problema de la alta rotación de personal dentro de este tipo de organización es el modelo de mando ya mencionado que vislumbra la falta de interés de los jefes hacia su personal.
Es común que el jefe vea a su equipo de trabajo; solo como agentes productivos y no como personas con sentimientos, necesidades, deseos y afecciones. Por tal motivo la continuación de este trabajo estará dedicada a la creación de un curso de capacitación en el cual se hable de la importancia de las relaciones humanas e interpersonales dentro de una organización como parte del éxito de esta. Conocidas en ocasiones, pero no aplicadas o tergiversadas a razón de su exposición. En este curso a propuesta de capacitación se les proporcionará a los jefes las herramientas necesarias para que conozcan diferentes estrategias que les permita conocer mejor a cada uno de los individuos que tienen a su cargo, de esta forma les será fácil identificar las necesidades, intereses, deseos y afecciones de todos y cada uno de ellos, así equiparará con mayor facilidad cuáles serán las estrategias motivacionales que deben aplicar en cada caso.
Es recomendable que este curso tenga como mínimo diez horas de duración, (esto es derivado de la urgencia de las empresas en incrementar la producción por trabajador/jornada, sea el rango que fuere) y que sea impartido por un experto en el tema, solo así, se lograran los resultados esperados. Otro aspecto de este trabajo futuro consistirá en crear un programa preventivo de salud con el propósito de atacar las principales afecciones que sufren los trabajadores por no tomarse en cuenta sus necesidades fisiológicas, algunas de las enfermedades más comunes ya fueron mencionadas tal como: enfermedades de vías urinarias, circulación, lumbalgia, entre otras enfermedades que aquejan a los trabajadores.

Conclusiones

La implementación de este programa de incentivos motivacionales en este tipo de organización permitió aplicar algunos incentivos recomendados por los teóricos de esta corriente más importantes para este estudio, Abraham Maslow y a Frederick Herzberg.
Los resultados obtenidos en los individuos del área de crédito y cobranza de esta organización financiera; fueron alentadores, esto se observó a través de los comentarios de boca en boca hechos por los empleados, también se observó el cambio de actitud en su percepción acerca de la organización, esto los llevó a considerar el hecho de permanecer en ella por más tiempo. Finalmente, si se aplica de manera asertiva este programa es más que un hecho que el trabajador se sentirá motivado, se dará cuenta que su trabajo y su desempeño dentro de la misma está siendo valorado por sus jefes, ya que se le estará otorgando además de su recompensa salarial un estímulo extra, el cual aunque no siempre sea de naturaleza económica, servirá para hacer que este se sienta partícipe o socio de su organización y no un empleado más obligado a trabajar para la organización.
Por otra parte, si los jefes toman en cuenta las necesidades fisiológicas de sus empleados y se pone en marcha el programa arriba señalado (en otras sucursales) entonces se tendrían trabajadores sanos con gran actitud y aptitud al trabajo. Por lo tanto, se espera que esta propuesta se asuma como un compromiso de la empresa y que la misma sirva para que las personas que se encuentran en el siguiente escalón de la estructura organizacional (supervisores) vigilen y supervisen que dicho programa motivacional se aplique de manera permanente dentro de la organización.

Referencias

1. Chiavenato Idalberto (1999). Administración de recursos humanos **(425)** 131-133.
2. Chiavenato Idalberto. (2000) Administración de recursos humanos **(436)** 96-97.
3. Franklin Benjamín (2019) Introducción a la administración **(301)** 26-27.
4. Hagemann Gisela. (2001) Motivación. **(210)** 46-48.
5. Hernández Sampieri Roberto (2010). Metodología de la investigación. **(839)** 7-8
6. Marshall Reere John. (2000) Motivación y emoción **(416)** 81-84
7. Munch Galindo Lourdes. (2010) Fundamentos de administración **(215)** 142-146
8. Munch Galindo Lourdes. (2012) Fundamentos de administración, casos y prácticas de gestión. **(225)** 127-129
9. Munch Galindo Lourdes. (2017) Fundamentos de administración **(279)** 173-176
10. Rodríguez Valencia Joaquín. (2007) Administración de recursos humanos **(476**) 125-128
11. Werther William (2008) Administración de recursos humanos. El capital humano de las empresas **(645)** 1-9

Modelo emprendedor en contexto de delincuencia en la industria del vestido y la confección Tehuacán

I. Muñiz Montero[1], F. C. Muñiz Montero[2], A. A. Amenzcua Gonzalez.[1], E. Ocampo Pérez.[1]*
[1]Universidad Politécnica de Puebla, Tercer Carril del Ejido "Serrano" s/n San Mateo Cuanalá. Juan C. Bonilla, Puebla, Pue. Teléfonos: 01 (222)774 66 40 C.P. 72640
**isabel.muniz@uppuebla.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En Tehuacán, Puebla, desde hace tres décadas, la industria del vestido y la confección a partir del modelo de producción de partes se ha dedicado a confeccionar ropa para empresas extranjeras. Pero en la actualidad la red de empresarios ha propuesto el cambio al modelo emprendedor. Sin embargo, la industria enfrenta la presencia de la delincuencia y la crisis económica que impacta al sector. Este trabajo utilizó una metodología cualitativa compuesta por 40 entrevistas a profundidad a obreros, empresarios y servidores públicos. El trabajo de campo se realizó entre 2018 y 2019. El objetivo fue analizar el proceso de crisis y transformación en la industria en un entorno de violencia regional. Se concluye que la delincuencia afecta en forma directa el cambio de modelo de la industria al modelo emprendedor; lo cual limita el establecimiento de aspectos positivos que favorecerían a la región, como los programas de responsabilidad social empresarial.

***Palabras clave**: derechos laborales, delincuencia, responsabilidad social empresarial, violencia.*

Abstract

In Tehuacán, Puebla, for three decades, the garment and clothing industry based on the production of parts model has been dedicated to making clothes for foreign companies. But today the network of entrepreneurs has proposed the change to the entrepreneurial model. However, the industry faces the presence of crime and the economic crisis that impacts the sector. This work used a qualitative methodology composed of 40 in-depth interviews with workers, businessmen and public servants. The fieldwork was carried out between 2018 and 2019. The objective was to analyze the process of crisis and transformation in the industry in an environment of regional violence. It is concluded that crime directly affects the change of the industry model to the entrepreneurial model; This limits the establishment of positive aspects that would favor the region, such as corporate social responsibility programs.

Key words: *corporate social responsibility, delinquency, labor rigth, violence*

Introducción

Entre las décadas de 1970 a 1990, el modelo maquilador fue considerado la estrategia de desarrollo regional por excelencia. Consistente en el ensamble y el armado de partes, el modelo maquilador divide los procesos productivos en lógicas regionales que buscan disminuir al máximo los costos de producción. En pocas palabras, se trata de armar objetos cuyos componentes son extraídos de un lugar distinto a donde se desarrolló el diseño, se armó y finalmente se comercializó el producto. El modelo maquilador en el ámbito de la industria del vestido y la confección fue analizado por investigadores que denunciaron sus incongruencias más que sus bondades, tales como potenciar la violencia regional y la violación de los derechos laborales y humanos (Barrios & Santiago, 2004), la vulnerabilidad sexual (Pelcastre, *et al.,* 2008:189-211), y condiciones laborales generadoras de círculos de pobreza generacional (Juárez & Ramírez, 2011: 63-82). Se demostró que las utilidades se obtenían a partir del externalizar los costos de producción generando la explotación de trabajadores, la violencia en ambientes de trabajo, el trabajo infantil y la afectación al medio ambiente. En los países periféricos, en las regiones donde este tipo de empresas se establecieron, luego de casi treinta años los hechos demostraron la ineficiencia del modelo maquilador como impulsor de desarrollo. Si bien en la década de los noventas se observó el crecimiento acelerado del sector, las fluctuaciones económicas internacionales llevaron después del año 2000 a que las trasnacionales buscaran contratos más económicos y mejores condiciones de negociación en la confección de ropa en China y en Centro y Sur América. La industria tehuacana sobrevivió con la producción del mercado nacional, pero en la actualidad los empresarios han propuesto el cambio al modelo emprendedor. El modelo emprendedor tiene como

uno de sus valores la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), la cual beneficiaría a los obreros respecto a sus condiciones de trabajo y sus derechos laborales. Sin embargo, se observa resistencia de muchos empresarios para abandonar antiguos modelos de producción, para cambiar la relación de las empresas con los trabajadores y el desconocimiento de la RSE. Por otro lado, los empresarios padecen la amenaza proveniente del entorno social con el incremento de los actos de violencia, específicamente con la delincuencia. Las empresas han sido el objetivo de robos de maquinaria y asaltos desde el año 2015 y el sector sigue perdiendo contratos para producir prendas para el mercado nacional e internacional. El objetivo fue analizar el proceso de crisis y transformación en la industria en un entorno de violencia regional. El método de investigación utilizado fue cualitativo por medio de entrevistas a profundidad que se realizaron entre 2018 a 2019. Se concluye que la delincuencia afecta en forma directa el cambio de modelo al emprendedor.

Metodología

El presente estudio se realizó en la ciudad de Tehuacán, Puebla entre los años 2018 y 2019. Se empleó una metodología cualitativa debido a que los obreros se mostraban asustados con la aplicación de una encuesta, lo que llevó a tener que realizar entrevistas luego de que el equipo de trabajo se ganara la confianza de los trabajadores. Se aplicó un muestreo no aleatorio, en cadena, que implicó la aplicación de 40 entrevistas a profundidad con 112 variables a explorar. Dichas entrevistas se aplicaron a trabajadores costureros y manuales; de ellos el 15 fueron mujeres cuyas edades oscilaron entre los 19 a los 45 años de edad, 15 fueron hombres cuyas edades comprendieron entre los 19 y los 45 años de edad. Aunque los obreros trabajan en Tehuacán, son originarios de diversas comunidades circundantes a la ciudad de Tehuacán. Respecto a las restantes 10 entrevistas, 5 entrevistas fueron realizadas a empresarios de pequeñas y medianas empresas regulares que laboran en el sistema maquilador en la ciudad, y 5 entrevistas se realizaron a servidores públicos. La información obtenida de las entrevistas se analizó con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión Statistics 24.0 instalado en equipos PC. Otras técnicas aplicadas fueron la observación y la observación participante, además del análisis y revisión de las notas periodísticas de 2015 a 2019 y entrevistas simples a oficiales de policía en la región (se aplicaron 7 entrevistas a oficiales). Para comprender el contexto histórico como proceso en el establecimiento, el momento de crecimiento y las crisis de este sector empresarial fue necesario obtener datos del 2015 hasta el año 2019. El objetivo fue analizar el proceso de crisis y transformación en la industria en un entorno de violencia regional.

Resultados y discusión

Si bien, en los años noventa del Siglo XX la industria del vestido de Tehuacán se dedicó a producir prendas para el mercado extranjero, desde el año 2000 se ha dedicado a producir para satisfacer el mercado nacional. Sin embargo, los empresarios enfrentan dificultades para acceder al mercado con sus marcas propias debido a la competencia contra las marcas reconocidas y las prendas producidas en el extranjero, las cuales suelen ser más económicas. La producción de uniformes escolares (con 2 millones de unidades por año) había permitido que las empresas siguieran operando. Como una medida para reactivar el sector, para el año 2017 se anunció el evento “Capital Jeans,” una exposición internacional con la que los empresarios proponían el cambio al modelo emprendedor. La exposición de 2018 fue exitosa lo que llevó a que se planeara repetir el evento cada año. La exposición consta de concursos de diseño de prendas de vestir y la venta al mayoreo y menudeo de prendas diseñadas en la región. El objetivo de Capital Jeans es convertir a Tehuacán en una ciudad cede de la moda mexicana. Se busca fomentar el diseño y la producción de prendas nacionales de calidad, para satisfacer el mercado nacional y para exportar al mercado internacional.

A pesar del éxito del evento “Capital Jeans”. durante el primer trimestre del 2019 las maquiladoras tehuacanas disminuyeron su producción en un 40 por ciento. Según los empresarios pertenecientes a la Cámara Nacional de la Industria del Vestido de Tehuacán (CANAIVE) dicha reducción se debía a las políticas económicas implementadas por el gobierno, a la inestabilidad económica y a la incertidumbre de los empresarios (Pacheco, 2019). Para el mes de agosto de 2019, los empresarios esperaban poder negociar con el gobierno que comienza su gestión estatal la continuación de los contratos para la confección de uniformes escolares para las escuelas de todo el estado, pero no tenían certeza de la continuación de los contratos (Hernández 2019). Además de estos problemas, una amenaza grave que se cierne sobre la industria del vestido y la confección es la violencia derivada de la delincuencia. En la Tabla 1 se muestra la evolución de las formas de delincuencia sufrida por la industria del vestido a partir de 2015 y hasta julio del 2019.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Evolución del *Modus Operandis* de la delincuencia en la Ciudad de Tehuacán. Creación propia a partir del seguimiento de noticias en diarios regionales y entrevistas a oficiales de policía, 2015 a 2019.

Año	Descripción de las acciones de la delincuencia	Tamaño de empresa más afectada.
2015	En la primera mitad de 2015 se observan asaltos esporádicos en la carretera a los administrativos luego de recoger la nómina en el banco, y a los obreros luego de que se les ha pagado su semana laboral. Para la segunda mitad de 2015 se observa el aumento de asaltos para despojar a los trabajadores y administrativos de la nómina. Se comienza a observar el asalto directamente en las empresas.	• Pequeñas y medianas empresas, así como talleres domiciliarios e irregulares.
2016	Según la Cámara Nacional de la Industria del Vestido en Tehuacán se registra al menos un asalto a la semana. Se observa el robo de nóminas y se comienza a observar el robo de maquinaria o de piezas de maquinaria. Se siguen presentando asaltos en la calle a los obreros y a los vehículos que transportan mercancías.	• Empresas pequeñas y talleres domiciliarios.
2017	Se reporta el cierre de empresas pequeñas que han sufrido asaltos y robo de maquinarias durante las noches o fines de semana. En otros casos los delincuentes entran armados para asaltar a los trabajadores y administrativos y robar la maquinaria. Se presentan de dos a tres asaltos a la semana	• Empresas irregulares, pequeñas y medianas.
2018	Se presentan en promedio tres robos o asaltos a la semana. Se vuelve más complejo el modus operandi. Los delincuentes roban materia prima, mercancía, la nómina, la maquinaria, los robos se presentan principalmente dentro de las empresas los fines de semana y por la noche. Las pérdidas de cada empresa asaltada van de los cinco mil pesos a varios cientos de miles de pesos.	• Empresas pequeñas, medianas e irregulares
2019	Se presentan en promedio cuatro asaltos o robos a la semana, incluso se presentan casos de dos robos el mismo día. Los delincuentes desmantelan talleres pequeños en solo una noche.	• Respecto a los asaltos se ven afectados todo tipo de empresas. • Las empresas pequeñas, medianas e irregulares siguen siendo las más afectadas.

Como se observa en la Tabla 1, en 2018 se denunciaban un promedio de 4 asaltos a la semana en las maquiladoras o a sus trabajadores, en algunos casos los robos son altamente violentos lo que da como resultado la muerte de los empleados asaltados. Debido a que luego del robo de maquinaria y equipo los empresarios no pudieron seguir operando, entre el año 2018 a marzo de 2019 se cerraron 25 empresas (López, 2019). Para mayo de 2019, la Cámara Nacional de la Industria del Vestido en Puebla (CANAIVE) informaba que 4 maquiladoras más habrían tenido que cerrar luego de ser asaltadas.

Desde el año 2015, el *modus operandis* de la delincuencia contra la industria del vestido se ha ido transformando. A continuación, en la Figura 1 se muestra el aumento en el número de robos y asaltos promedio por semana del año 2015 al 2019. Las autoridades que tomaron el cargo en 2019 enfrentaban un problema grabe a causa de los constantes asaltos a las empresas (Puebla Noticias, 2019). Los robos violentos eran los que más comúnmente se presentaban entre 2015 a 2017, para 2018 se observa un aumento del robo sin violencia durante las noches. Los empresarios sospechan que entre los trabajadores se encontraban los asaltantes, quienes se incorporan como obreros para conocer el funcionamiento y la estructura de las empresas y luego poderlas asaltar. La mayoría de las empresas y talleres que sufren los asaltos son pequeñas y medianas, y la gran mayoría de los talleres funcionan de manera irregular, es decir, no están dados de alta en el Servicio de Administración Tributaria (SAT) por lo que los empresarios no denunciaban por temor a ser a su vez denunciados ante el SAT por no pagar impuestos.

 ISSN 2007-8102

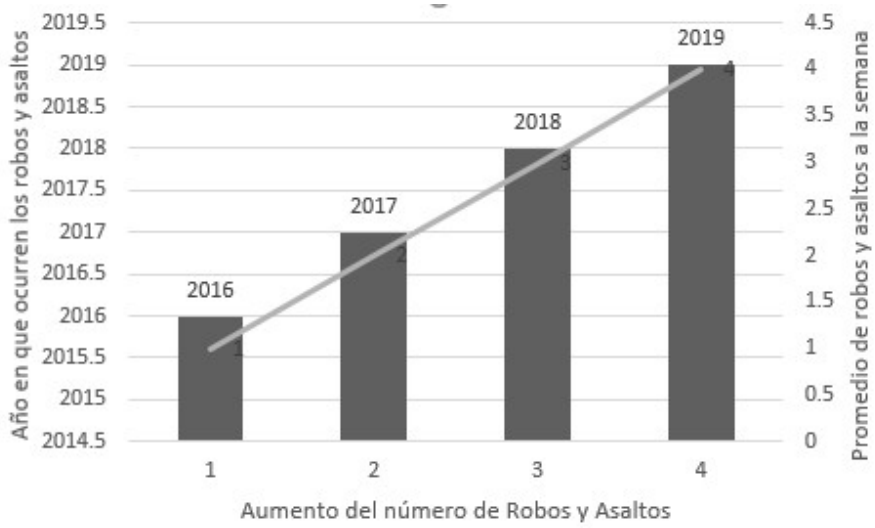


Figura 1. Aumento en el Número de asaltos y robos por semana 2015-2019

Durante el trabajo de campo, se preguntó a cinco empresarios, a cinco servidores públicos y a 30 obreros, cuál es el principal problema que enfrenta la industria del vestido y que no le permite operar de la manera más adecuada, los resultados se muestran en la tabla 2 que se corresponde con la moda estadística de las respuestas y el promedio en las mismas según el tamaño de la empresa. La delincuencia fue mencionada en tercer lugar, luego de los problemas económicos del país, y la competencia con las marcas reconocidas y las prendas chinas.

Tabla 2. Problemas que enfrenta la industria del vestido y la confección en Tehuacán de 2018 a 2019 de acuerdo al tamaño de la empresa. Creación propia a partir de 40 entrevistas realizadas entre marzo 2018 a julio 2019.

Respuestas de cada actor social	problemas que enfrentan los talleres irregulares.	Problemas que enfrentan las pequeñas empresas	Problemas que enfrentan las medianas empresas	Problemas que enfrentan la industria y empresas de más de mil trabajadores
Empresarios	Delincuencia, asaltos y robo de maquinaria.	Delincuencia, asaltos y robo de maquinaria	Falta de contratos para la producción de ropa. Inestabilidad política, falta de una vinculación adecuada con el gobierno del estado que permita obtener contratos para producción de uniformes.	Falta de contratos para la producción de ropa para el mercado internacional. Competencia internacional desleal de países que ofrecen una producción más barata. Dificultades para contar con los trámites para exportación.
Servidor Público	Delincuencia, asaltos y robo de maquinaria	Delincuencia, asaltos y robo de maquinaria	Falta de contratos para la producción de ropa lo que lleva al despido de trabajadores.	Falta de contratos para la producción de ropa para el mercado internacional. Competencia internacional desleal de países que ofrecen una producción más barata.
Obrero	Delincuencia, asaltos y robo de maquinaria	Delincuencia, asaltos y robo de maquinaria	Delincuencia, miedo a ser asaltados.	Delincuencia, miedo a los asaltos el día del pago. Falta de contratos y desempleo.

Se preguntó a los entrevistados si los empresarios para quienes trabajan estarían dispuestos a denunciar un asalto. El 72 por ciento de los entrevistados señaló que las empresas irregulares no denuncian, y solo el 20 por ciento de los obreros estarían dispuestos a denunciar, pues el resto consideran que las autoridades no harían

nada contra los delincuentes. En cuanto a los empresarios, los cinco comentaron que si denunciarían y que de hecho se han realizado acciones para exigir a las autoridades la vigilancia y protección de las empresas. Sin embargo, estos cinco empresarios son dueños de empresas medianas regulares, por lo que no presentan los mismos inconvenientes que los talleres clandestinos, para denunciar. Dos de los empresarios comentaron que temen a los secuestros, los cuales se han presentado en menor número que los asaltos en el caso de dueños de empresas medianas y grandes (de más de cincuenta trabajadores). En cuanto a los servidores públicos, tres de ellos comentaron que la delincuencia afecta directamente al sector, pero también a la sociedad, pues hay un clima generalizado de inseguridad y violencia en la ciudad. Los entrevistados empresarios y servidores públicos comentaron que Tehuacán hasta antes del 2015 había sido una ciudad tranquila, pero en 2016 esto cambió debido a la presencia del robo de combustibles, la trata de personas, la cercanía con el estado de Veracruz y la presencia del narcotráfico y los carteles provenientes de dicho estado.

Es importante señalar que según datos de la CANAIVE en Tehuacán operan alrededor de 500 talleres irregulares los cuales ofrecen en la actualidad un salario promedio de mil doscientos pesos semanales a los obreros costureros (que trabajan cosiendo las prendas), esto es doscientos pesos más que los salarios que ofrecen las industrias bien establecidas y que están inscritas al SAT. La diferencia salarial se debe a que mientras las industrias formales otorgan prestaciones básicas como el Seguro Social (IMSS), el pago de aguinaldos y el pago de días festivos y vacaciones, los talleres clandestinos no cumplen con ninguna prestación. Sin embargo, ya sea porque el pago se realiza en efectivo y no por tarjeta bancaria, y por la vulnerabilidad de los talleres irregulares, el mayor riesgo de sufrir un asalto lo corren los obreros en las empresas pequeñas e irregulares.

Cuando se preguntó a los empresarios acerca de las ventajas de cambiar al modelo emprendedor se observó que su principal interés es aumentar las ventas y acceder al mercado nacional ante la competencia de las prendas chinas y nacionales de marcas conocidas. Respecto a las ventajas que el modelo emprendedor ofrece para los trabajadores, los empresarios consideraron que son principalmente las de conservar y apertura fuentes de empleo. Sin embargo, los empresarios entrevistados desconocían la relación entre el modelo emprendedor y la RSE, y no están dispuestos a cambiar las relaciones obrero patronales, consideran que respetar los derechos laborales es suficiente y no están dispuestos a otorgar otras ventajas a los trabajadores debido a los costes que esto implica. Los autores de todo el mundo hoy en día se han preocupado por enfatizar el valor del capital humano en el emprendimiento. Con el neoliberalismo económico se consideraba que las empresas debían disminuir los costos de producción a través de la contratación de una mano de obra lo más barata posible. El esquema de la producción de partes (maquila) se movía en estas lógicas generando procesos de explotación ampliamente analizados en los trabajos de los investigadores (Juárez: 2004), (Carrillo, Hualde, & Quintero: 2005), (Ramos & Labrecque:2009), (Nabor: 2009) y (Arcos: 2013). El modelo emprendedor, por el contrario, hace énfasis en la importancia del capital humano, y retoma la relación humana responsable entre empleador y empleado como uno de sus valores. Lo mismo señala la importancia de una relación humana y responsable entre la empresa, la sociedad y el medio ambiente. Pero parece ser que la RSE respeto a las condiciones de trabajo es un privilegio inoperante en los países periféricos, lo anterior se debe a que gran parte de las empresas pequeñas y medianas en las regiones vulnerables apenas sobreviven. Se considera que la principal responsabilidad de las empresas es ser financieramente sostenibles, posteriormente será posible que puedan ser social y ambientalmente responsables. Sin embargo, una empresa que es financieramente sostenible puede y debe preocuparse por un doble impacto, el de la sociedad hacia ella y el de la empresa hacia la sociedad. El tema de la situación del capital humano e intelectual es central en el ámbito de la RSE porque “La preocupación- dentro de sus posibilidades- por el empleo y el emprendimiento, no es solo una cuestión de solidaridad con la sociedad, es cuestión de supervivencia a largo plazo” (Vives, 2013:19). Sin bien el capital humano e intelectual no se contabiliza en los estados financieros de las empresas, son las empresas más ilustradas y con mayor avance en la economía de los servicios y la tecnología quienes reconocen el valor del capital humano. Empresas como IBM reconocen que más del 80 por ciento de su valor de mercado está determinado por su capital humano (Vives, 2013:19-20).
La relación entre la industria maquiladora y la violencia regional ha sido analizada por autores como Domínguez, Icaza, Quintero, López, & Stenman (2010) y Montero (2014). Los empresarios desconocen la relación entre el modelo emprendedor y la RSE que les obliga en primer lugar a respetar las leyes en el ámbito de los derechos laborales, pero además en el acto ético de mejorar la calidad de vida de los obreros. Por otro lado, los empresarios asumen que la delincuencia es uno de los elementos que impide la transformación al modelo emprendedor, ya que genera pérdidas que pueden llevar al cierre de las empresas. Esto a su vez aumenta el desempleo. Respeto a los trabajadores, a los problemas derivados de la violación de derechos laborales se suma el miedo a la violencia, a la delincuencia y el miedo a perder el empleo. El 100 por ciento de los encuestados mencionó que teme perder su empleo y que teme a sufrir un asalto el día de pago. Las estrategias que toman para cuidarse incluye el acompañarse varias personas o el acompañarse de familiares quienes acuden a la salida del trabajo. Sin embargo,

estas estrategias no detienen a los delincuentes. Para Figueroa (2001: 15-16) la violencia surge en el momento en que lo humano se ha separado de lo propiamente animal. La agresividad es un instinto que poseen los animales y que se vincula con la lucha por la supervivencia. Por supuesto los seres humanos compartimos con los animales el instinto de la agresividad, pero la violencia es un proceso racional que de manera histórica se ha institucionalizado. Debemos entender a la violencia como acto de poder (aunque no todo acto de poder es violento). La delincuencia ya sea como crimen común o crimen organizado son formas de violencia que afectan directamente a las empresas. El fenómeno es muy complejo pues la sola presencia del sistema maquilador en la región no explica la presencia de la delincuencia. Los procesos globales de violencia y delincuencia en el Estado de Puebla y en general en todo México dan cuenta de que se trata de un país en crisis de seguridad. Sin embargo, es la vulnerabilidad que presenta el sector lo que lo coloca en la mira de la delincuencia. En el mundo empresarial, el análisis de riesgos está muy centrado en aspectos financieros, sin embargo, la medición de los riesgos en una correcta administración estratégica tendería a enfocarse también en los riesgos derivados del contexto donde se localiza la empresa. El crimen y la violencia local deben formar parte de los aspectos a considerar por los empresarios mexicanos como parte de una cotidianeidad indeseable generadora de riesgos para las empresas. Una empresa socialmente responsable está impedida a funcionar correctamente y por tanto a demostrar toda su potencialidad en esta área, si se encuentra localizada en una región donde hay violencia.

Pero ¿Por qué la industria del vestido y la confección es vulnerable ante la delincuencia?

1. Por la presencia de la industria irregular, que forma parte de la cadena productiva de todo el sector, pues abarata los costos de producción cuando realiza parte del proceso productivo de las grandes empresas, pero que al ser irregular (no pagar impuestos al SAT), no puede denunciar los asaltos y robos.
2. Por la vulnerabilidad de los trabajadores que no cuentan con sistemas de pago a partir de tarjeras bancarias de nómina.
3. Por la vulnerabilidad de los trabajadores que laboran en los talleres irregulares para obtener un ingreso un poco más alto que en las empresas legalmente establecidas, aun cuando estas últimas aportan prestaciones.

Para los delincuentes una industria incapaz de denunciar se convierte en una fuente atractiva de víctimas.

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se estará estudiando el papel que juegan los talleres irregulares en la economía regional de Tehuacán, su incapacidad para incorporarse al sistema de administración tributaria y a los programas de emprendimiento. A través datos secundarios, documentos oficiales e investigaciones de campo, se analizarán las condiciones y las leyes que podrían estar propiciando los niveles de exclusión socio-económica de este sector empresarial y de su población trabajadora con la consecuente marginación del sector, relegándolo a la economía sumergida como una especie de sanción económica derivada precisamente de su condición de irregular. Se considera que esta condición y la marginación económica contribuyen a reforzar la 'flexibilidad' de los trabajadores, la volatilidad del sector y la vulnerabilidad ante la delincuencia. Sin embargo, se considera que el papel de la industria irregular suministra activos a la economía post-Fordista que pretende incorporarse al sistema emprendedor, por lo que es tolerada.

Conclusiones

Entre los valores promovidos por el modelo emprendedor, la responsabilidad social empresarial como baluarte de dicho modelo, impulsa un cambio de paradigma que beneficia a los empresarios, a los clientes, a los trabajadores y al resto de la sociedad. En primer lugar, se plantea que las empresas bajo el esquema emprendedor no violan las leyes y fomentan el cumplimiento de las mismas, pero además se comprometen a mejorar la vida de sus trabajadores. Sin embargo, solo las empresas que han resuelto la creación de plusvalía pueden incorporar planes de RSE. Pero, cuando el contexto económico y social regional es adverso, la posibilidad de que las empresas implementen el modelo emprendedor se ve directamente afectada. Si bien la economía internacional impacta al desarrollo local de la industria del vestido, la búsqueda de soluciones podría generar más problemas que los que resuelve. Debido a que la industria busca disminuir sus costos de producción incorpora como parte de sus procesos productivos a los talleres irregulares. Al disminuir los costos de producción, la industria del vestido pretende ser más competitiva, pero genera espacios de vulnerabilidad ante la delincuencia. Lo anterior se debe a que los talleres irregulares no pueden denunciar ante las autoridades las acciones de los delincuentes. Queda claro que la decisión de quien se incorpora a las cadenas productivas, y quien debe ser contratado se adopta sobre la base de su ubicación en la economía global, donde la capacidad económica de la región y de la población (empresarios y obreros) determina los niveles de exclusión. De tal forma que la

determinación de quien forma parte de las empresas irregulares y, por tanto, sufre una mayor vulnerabilidad estará vinculada a una construcción ideológica y económico-material del posicionamiento de la región en el contexto de la industria del vestido. Se trata de un sector productivo y de una población que se incorpora en el mercado laboral como una solución ante la rigidez económica conformándose una contradicción, por un lado, se trata de una industria irregular que labora fuera de los parámetros de la ley, por otro, es requerida por las empresas de mayor tamaño para abaratar sus costes de producción. Por tanto, la industria irregular es apreciada e incorporada al proceso productivo. Ante esta contradicción, el sector irregular es el más golpeado por la delincuencia. Con la existencia de estos recovecos de vulnerabilidad en este ramo industrial, la delincuencia se encuentra con victimas fáciles que conforman verdaderos ciclos de violencia en la región, pero que además frenan el desarrollo económico de la industria en general. Facilitar la incorporación de los talleres irregulares al SAT generando facilidades atractivas podría eliminar la vulnerabilidad, con ella disminuir los índices de crimen y favorecer el crecimiento de la industria y su transformación al modelo emprendedor, lo cual impacta de manera positiva al desarrollo de la región.

Referencias

1. Arcos, M. A. (2013). “Talleres clandestinos”: el traspatio de las “grandes marcas”. organización del trabajo dentro de la industria de la indumentaria. *Cuadernos de Antropología*, (10), 333-351.
2. Barrios, Martín y Santiago, Rodrigo, 2004, *Tehuacán: del calzón de manta a los blue jeans. La nueva industria del vestido en México, los trabajadores y las comunidades indígenas*. Canadá: Red de Solidaridad de la Maquila.
3. Carrillo, J., Hualde, A., & Quintero, C. (2005). Maquiladoras en México. Breve recorrido histórico. *Comercio Exterior*, *55*(1), 30-42.
4. Domínguez, E., Icaza, R., Quintero, C., López, S., & Stenman, Å. (2010). Women workers in the maquiladoras and the debate on global labor standards. *Feminist Economics*, *16*(4), 185-209.
5. Figueroa Ibarra, C. (2001) “Naturaleza y racionalidad de la Violencia”. *Conflicto, violencia y teoría social, una agenda sociológica*. México. Universidad Iberoamericana Golfo Centro, Departamento de Ciencias Sociales Humanidades. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de ciencias Sociales y Humanidades.
6. Hernández, E. (2019). Buscan maquiladoras convenios para 2 millones de uniformes. *Municipios*. Disponible en Línea: http://municipiospuebla.mx/nota/2019-07-16/tehuac%C3%A1n/maquiladoras-buscan-confeccionar-2-millones-de-uniformes
7. Juárez, J. P. y Ramírez, B. (2011). “Flexibilidad laboral en la industria de la confección en espacios rurales de México. El caso de dos municipios en el estado de Puebla”, *Gaceta Laboral*, Venezuela, Vol. 17, núm. 1, abril.
8. Juárez Núñez, H. (2004). *Allá... donde viven los pobres: cadenas globales: regiones productoras la industria maquiladora del vestido/por Humberto Juárez Núñez* (No. 338.1 J8.).
9. López, R. (2019). Cierran por robo 25 maquiladoras. *Milenio Diario*. Disponible en Línea: https://www.milenio.com/politica/comunidad/cierran-porrobos-25maquiladoras
10. Montero, J. (2014). Discursos de moda: ¿Cómo justificar la explotación de inmigrantes en talleres de costura? *Trabajo y sociedad*, (23), 107-125.
11. Nabor, E. S. (2009). Globalización, migración y trabajo en la capital del" Blue Jeans". Las mujeres trabajadoras de maquiladoras en el sur de Puebla. *Trace. Travaux et recherches dans les Amériques du Centre*, (55), 16-30.
12. Pacheco, y (2019). *“*En crisis industria maquiladora de Tehuacán”. *Municipios.* Disponible en Línea: http://municipiospuebla.mx/nota/2019-07-18/tehuac%C3%A1n/en-crisis-industria-maquiladora-de-tehuac%C3%A1n
13. Pelcastre, B., Kendall, T. y Magis, C. (2008) “Las maquiladoras frente al VHI/SIDA, implementación de programas y percepción de los empleadores en Puebla”, *Región y Sociedad*, México, El Colegio de Sonora, Vol. 20, núm. 43, septiembre-diciembre.
14. Puebla Noticias (2019). CANAIVE Tehuacán espera resultados en materia de seguridad en lo que va del año, 4 maquiladoras han cerrados sus puertas. Disponible en Línea: http://pueblanoticias.com.mx/noticia/canaive-tehuacan-espera-resultados-en-materia-de-seguridad-155408/
15. Ramos, B. C., & Labrecque, M. F. (2009). Prólogo: Las maquiladoras del sur de México y de América Central: trabajo, género e identidad. *Trace. Travaux et recherches dans les Amériques du Centre*, (55), 3-15.
16. Vives, A. (2013). Empleo y emprendimiento como responsabilidad social de las empresas. *Globalización, Competitividad y Gobernabilidad de Georgetown/Universia*, *7*(3).

Análisis de conglomerados para establecer afinidad de competencias laborales y las de la UIPC.

G. Sánchez Martínez1, L.G. Tobón Galicia1, M.S. Flores Serrano1*
1Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av. Veracruz s/n col. Pemex.
**ing_sanchez_gabriel@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

RESUMEN

Las Unidades Internas de Protección Civil (UIPC), son integradas por personal de las propias instituciones, son la primer línea de atención en caso de desastres, el presente trabajo busca establecer las competencias necesarias de cada uno de los puestos que la integran y relacionarlos con las de los puestos de la institución en cuestión. De acuerdo al estado del arte, no existe algún trabajo previo similar al mostrado, en el cual seguimos un proceso que comenzó con la identificación de las competencias necesarias para cada puesto en la Unidad Interna, posteriormente se realizó un análisis comparativo con las competencias establecidas para cada puesto en la institución, estableciendo la similitud de competencias entre ambos, usando la metodología que establece el Análisis de Conglomerados; logrando establecer una relación homogénea entre los puestos de la Institución en cuestión y el 100% de los puestos señalados en la unidad interna.

Palabras Clave: *Competencias, Afinidad, Protección, Puestos.*

ABSTRAC

The Internal Civil Protection Units (UIPC), are integrated by personnel of the institutions themselves, are the first line of attention in case of disasters, this work seeks to establish the necessary skills of each of the positions that integrate it and relate them to those of the posts of the institution in question. According to the state of the art, there is no previous work similar to that shown, in which we follow a process that began with the identification of the necessary competences for each position in the Internal Unit, subsequently a comparative analysis was carried out with the competences established for each position in the institution, establishing the similarity of competences between the two, using the methodology established by the Cluster Analysis; managing to establish a homogeneous relationship between the posts of the Institution in question and 100% of the positions indicated in the internal unit.

Keywords: *Competencies, Affinity, Protection, Positions.*

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con (Méndez, 2015) la Protección Civil, como organización, nació el 12 de agosto de 1949 en el protocolo 2° adicional al Tratado de Ginebra, “Protección a las víctimas de los conflictos armados internacionales”, como una de las disposiciones básicas para facilitar el trabajo a la Cruz Roja. Dentro de este protocolo, se entiende por protección civil el cumplimiento de algunas o de todas las tareas humanitarias destinadas a proteger a la población contra los peligros de las hostilidades y de las catástrofes, así como la de ayudarlas a recuperarse de sus efectos inmediatos y facilitar las condiciones necesarias para la supervivencia. La Unidades Internas de Protección Civil, por ley se deben establecer en todas las organizaciones en México, estas estas estructuradas de acuerdo a los lineamientos de la Unidad Interna de Protección Civil, integradas por diversas brigadas y puestos que deben ser funcionales a las necesidades que surjan durante el desarrollo de una contingencia que ponga en peligro a las personas o edificios que forman parte de la organización. El CONOCER es una organización dedicada a definir de manera clara las competencias necesarias para realizar las actividades con la calidad mínima necesaria. El garantizar que una persona posee las competencias para llevar de manera efectiva las actividades que son requeridas en las UIPC, garantizan la calidad al ser una posibilidad de salvar una vida o salvaguardar las instalaciones de donde esté operando, sin embargo en la investigación realizada, no se pudo encontrar un documento que definiera de manera clara y específica cuales son las competencias en cada puesto y en cada brigada que requiera la UIPC, es por ello que se desarrolló este trabajo, con el objetivo de definir dichas competencias y evaluar los puestos del Instituto con los puestos y brigadas de la UIPC, usando como soporte la metodología de Análisis de Conglomerados y el software SPSS, para poder realizar el análisis de afinidad,

permitiendo definir de manera asertiva, de acuerdo con su perfil y competencias laborales, en cual puesto y en cual brigada, puede contribuir de mejor manera a la protección de vidas es infraestructuras en su organización. Según Scucces (2014), esto ayudará a disminuir los efectos de los desastres mediante la prevención y planificación de cómo actuar ante una contingencia, y la correcta asignación del personal para cada puesto de las brigadas.

METODOLOGÍA

Proceso Documental.

Se realizó una investigación documental sobre los tipos, estructura y distintivos de las brigadas de diferentes Instituciones y organizaciones, vigilando cumplir las disposiciones legales en materia de protección civil en el País. Además, se observó la conformación y las condiciones en que se encuentra la operatividad de las brigadas dentro del Instituto, como primera referencia. Se investigo información de la instancia reguladora de competencias laborales CONOCER, quien por medio de estándares de competencia marca la pauta para la evaluación y desarrollo del trabajo a realizar de acuerdo con las competencias necesarias para cada actividad. Como resultado de la depuración entre las funciones existentes de los puestos de las brigadas de protección civil del Instituto y otras instituciones, es que se diseñó un cuadro donde se determinan por completo las funciones del perfil de puesto de cada una de las brigadas. A fin de que estas sean aplicadas por los miembros de la institución que los conformaran, y de la misma manera, puedan realizar un mejor desempeño en la realización de sus funciones a la Unidad Interna de Protección Civil de la institución.

Elaboración de matriz de conglomerados *en base a las competencias exigidas por las brigadas y las de los puestos del Instituto*

La información recolectada sirvió para diseñar una matriz de conglomerados y de esa manera definir de manera aún más específica las competencias para cada puesto de las brigadas contra los puestos del Instituto. Dicha matriz se realizó para delimitar los datos que se considerarían en el análisis de conglomerados.

Tabla 1. Diseño de la Matriz de Conglomerados en base a las competencias exigidas por las brigadas y las de los puestos del Instituto. Fuente propia.

	PUESTO ITSTB		BRIGADA 1			BRIGADA 2			BRIGADA 3			BRIGADA 4	
	DIRECCIÓN GENERAL	No.	PRIMEROS AUXILIOS	Cumple	No.	BUSQUEDA Y RESCATE	Cumple	No.	PREVENCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS	Cumple	No.	EVACUACIÓN DE INMUEBLES	Cumple
CONOCIMIENTOS	Sistema educativo	1	Primeros Auxilios		1	Normas de seguridad	x	1	Herramientas y equipo contra incendios		1	Análisis de riesgo	
	Modelo educativo	2	Protocolo de lesiones		2	Tipo y uso de equipo de busqueda y rescate		2	Técnicas de ataque al fuego		2	Señalización y señaletica	
	Normas de seguridad	3	Instituciones de ayuda	X	3	Acción y condición insegura		3	Material flamable e inflamable		3	Detección de áreas de riesgo	
	Presupuestación	4	Material y equipo de curación		4	Niveles de un área afectada		4	Equipo de protección personal		4	Determinación de áreas de evacuación	
	Desarrollo institucional	5	Identificación de área de primeros auxilios		5	Amenazas en una operación de búsqueda y rescate		5	Tipos y uso de extintores		5	Procedimiento de despliegue y evacuación	
	Evaluación	6	Elaboración de informes	X	6	Patrones de busqueda		6	Señalización y señaletica		6	Normas de seguridad	X
	Tecnologías				7	Primeros auxilios		7	Detección de áreas de riesgo				
	Instituciones de ayuda							8	Normas de seguridad	X			
HABILIDADES	Trabajo en equipo	7	Manipulación de material y equipo de primeros auxilios		8	Trabajo en equipo	x	9	Manipulación de equipo y herramienta contra incendio		7	Organización	x
	Administrar	8	Tratamiento de lesiones		9	Manejo de grupos	x	10	Primeros auxilios		8	Determinación de áreas de evacuación	
	Diseño de planes, programas y estrategias.	9	Organización	X	10	Uso de equipo de protección personal		11	Manipulación de equipo de protección personal		9	Despliegue y evacuación	
	Comunicación oral y escrita	10	Trabajo en equipo	X	11	Uso de equipo de busqueda y rescate		12	Manejo de extintores		10	Orden	x
	Análisis	11	Comunicación oral y escrita	X	12	Organización	x	13	Análisis	x	11	Comunicación orral y escrita	x
	Manejo de grupos	12	Planeación	X	13	Primeros auxilios		14	organización	x	12	Trabajo en equipo	x
	Determinación de necesidades de recursos				14	Análisis	x	15	Comunicación oral y escrita	x			
	Diseño y desarrollo de proyectos				15	Planeación	x	16	Trabajo en equipo	x			
	Integración de información												
	Supervisión												
	Relaciones públicas												
	Gestión												
ACTITUDES	Servicio	13	Servicio	X	16	Servicio	x	17	Servicio	x	13	Servicio	x
	Propositiva	14	Responsabilidad	X	17	Responsabilidad	x	18	Responsabilidad	x	14	Responsabilidad	x
	Compromiso	15	Honestidad	X	18	Honestidad	x	19	Honestidad	x	15	Honestidad	x
	Responsabilidad	16	Proactividad	X	19	Proactividad	x	20	Proactividad	x	16	Proactividad	x
	Liderazgo	17	Liderazgo	X	20	Liderazgo	x	21	Liderazgo	x	17	Liderazgo	x
	Honestidad	18	Empatia		21	Empatia		22	Empatia		18	Empatia	
	Proactividad	19	Propositiva	X	22	Propositiva	x	23	Propositiva	x	19	Propositiva	x
	Iniciativa	20	Cooperación		23	Cooperación		24	Cooperación		20	Cooperación	
	Orden	21	Iniciativa	X	24	Iniciativa	x	25	Iniciativa	x	21	Iniciativa	x
		22	Orden	X	25	Orden	X	26	Orden	X	22	Orden	X
Total		**22**	4.55	**63.64**	**25**	4.00	**56**	**26**	3.85	**50.00**	**22**	4.55	**59.09**

 ISSN 2007-8102

Ya calculados todos los porcentajes, se realizó un concentrado de los mismos en el Software especializado SPSS para obtener como resultado un dendograma y conocer la similitud existente entre los puestos de las brigadas y los de la Institución antes mencionada. Quedando de la siguiente manera:

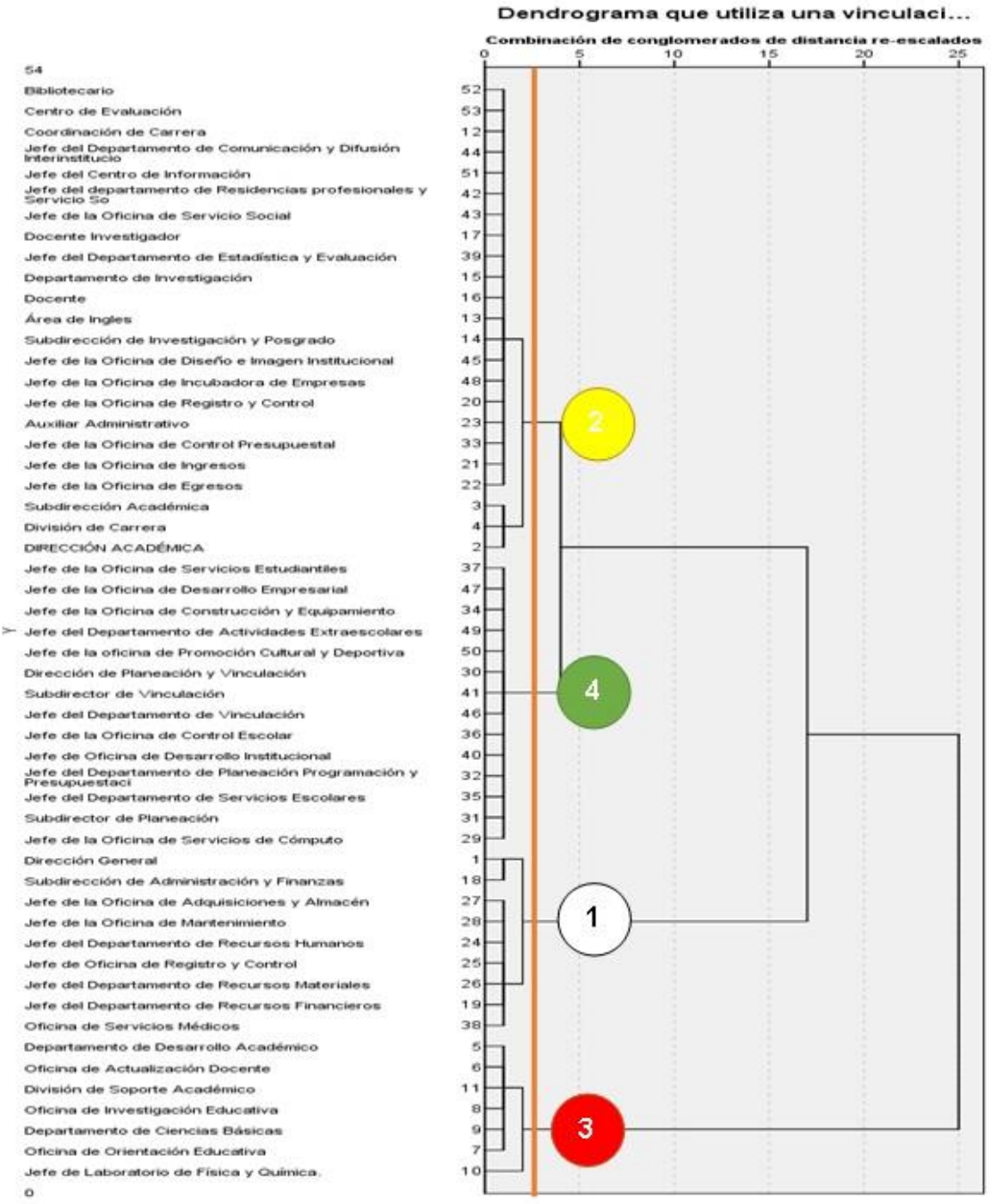


Figura 1. Similitud entre los puestos del Instituto y las brigadas de la Unidad Interna de Protección Civil. Fuente Propia.

Al utilizar el dendograma se ha podido dar una mejor clasificación por puestos, ya que, por la cantidad de similitudes entre variables, pudo existir haber confusión en la asignación.

Se obtuvieron 4 clúster, los cuales corresponden a las 4 brigadas dentro del plan de acción de UIPC del Instituto. Donde el círculo blanco corresponde a la brigada de primeros auxilios, el circulo amarillo a la brigada de búsqueda y

 ISSN 2007-8102

rescate, el rojo a la brigada de prevención y combate contra incendios y el verde a la brigada de evacuación de inmuebles. Se observa claramente la clasificación de los puestos del Instituto de acuerdo a las brigadas. Por ejemplo, los puestos: Dirección General, Subdirección de Administración y Finanzas, jefe del Departamento de Recursos Financieros, jefe del Departamento de Recursos Humanos, Jefe de Oficina de Registro y Control, Jefe del Departamento de Recursos Materiales, Jefe de la Oficina de Adquisiciones y Almacén, Jefe de la Oficina de Mantenimiento, Oficina de Servicios Médicos pertenecen al clúster blanco que hace referencia a la brigada de primeros auxilios. SPSS los agrupa de esta manera basándose en la similitud existente entre los puestos antes mencionados.

Matriz de Conglomerados para relación entre puestos del Instituto y los puestos de las brigadas de la UIPC

Tabla 2. Diseño de la Matriz de Conglomerados en base a las competencias exigidas por los puestos de las brigadas y las de los puestos del Instituto. Fuente propia.

	PUESTO ITSTB		BRIGADA			BRIGADA			BRIGADA			BRIGADA			BRIGADA	
	DIRECCIÓN GENERAL	No.	Responsable del inmueble	Cumple	No.	Jefe de edificio	Cumple	No.	Jefe de piso	Cumple	No.	Jefe de brigada	Cumple	No.	Brigadista	Cumple
CONOCIMIENTOS	Sistema educativo	1	Pautas para elaboración de programa de protección civil		1	Pautas para elaboración de programa de protección civil		1	Pautas para elaboración de programa de protección civil		1	Pautas para elaboración de programa de protección civil		1	Normas de seguridad	X
	Modelo educativo	2	Regulaciones y disposiciones legales vigentes en materia		2	Regulaciones y disposiciones legales vigentes en materia		2	Regulaciones y disposiciones legales vigentes en materia		2	Regulaciones y disposiciones legales vigentes en materia		2	Señalización y señalética	
	Normas de seguridad	3	Instituciones de ayuda	X	3	Instituciones de ayuda	X	3	Instituciones de ayuda	X	3	Normas de seguridad	X			
	Presupuestación	4	Normas de seguridad	X	4	Normas de seguridad	X	4	Normas de seguridad	X	4	Señalización y señalética				
	Desarrollo institucional	5	Presupuestación	X	5	Señalización y señalética		5	Señalización y señalética							
	Evaluación															
	Tecnologías															
	Instituciones de ayuda															
HABILIDADES	Trabajo en equipo	6	Trabajo en equipo	X	6	Valoración inicial de daños a inmueble		6	Valoración inicial de daños a inmueble		5	Valoración inicial de daños a inmueble		3	Trabajo en equipo	X
	Administrar	7	Administrar	X	7	Trabajo en equipo	X	7	Trabajo en equipo	X	6	Trabajo en equipo	X	4	Manejo de grupos	X
	Diseño de planes, programas y estrategias.	8	Diseño de planes, programas y estrategias.	X	8	Diseño de planes, programas y estrategias.	X	8	Manejo de grupos	X	7	Diseño de planes, programas y estrategias.	X	5	Comunicación oral y escrita	X
	Comunicación oral y escrita	9	Comunicación oral y escrita	X	9	Manejo de grupos	X	9	Comunicación oral y escrita	X	8	Manejo de grupos	X	6	Organización	X
	Análisis	10	Manejo de grupos	X	10	Comunicación oral y escrita	X	10	Planeación	X	9	Comunicación oral y escrita	X	7	Integración de información	X
	Manejo de grupos	11	Determinación de necesidades de recursos	X	11	Planeación	X	11	Organización	X	10	Planeación	X			
	Determinación de necesidades de recursos	12	Supervisión	X	12	Organización	X	12	Supervisión	X	11	Organización	X			
	Diseño y desarrollo de proyectos	13	Relaciones públicas	X	13	Integración de información	X	13	Integración de información	X	12	Supervisión	X			
	Integración de información	14	Gestión	X	14	Supervisión	X				13	Integración de información	X			
	Supervisión	15	Planeación	X	15	Relaciones públicas	X									
	Relaciones públicas	16	Organización	X												
	Gestión															
ACTITUDES	Servicio	17	Servicio	X	16	Servicio	X	14	Servicio	X	14	Servicio	X	8	Servicio	X
	Propositiva	18	Propositiva	X	17	Propositiva	X	15	Propositiva	X	15	Propositiva	X	9	Propositiva	X
	Compromiso	19	Compromiso	X	18	Compromiso	X	16	Compromiso	X	16	Compromiso	X	10	Compromiso	X
	Responsabilidad	20	Responsabilidad	X	19	Responsabilidad	X	17	Responsabilidad	X	17	Responsabilidad	X	11	Responsabilidad	X
	Liderazgo	21	Liderazgo	X	20	Liderazgo	X	18	Liderazgo	X	18	Liderazgo	X	12	Liderazgo	X
	Honestidad	22	Honestidad	X	21	Honestidad	X	19	Honestidad	X	19	Honestidad	X	13	Honestidad	X
	Proactividad	23	Proactividad	X	22	Proactividad	X	20	Proactividad	X	20	Proactividad	X	14	Proactividad	X
	Iniciativa	24	Iniciativa	X	23	Iniciativa	X	21	Iniciativa	X	21	Iniciativa	X	15	Iniciativa	X
	Orden	25	Orden	X	24	Orden	X	22	Orden	X	22	Orden	X	16	Orden	X
Total		25	4.00	92.00	24	4.17	83.33	22	4.55	81.82	22	4.55	81.82	16	1.22	17.11

 ISSN 2007-8102

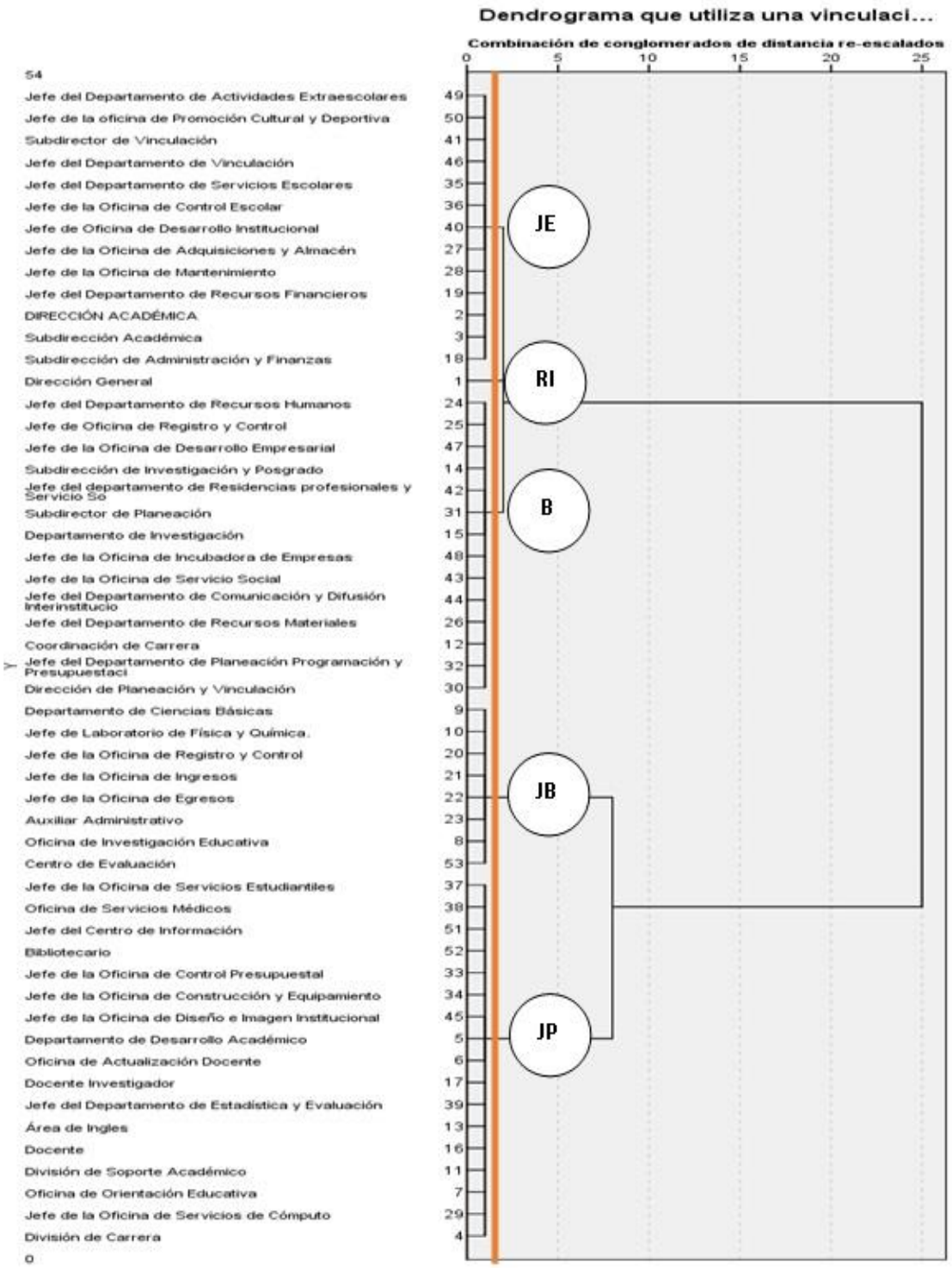


Figura 2. Similitud entre los puestos del Instituto y los de las brigadas. Fuente Propia.

Como en el dendograma anterior, se trazó un corte (línea de color rojo). En esta figura se observa la clasificación que realizo SPSS, acomodando de la manera más adecuada al personal del Instituto en los puestos de las brigadas. Las brigadas se conforman por cinco puestos, los cuales son: responsable del Inmueble (RI), Jefe de Edificio (JE), Jefe de Piso (JP), Jefe de Brigada (JB) y los Brigadistas (B).

Por ejemplo la Dirección Académica, Subdirección Académica, Subdirección de Administración y Finanzas, Jefe del Departamento de Recursos Financieros, Jefe de la Oficina de Adquisiciones y Almacén, Jefe de la Oficina de Mantenimiento, Jefe del Departamento de Servicios Escolares, Jefe de la Oficina de Control Escolar, Jefe de

 ISSN 2007-8102

Oficina de Desarrollo Institucional, Subdirector de Vinculación, Jefe del Departamento de Vinculación, Jefe del Departamento de Actividades Extraescolares, Jefe de la oficina de Promoción Cultural y Deportiva se agrupan en el clúster de iniciales JE (jefe de edificio). Como se mencionó, SPSS realiza las agrupaciones basándose en la similitud existente entre los puestos antes mencionados.

Resultados y discusión

Conforme al resultado obtenido en el análisis de conglomerados, se elaboró el siguiente cuadro, que indica de manera más clara la relación de afinidad entre las brigadas y los puestos de trabajo existentes en el Instituto, indicando así, los mejores perfiles para la integración de cada brigada. (se ejemplifican)

Tabla 3. Relación Brigada de protección civil con Puestos de trabajo del Instituto. Fuente propia

Brigada	Puesto del Instituto	Porcentaje
Primeros Auxilios	Dirección General	63.54
	Subdirección de Administración y Finanzas	63.54
	Jefe del Departamento de Recursos Financieros	63.54
	Jefe del Departamento de Recursos Humanos	63.64
	Jefe de Oficina de Registro y Control	63.64
	Jefe del Departamento de Recursos Materiales	63.64
	Jefe de la Oficina de Adquisiciones y Almacén	63.64
	Jefe de la Oficina de Mantenimiento	63.64
	Oficina de Servicios Médicos	68.18
Evacuación de Inmuebles	Jefe de la Oficina de Servicios de Cómputo	52.38
	Dirección de Planeación y Vinculación	47.62
	Subdirector de Planeación	47.62
	Jefe del Departamento de Planeación Programación y Presupuestación	47.62
	Jefe de la Oficina de Construcción y Equipamiento	47.62
	Jefe del Departamento de Servicios Escolares	47.62
	Jefe de la Oficina de Control Escolar	47.62
	Jefe de la Oficina de Servicios Estudiantiles	47.62
	Jefe de Oficina de Desarrollo Institucional	47.62
	Subdirector de Vinculación	47.62
	Jefe del Departamento de Vinculación	47.62
	Jefe de la Oficina de Desarrollo Empresarial	47.62
	Jefe del Departamento de Actividades Extraescolares	47.62
	Jefe de la oficina de Promoción Cultural y Deportiva	47.62

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Relación Puestos de protección civil con Puestos de trabajo del Instituto. Fuente propia

Puesto de Brigada	Puesto del Instituto	Porcentaje
Responsable del Inmueble	Dirección General	92.00
Jefe de Edificio	DIRECCIÓN ACADÉMICA	70.83
	Subdirección Académica	70.83
	Subdirección de Administración y Finanzas	75.00
	Jefe del Departamento de Recursos Financieros	70.83
	Jefe de la Oficina de Adquisiciones y Almacén	70.83
	Jefe de la Oficina de Mantenimiento	70.83
	Jefe del Departamento de Servicios Escolares	70.83
	Jefe de la Oficina de Control Escolar	70.83
	Jefe de Oficina de Desarrollo Institucional	75.00
	Subdirector de Vinculación	75.00
	Jefe del Departamento de Vinculación	75.00
	Jefe del Departamento de Actividades Extraescolares	75.00
	Jefe de la oficina de Promoción Cultural y Deportiva	75.00
Jefe de Brigada	Oficina de Investigación Educativa	50.00
	Departamento de Ciencias Básicas	54.55
	Jefe de Laboratorio de Física y Química.	54.55
	Jefe de la Oficina de Registro y Control	50.00
	Jefe de la Oficina de Ingresos	50.00
	Jefe de la Oficina de Egresos	50.00
	Auxiliar Administrativo	50.00
	Centro de Evaluación	45.45
Brigadistas	Coordinación de Carrera	17.88
	Subdirección de Investigación y Posgrado	17.88
	Departamento de Investigación	19.07
	Jefe del Departamento de Recursos Humanos	19.07
	Jefe de Oficina de Registro y Control	19.07
	Jefe del Departamento de Recursos Materiales	19.07
	Dirección de Planeación y Vinculación	16.82
	Subdirector de Planeación	17.88
	Jefe del Departamento de Planeación Programación y Presupuestación	17.88
	Jefe del departamento de Residencias profesionales y Servicio Social	17.88
	Jefe de la Oficina de Servicio Social	19.07
	Jefe del Departamento de Comunicación y Difusión Interinstitucional	19.07
	Jefe de la Oficina de Desarrollo Empresarial	17.60
	Jefe de la Oficina de Incubadora de Empresas	17.60

Conclusiones

La determinación de competencias necesarias en la UIPC y la utilización de la metodología de Análisis de Conglomerados, mediante el método de K-medias permitió establecer dos niveles de relación con los puestos de la institución, el primero de forma general con cada una de las brigadas y después de forma posterior con cada uno de los puestos existentes dentro de estas, es importante mencionar que de acuerdo al estado del arte, este tipo de análisis con este tipo de datos no se ha realizado previamente al parecer, es por ellos que será importante continuar estudiando este tipo de métodos y su aplicación en situaciones similares.Es importante señalar la adecuación de aplicar el análisis de conglomerados para la asignación de perfiles en grupos de trabajo, ya que, por similitudes, puede ser difícil tomar una mejor decisión. El uso del dendograma da mayor certeza en la selección y asignación, como ha sido en esta ocasión, en que se ha podido determinar con mayor eficiencia el mejor perfil para cada brigada y así asignar el puesto a cada colaborador del Instituto y que muestren un mejor desempeño en las funciones encomendadas.

Referencias

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (24 de Julio de 2018). *gob.mx*. Obtenido de gob.mx: https://www.gob.mx/cenapred/articulos/certificar-por-competencias-en-proteccion-civil?idiom=es

Aguilera, R. (2015). *DISEO DE UN PLAN DE EMERGENCIAS (SISMOS) PARA LA GESTIN DE LA SEGURIDAD: EL CASO EN LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM. México: UNAM.*

Camacho, W., Reyes, O., & Sánchez, A. (2010). *Análisis de riesgos y programa interno de protección civil para la empresa DPS Mexicana. México: IPN.*

Comité de Gestión por Competencias . (28 de Agosto de 2017). Estándar de Competencia . *Diario Oficial de la Federación , pág. 5.*

Cordinación General de Protección Civil. (04 de Septiembre de 2012). *Cordinación General de Protección Civil*. Obtenido de Cordinación General de Protección Civil: https://proteccioncivil.inba.gob.mx/quienes-somos/historia-de-la-proteccion-civil.html

De La Fuente, S. (2011). *ANALISIS DE CONGOMERADOS .* Madrid: UAM.

Instituto Tecnologico Superior de Tierra Blanca. (13 de Enero de 2019). *ITSTB*. Obtenido de ITSTB: http://itstb.edu.mx/2019/organigrama/

Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (2009). *GUÍA PARA LA FORMACION DE BRIGADAS EN PROTECCION CIVIL. México: SCT. Obtenido de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/guia_formacion_brigadas_proteccion_civil. pdf*

Secretaría de Educación Pública. (28 de Abril de 2018). *CONOCER*. Obtenido de CONOCER: https://www.gob.mx/sep/articulos/certifica-tus-competencias-labores-conoce-el-conocer?idiom=es

Terrádez, M. (s.f.). *ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS.* UOC.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE HUEJOTZINGO. (2017). *PROGRAMA INTERNO DE PROTECCIÓN CIVIL. Puebla : UTH.*

Vicente, J. L. (2011). *INTRODUCCION AL ANALISIS DE CLUSTER.* Salamanca: Universidad de Salamanca.

Clima organizacional e incidencia en desempeño laboral para Instituto de Educación Superior, Municipio de Tepetlixpa.

J.L. Marín Villanueva[1], G. Pérez González[2],* M.D. Coria Lorenzo[2], *A. E. Márquez Ortega[2]*,
[1]Universidad Politécnica de Atlautla, Zona Conurbana, Ozumba de Alzate, México,
[2]Departamento de Licenciatura en Gestión Empresarial.
[2]Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán. C. Primavera S/N, Col. Santa María Nativitas Chimalhuacán, Estado de México,
[2]Subdirección de Posgrado
[*]guille_929500@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
Este trabajo se realizó bajo la apreciación de un clima organizacional inadecuado que merma el nivel de rendimiento del personal en su puesto de trabajo; con esta perspectiva se formuló el siguiente objetivo: evaluar la relación que existe entre clima organizacional y su incidencia en el desempeño laboral, a través de una correlación lineal entre estas variables. El resultado de Rho Sperman mostró una relación alta positiva entre las variables de 0.861 con un coeficiente Alfa Cronbach fiable de 0.846, el cual demuestra que hay una relación directa positiva buena entre estas variables de estudio y para el sistema organizacional en cuestión. Además, esto permitió encontrar áreas de oportunidad a trabajar para su mejora; se propone una matriz de Cambio Planificado en Desarrollo Organización (DO). Este estudio fue realizado para una Institución de Educación Superior del Municipio de Tepetlixpa, Estado de México.

***Palabras clave**: Correlación, clima, desempeño, productividad.*

Abstract

This work was carried out under the appreciation of an inadequate organizational climat, which does not allow to raise the level of perfomance of the personnel in their workplase; Under this perpestive. The following objetive was formulated: to evaluate the relations ship that exists betwen the variables of the organiztional climate and wwork perfomance, through a lineal correlation base don the increase in worker Productivity. The result shows that there is a correlation between the study variables, with an alpha coefficient of realiability of 0.80, with shows that there is a good positive direct relationsship in the incidence of these study variables. This allowed to develop the matrix of a planned change across the organizational development for the áreas of opportunity founded in this study that was accomplished out for a higher education system of the Municipality of Tepetlixpa State of México.

***Keywords:** Correlation, climate, performance, productivity.*

Introducción

Hoy en día el clima organizacional, es un factor importante que incide en el desempeño laboral de la organización cualquiera que ésta sea, por ello es necesario enfatizar que el ambiente interno de operación de una institución tiene influencia evidentemente por la calidad de sus relaciones en el contexto del cual envía y recibe información para la toma decisiones la renovación o cambio de los procesos administrativos para la mejora.

Sin embargo es necesario resaltar que el clima laboral puede reflejar facilidades o dificultades con las cuáles tiene que lidiar el trabajador en su espacio laboral y esto conlleva aumentar o disminuir su desempeño en la productividad; constituyendo uno de los factores determinantes para el logro de las metas y objetivos establecidos por la institución; no obstante el sistema académico en cuestión ha manifestado que el desempeño de sus trabajadores no es el deseado para el cumplimiento de los objetivos.

Los estudiosos mencionan que es de gran importancia que los colaboradores de una organización mantengan un buen clima laboral. Por ello, para éste estudio se trabajó con varios indicadores; para medir entre los involucrados el clima institucional de la Universidad Intercultural del Estado de México Plantel Tepetlixp a UIEM-PT, con la finalidad de conocer el desarrollo de sus actividades productivas y el ¿Por qué el clima laboral ha mermado la productividad?. También es necesario indicar que si una organización adolece de estrategias para que el sistema fluya correctamente; entonces la solidaridad o empatía entre las relaciones interpersonales de los trabajadores limita la pro actives dentro de la institución.

Es menester mencionar, que la iniciativa para mejorar el método de trabajo dentro de una organización; debe proceder desde el sistema de la directriz de la organización para proponer cambios con ideas nuevas que permitan mantener el trabajo en constante renovación, con la finalidad de crear equipos o grupos de colaboradores, idóneos, proactivos y entusiastas que dirijan a la empresa hacia el alcance de los objetivos establecidos empoderando la proyección institucional; pero cuándo esto no se logra, todo indica que hay un problema en el sistema; al cuál es necesario darle solución.

El enunciado anterior conllevó a proceder la búsqueda de un indicador que llevará a detectar la razón que limita el alcance deseado y bajo esta perspectiva se decidió inmediatamente hacer un escrutinio de las posibles causas que aquejan a la organización, utilizando tres dimensiones o indicadores que permitieran determinar las causas que limitan los objetivos institucionales. Entonces se utilizaron dimensiones para determinar la calidad del clima laboral dentro de la institución tal como: el (involucramiento, comunicación y condiciones de trabajo) y para el desempeño laboral; se utilizaron las dimensiones (motivación, relaciones interpersonales y productividad) respectivamente.

Así mismo se conoció la existencia de diversos factores que intervienen en un clima laboral, los cuáles pueden ser hasta cierto punto influenciables de manera positiva o negativa en el rendimiento del desempeño laboral: tal es el caso de los factores positivos que pueden ser: la motivación, el sentido de pertenencia hacia la institución y responsabilidad, entre otros que pueden determinar la armonía entre los involucrados; no obstante los factores negativos que influyen en la baja actividad laboral son: la no motivación del empleado, la incertidumbre que provoca la mala comunicación, el no querer salir de la zona de confort, la falta de infraestructura adecuada que permita el buen hacer de las actividades en tiempo y forma, la constante no erradicada idiosincrasia burocrática, etc., estos elementos merman un buen clima organizacional, a su vez estos inciden en el desempeño de las actividades de trabajo de los involucrados. Se dice entonces que al final del día; los factores positivos del clima laboral deben ser mayores ante los factores negativos para determinar una eficiencia importante en el desempeño de los trabajadores dando como resultado la eficacia en las actividades planeadas.

Metodología Utilizada

Materiales

Las teoría que fundamentaron éste trabajo, tal como George H. Litwin, R. A. [2014] que definen al desempeño laboral como una competencia o capacidad que posee el trabajador para responder exitosamente a una demanda compleja de actividades o tareas de acuerdo a los criterios de desempeño definidos por cada una de las organizaciones o en su caso por cada sector productivo. No obstante, estas competencias abarcan: ciertos conocimientos (saber), actitudes, (saber ser) y habilidades (saber hacer) de cada uno de los individuos que conforman a la organización exitosa.

No olvidar los autores clásicos de la administración que define las habilidades del trabajador; como el conjunto sinérgico de conocimientos, experiencias, sentimientos, actitudes, motivaciones, características personales y valores, basado en la idoneidad demostrada, asociada a un desempeño superior del trabajador y de la entidad, en correspondencia con las exigencias técnicas, productivas y de servicios. En el requerimiento esencial que esas destrezas sean observables, medibles y que contribuyan al logro de los objetivos de una entidad. Ángeles [2010].

Por lo anterior este estudio también fundamentó la falta de una estrategia colaborativa que fomente las buenas prácticas en la relación entre el clima organizacional y el buen desempeño laboral de la plantilla

de trabajadores cuya finalidad es la razón de toda empresa o institución; que no es otra cosa que el incremento de la productividad.

Al evaluar la relación que existe entre las variables del clima organizacional y el desempeño laboral, a través de una correlación lineal en función del incremento de la productividad de los trabajadores en un sistema organizacional académico permitió justificar; la descripción del cómo los trabajadores perciben e identifican el nivel del clima organizacional en función de su desempeño laboral. En este tenor se trabajó con un curso de sensibilización para los altos mandos; la finalidad comprometer las funciones y logros entre todos los empleados para con la empresa; eliminando los obstáculos que impide al empleado a efectuar sus actividades, así como mejorar la comunicación interpersonal entre empleado y jefe. Es importante señalar que un adecuado desempeño laboral de los trabajadores depende básicamente de un apropiado clima organizacional, añadiendo a ello los conocimientos o experiencia necesaria para el puesto que desempeña, es decir, tener a la persona correcta en el puesto correcto; que el perfil del puestos sea para la persona calificada para el puesto, sin olvidar el giro de la empresa y el rol asignado.

Kurt Lewin menciona que el “Clima laboral es una cualidad relativamente duradera del ambiente que es experimentado por sus habitantes, influyendo en su conducta y puede ser descrito en términos de valores de un conjunto particular de características o atributos del ambiente”. Así también, Chiavenato [2014], menciona que el clima organizacional es un estado de adaptación, el cual se refiere, no sólo, a la satisfacción de las necesidades fisiológicas y de seguridad, sino también a la necesidad de pertenecer a un grupo social que satisfaga la necesidad de autoestima y de autorrealización.

Es importante mencionar que la percepción de cada trabajador es distinta y por ende ésta determina su comportamiento dentro de la organización, por lo que el clima organizacional varía de una organización a otra; entonces se puede definir al clima laboral como las percepciones compartidas que tienen los miembros de una empresa acerca de los procesos organizacionales, en políticas, estilo de liderazgo, en relaciones interpersonales, así como la remuneración, entre otros puntos. Vega, [2007].

Lencioni [2002], considera que el ambiente laboral se refiere a los miembros de una organización que describen su entorno o ambiente de trabajo, a partir de un conjunto de dimensiones relacionadas con el individuo, el grupo o la propia empresa. Por esta razón, se incluyeron diferentes aspectos situacionales en diversos grados que menciona el autor; como el comportamiento y desempeño del trabajador lo determina el tipo de organización, la tecnología, las políticas institucionales, o metas operacionales, reglamentos internos (factores estructurales); conformando actitud dentro del, sistema, creando sus propios valores y/o comportamiento social que pueden ser aplaudibles o sancionados (factores sociales).

De la misma manera el desempeño de los trabajadores según Wade, M. [2014] , constituye uno de los factores determinantes para el logro de las metas y objetivos establecidos que son de gran importancia para las organizaciones; por ello, es necesario que los empleados mantengan una relación entre sus actividades y sus saberes que poseen y más aún en el cargo que ejercen para mantener las relaciones interpersonales para mejorar el rendimiento. Uno de esos factores es el balance de vida y trabajo, donde según estudios del IMD de Suiza, los ejecutivos en buen estado mental, físico y emocional tienen un desempeño superior, toman mejores decisiones y saben transmitir ideas a sus equipos.

El desempeño laboral se define como el desenvolvimiento de cada individuo que cumple su jornada de trabajo dentro de una organización, el cual debe estar ajustado a las exigencias y requerimientos de la empresa, de tal manera que sea eficiente, eficaz y efectivo, en el cumplimiento de las funciones que se le asignen para el alcance de los objetivos propuestos consecuente al éxito de la organización.

Dentro de este tema, la evaluación de desempeño encierra un sinnúmero de complejidades; Coexphal [2012], define “la evaluación del desempeño como un proceso sistemático y periódico que sirve para estimar cuantitativa y cualitativamente el grado de eficacia y eficiencia de las personas”. Su principal objetivo es determinar si los empleados están haciendo correctamente su labor. La evaluación puede aportar información sobre la necesidad de mejora del colaborador a nivel: conocimiento o habilidad.

Por ello, es importante que el rendimiento y desempeño de los empleados de una organización tenga que ver con el conocimiento, destrezas, motivación, liderazgo, sentido de pertenencia y el reconocimiento sobre el trabajo realizado que permita contribuir con las metas institucionales. Cada organización es única y todo grupo humano desarrolla ciertas características especiales, de tal forma que la calidad de vida laboral de una institución está mediada por el ambiente y su entorno. Evaluar el desempeño laboral de un trabajador es fundamental en toda empresa, ya que permite afinar ciertos aspectos en los que los empleados o la institución pueden estar fallando; y así tomar medidas de mejora correctiva.

Se debe resaltar que el nivel de motivación en los empleados, depende también de la persona y sus características tal como; cualidades, expectativas, situación personal, economía y familia, qué están en constante cambio y mutación, por ello, es importante que la administración conozca esa individualidad y diversidad, para que así sus planes de acción estén alineados con lo que realmente es significativo para los colaboradores, la percepción del entorno laboral varía especialmente dependiendo del cargo o jerarquía (empleados, administrativos, directivos, etc.,). Jaén [2010]. Por consiguiente la motivación puede traducirse en una necesidad o impulso que se presenta o activa en cada persona, o bien, es la combinación de los factores del entorno laboral que originan esfuerzos positivos o negativos, en el que el colaborador sabe lo que le motiva.

En cuanto a la comunicación Barceruelo [2016], dice la organización, debe ir más allá de proveer herramientas para el manejo de información, ésta debe convertirse en una filosofía organizacional. La comunicación cumple cuatro funciones básicas: a) controlar la conducta de los miembros, b) motivar a los colaboradores para que realicen de manera eficiente su trabajo, c) expresar emociones, pues durante la interacción de los trabajadores, estos manifiestan sus logros, alegrías, satisfacciones, frustraciones, etc., y d) facilitar decisiones y con estos cuatro puntos se realiza la transmisión de información que proporciona datos importantes sobre lo que se viene haciendo, a partir de los cuales se pueden corregir o mejorar procesos en las empresas.

Por todo lo anterior es importante resaltar que la productividad se considera el efecto (y no causa) de la administración de varios recursos, por lo que, la productividad es la relación medible que existe entre el producto obtenido (resultado o salida) y los recursos empleados para su producción del mismo. Aunado que el clima y el desempeño sean adjetivos calificativos intangibles del efecto antes referido y/o del incremento de la producción. En tanto los elementos empleados como el ambiente o clima laboral y su incidencia en el desempeño traen como resultado un incremento en la suma de la productividad convencional deseada. Por consiguiente se considera que la productividad es el nivel de análisis más elevado por el buen comportamiento en la realización de las actividades organizacional es. Una empresa es altamente productiva si logra sus metas al transformar insumos en productos con una plantilla laboral constante a largo plazo.

Con respecto al factor humano las habilidades y destrezas de los colaboradores dispuestos a lograr la empatía entre la emoción principal (ambiente) que demuestra el empleado con el primer contacto con el cliente que es la amabilidad que se otorga al menor costo posible (dar servicio óptimo al usuario), incide en el buen desempeño. Se dice entonces que la productividad requiere de sensibilidad emocional del factor humano como un elemento clave para el logro de los objetivos organizacionales en su desempeño.

Ahora bien, el resultado de las dimensiones respecto a la incidencia entre las variables de estudio permitió dar respuesta a la relación que existe entre clima laboral e incidencia en el desempeño laboral además se logró conocer otras áreas de oportunidad que se deben trabajar en la institución para la mejora en beneficio de los usuarios. Cuándo se encontró que los factores existentes para generar un buen clima organizacional son limitados y poco contribuyen al buen desenvolvimiento de los trabajadores en sus actividades productivas de servicio a los usuarios, se propuso un cambio planificado enfocado en el Desarrollo Organizacional (DO) de la Institución.

Para concluir este apartado es importante resaltar, que el estudio arrojo diferentes áreas de oportunidad para mejorarlas y por esta razón es la recomendación relevante que tiene que implementar el sistema educativo en mención para lograr un cambio planificado y además sea positivo para la institución, se recomienda un modelo estrategias de desarrollo organizacional, implantado un conjunto de estrategias

administrativas, sistematizadas para realizar un cambio planeado, en perspectiva de modificar una cultura organizacional, el cambio se puede dar por, los comportamientos, creencias y valores que tengan como finalidad convencer e involucrar al factor humano a laborar en equipos de trabajo comprometidos en la transformación del organismo, acorde a las necesidades del entorno externo e interno, así como su impacto en procesos de evaluación, que coadyuve al éxito de los objetivos establecidos.

Instrumentos de investigación utilizados

Lo métodos utilizados permitieron comprender los elementos que componen el clima y su incidencia en el desempeño laboral en el sistema organizacional académico en cuestión; de tal manera que se recapituló información de la primera reunión (planificada para este estudio), a través de la lluvia de ideas; se analizaron cualitativamente estos enunciados expuestos por los involucrados de la institución (con la minuta de la reunión), se tomó la decisión de implementar en la planeación las estrategias de trabajo para identificar los indicadores que determinarán la indicación de la correlación de las variables; así como las causas que han ocasionado el decremento de la productividad; esto fue con la finalidad de proponer herramientas y/o estrategias que permitieran dar respuesta al objeto de estudio.

La aplicación de la encuesta se realizó desde el interior de la organización; involucrando para la evaluación del clima organizacional y su relación con el desempeño laboral; así como las entrevistas y la observación directa dónde se logró aplicar medidas correctivas (se solucionó con la entrega de algunos materiales escasos; se corrigió con el apoyo del departamento de recursos materiales los espacios poco luminosos e incomodos). Pero de forma indirecta en los diferentes niveles del sistema; no fue posible corregir algunas formas no deseadas de conducta laboral; por esta razón se desarrolló el trabajo aquí presentado.

Los instrumentos de investigación como ya se mencionó, fueron: las reuniones de grupos de trabajo de todas las jerarquías; desde altos y medios mandos, hasta operativos, que se presentaron a la entrevista y la encuesta que se aplicó a una muestra de 40 trabajadores de la UIP-T, a través de un cuestionario con 49 items, con preguntas inducidas predeterminadas y/o el llamado cuestionario cerrado; demostraron las dimensiones de los indicadores (involucramiento, comunicación y condiciones de trabajo) , así como las dimensiones de (motivación, relaciones interpersonales y productividad) que permitieron medir el clima organizacional y su incidencia en el desempeño; en función del incremento de la productividad con plantilla de trabajadores de la (UIP-T). Así mismo, se hace mención que el análisis de la base de datos se llevó a cabo con el programa de SPSS ver. 23, esto fue con la intención de demostrar la fiabilidad del estudio.

Es importante mencionar que se llevó a cabo una investigación mixta (cualitativa descriptiva y cuantitativa) con la finalidad de detectar áreas de oportunidad y a su vez proponer alternativas de trabajo en la institución, demostrando que la utilización de este enfoque es significativo, ya que se procuró obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar alternancias para el bien hacer en la institución. Ahora bien, se trabajó con el conocimiento de los procesos administrativos de forma sistemática e intensiva, utilizando las fases del método científico, a través de sus vertientes, deductivo e inductivo para el análisis de los procesos del clima organizacional y desempeño laboral de los trabajadores en este tipo de sistema organizacional. Por otra parte, el método cuantitativo permitió indagar resultados válidos con una serie de datos rescatados, por medio del instrumento de trabajo (cuestionario e ítems) para la realización de una encuesta y lograr medir la correlación entre las dos variables en cuestión; que responden al objeto de estudio; de esta decisión dependió la forma de trabajo, la adquisición de la información, los análisis que se practicaron y por consiguiente el tipo de resultado obtenido.

Según, R. Hernández Sampieri [2010], dice que la investigación mixta consiste en un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de exploración que implica correlacionar el análisis de los datos cualitativos y cuantitativos para su integración, discusión conjunta al realizar inferencias de toda información obtenida para el logro de un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. Así también, el enfoque cualitativo estudia la realidad en su contexto natural, obteniendo e interpretando fenómenos de acuerdo con las personas implicadas; en este sentido es la investigación que produce datos descriptivos, basándose en métodos de recolección de éstos, sin medición numérica.

 ISSN 2007-8102

Así mismo, en la presente investigación se consideraron cuatro tipos de enfoques cualitativos: Paz [2004].

- ✓ El enfoque etnográfico; el cual estudia descriptivamente las culturas (tradiciones, valores, roles y normas), que explica la conducta individual o de grupo en forma adecuada.
- ✓ Enfoque fenomenológico; permitió identificar la esencia de las experiencias humanas en torno a un fenómeno y de acuerdo a la descripción de los participantes, por lo que se pudo estudiar todo tipo de emociones, experiencias, razonamientos o percepciones.
- ✓ Enfoque hermenéutico; plantea las condiciones en las que se produce la compresión de un fenómeno, a través de la interpretación, por lo que su lenguaje se basa sobre todo lo conocido y al alcance del conocimiento, lo cual se logró en este estudio.
- ✓ Enfoque de corte transversal; consistió en recoger y analizar datos en un momento determinado, permitiendo obtener más datos descriptivos que experimentales, por consiguiente, esto ayudó a describir cómo ha afectado alguna de las variables en estudio en un determinado momento.

Resultado y discusión

El resultado demostró la relación que existe entre las variables del clima organizacional y el desempeño laboral, por medio de una correlación lineal, esto permitió la pauta para conocer las áreas de oportunidad encontradas en la correlación lineal de las variables; derivado del objeto de estudio al buscar conocer el porqué de la baja productividad y por ende; él no cumplimiento de los objetivos de la institución: La búsqueda constantes del incremento productivo por los trabajadores de la UIEM-PT. Para verificar la veracidad del estudio en general se asociaron las variables clima organizacional y desempeño laboral.

Los resultados de la investigación y el análisis estadístico dio la respuesta a esta asociación, a través de la encuesta, por lo que se utilizaron las técnicas de procesamiento y análisis de datos (validez y confiablidad), con el programa SPSS v.23, para medir la correlación que existe entre estas dos variables, se utilizó el coeficiente de relación de Rho Sperman, el que se observa que existe una asociación e interdependencia de las dos variables de buena positiva de 0.861, y una fiabilidad alta buena, Alfa Crombach de 0.846 donde se demuestra que existe una relación directa; positiva buena; Esto indica que a medida que se incrementa la relación entre clima laboral esta incide en el desempeño; mostrando un mismo sentido al crecer la dependencia de ambas variables.

La información se presenta en la figura número 1, identificando la correlación que existe entre la variable (clima organizacional y desempeño laboral) para el incremento de la productividad de los trabajadores.

Correlación		Clima organizacional	Desempeño laboral
Rho de Sperman	Coeficiente de correlación	1.000	.861
	Sig. (bilateral)		.000
Clima organizacional	N	40	40
Desempeño laboral	Coeficiente de correlación	.861	1.000
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	40	40

Estadística de fiabilidad	
Alfa Crombach	*N. elementos*
.846	40

Figura No. 1. Fuente propia, Correlación entre las variables clima organizacional y desempeño laboral, instrumento de fiabilidad de Alfa Crombach

Los resultados de la prueba de hipótesis realizada mediante el coeficiente de correlación Rho de Spearman (figura No.1) revela que el clima organizacional repercute directamente en el desempeño laboral de ésta institución académica en su sistema organizacional durante el año 2017-2018, por lo que se concluye que ambas variables son dependientes una de la otra para la determinación del incremento de la productividad.

Trabajo Futuro

Cabe mencionar la importancia de la implementación de la propuesta matricial para este trabajo, la finalidad es efectuar la relación entre los resultados obtenidos en función de lo esperado en esta investigación, Ahora el propósito será contrarrestar las áreas de oportunidad encontradas para evitar la continua deficiencia en la productividad, lo que ha orillado a no alcanzar los objetivos planeados de la institución.

Se propone una "Matriz de trabajo, con elementos de un "Cambio Planificado en Desarrollo Organizacional para la UIEMPT", en función de las áreas de oportunidad encontradas en la evaluación cuantitativa, entre clima laboral e incidencia en el desempeño productivo de la organización. Como se puede ver en la figura número 2.

Este trabajo sólo marca algunos de los puntos propuestos y plasmados en una matriz de trabajo, que se recomienda a la institución poner en marcha para corregir las áreas de oportunidad encontradas. En este sentido se debe considerar: la aplicación de programas experimentales de mejora en clima laboral para que se amplíe el análisis realizado en este estudio; en los ámbitos de influencia o participación de una comunicación asertiva, mejores condiciones de trabajo, para lograr altos niveles de satisfacción del personal y su comportamiento que fue objeto de estudio para este trabajo y el efecto que estos tienen. Así mismo, es ineludible trabajar en el fortalecimiento del respeto, reconocimiento, mejorar instalaciones entre otros puntos muy importantes; con la finalidad de lograr el alto desempeño deseado a fin de fortalecer las relaciones laborales en la institución.

Para finalizar es importante mencionar que la directriz institucional debe establecer una política organizacional por departamentalización por medio de estímulos y reconocimientos hacia los trabajadores; motivarlos e incentivarlos para que se esfuercen en optimizar el desarrollo de sus actividades de manera eficiente, así como: idear estrategias que permitan a los empleados mejorar su desempeño en función de la productividad.

Variable	Dimensión	Estrategia	Objetivo	Actividad	Responsable	Tiempo y espacio	Recursos
Desempeño Laboral	Motivación Laboral	Fomentar en los equipos de trabajo una metodología dinámica basada en la ejecución de tareas eficientes, menos agobiante y enriquecedora para cada uno de los trabajadores (…)	Dotar a participantes de competencias que estén a la vanguardia de la intervención comunicacional, a fin de optimizar las actividades en los distintos espacios personales y laborales del trabajador (…)	Hacer reuniones de trabajo con los involucrados para que expongan sus ideas acerca de cómo se hacen hoy su trabajo y como les agradaría mejorar para el futuro de forma continua (…)	Depto. De Personal y Líderes de equipos de Trabajo	Sala de reuniones, También en los Dptos. de trabajo y áreas operación	Formulario de seguimiento de tareas

Fuente propia. Figura No 2. Se muestra sólo una parte de la Matriz de estrategias para la mejora del clima organizacional En el sistema académico universitario del Municipio de Tepetlixpa, Estado de México.

Conclusiones

Los resultados demostraron que un clima organizacional inadecuado es un impedimento para incrementar el rendimiento de los empleados en su área de trabajo y por tanto tiene un gran impacto en la productividad. Esto se logró ver, a través de los resultados obtenidos con el Rho Sperman, en la relación alta positiva de .861, entre las variables de clima organizacional y su incidencia en el desempeño laboral de los trabajadores de la Universidad Intercultural del Estado de México, Plantel Tepetlixpa (UIEM-PT).

Para finalizar es necesario enunciar que aun con un resultado del Alfa Cronbach Positivo alto, se encuentran varias áreas de oportunidad que se deben trabajar para su mejora, así también , se hace énfasis; en decir que el clima laboral afecta directamente al desempeño de los trabajadores en la UIEM-PT, por el resultado de un Rho Sperman alto positivo; reflejándose mediante los siguientes factores caracterizados en la personalidad de la institución y de los involucrados tal como: actitud, valores,

motivación, confianza, estructura, comunicación, roles, normas, políticas, reconocimiento, capacitación, promoción y ascenso en los puestos o equipos de trabajo, sin olvidar la interrelación personal entre el papel que cada trabajador desempeña, así como, avances en: tecnología, instalaciones dotadas con lo necesario para realizar un trabajo digno, herramientas idóneas de trabajo, mobiliario y condiciones óptimas de iluminación, ventilación y por último; se deba dar el cuidado pertinente a las variables exógenas que pueden remediarse con sencillas propuestas de hacer lo que corresponde en cada departamento; ya que están predeterminadas las relaciones y tareas por ser una institución Estatal, en sus actividades diarias se debe trabajar con las variables externas tal como el exceso de ruido de los usuarios y la delimitación de espacios; entre otros puntos.

Referencias Bibliográfica

1. Barceruelo, Benito. *(2016). Comunicación empresarial. Diseño: Anna Pi de la Serra Bori.* Madrid: Equipo de estudio de comunicación, (2016). ISBN: 978-84-617-7387-9.
2. Coexphal. *(2012). Empleo, [*En línea] 24 de septiembre de 2012. [Citado el: abril de 29 de 2015.] Http://www.coexphal.es/pdf/ euro-empleo/anexo, pdf. Formación por competencias laborales.
3. Ángeles, William Tamayo. (2010), Perú.
4. Jaén, M.A. *(2010). Predicción del rendimiento laboral a partir de indicadores de motivación personal y percepción de factores psicosociales.* Memoria para optar el grado de Doctor*,* Universidad Complutense. Madrid, España: s.n., (2010).
5. Lencioni, Patrick. *(2002). Como motivar y comprometer a los empleados.* s.l: Jossey Bass, 2002, ISBN-13:978- 0787960759*.* Motivación*: Perspectivas teóricas y algunas consideraciones de su importancia en el ámbito educativo.*
6. Naranjo, P. *(2009). 33, Educación, Vol. 2. OCDE. 2012. La organización para la cooperación y el desarrollo económico.* París, Francia: s.n., 2012*.*
7. Paz, Baena Guillermina, *(2004). Metodología de la Investigación. [*ed.] S.A. de C.V. Grupo patria y cultura. sexta reimpresión. México: Publicaciones Cultural, 2004. ISBN 970-24-0265-*0.*
8. R. Hernández Sampierí, C. Fernández Collado, P. Baptista Lucio*. (2010). Metodología de la Investigación.* 5a. México, Antes Distrito Federal: McGraw-Hill, 2010. ISBN: 978-60715- 0291-9*.*
9. Vega, María Margarita Chiang. (*2007). Relación del clima organizacional y la satisfacción laboral con los resultados, en grupos de docentes de instituciones de educación superior.* Septiembre-diciembre. s.l.: Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y empresariales, (72), (2007). ISSN: 02 12-7377.
10. Wade, M. *(2014). Are you a complete executive. [*En línea] 2014. [Citado el: 18 de julio [2019.] Angeles, W. T. (2010). Formación por competencias laborales. Perú.
11. Chiavenato, I*. (2009). Comportamiento organizacional, La dinámica del éxito en las organizaciones* (Segunda ed.). México: Mc Graw Hill.
12. Chiavenato, I. *(2010). Administración de Recursos Humanos* (5ta ed.). Colombia: MacGraw-Hill.
13. Gamba, J. (2015). *La motivación y su relación con la productividad*. Queretaro*.*

Movittla una herramienta de innovación tecnológica para la asistencia de geolocalización dentro del ITTLA

J. A. Navarrete Prieto[1], H. Díaz Rincón[1], I. G. Laguna López de Nava[1], R. Olivares Gurrola[1], C. González Estrada[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Departamento de Sistemas y Computación, Cuerpo Académico Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación

**c_computo_sie@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Realizar una herramienta de innovación tecnológica que incluya el mapa interno del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla (ITTLA) conteniendo imágenes de los edificios del Instituto permitiendo la consulta de ubicación del usuario en tiempo real, para que de esta forma todo tipo de visitantes docentes, estudiantes, aspirantes, egresados, proveedores y personas externas a la institución la utilicen para localizar las áreas de la institución. Para su creación se utilizó la metodología del Desing Thinking con la cual se establecieron las características de la misma a partir de las necesidades y expectativas de los usuarios además se determinaron las posibilidades tecnológicas comunes en los usuarios para la inclusión de la geolocalización. De esta manera como parte de las pruebas se ha utilizado en eventos internos y actualmente es utilizada solo por personal que pertenece al Instituto y algunos familiares del personal del Instituto, hasta su liberación e integración en la playstore.

***Palabras clave**: aplicación móvil, innovación, tecnología, geolocalización*

Abstract

To create a technological innovation tool that includes the internal map of the Technological Institute of Tlalnepantla (ITTLA) containing images of the buildings of the Institute allowing the consultation of the location of the user in real time, so that in this way all types of visitors, teachers, students, aspirants, graduates, suppliers and people external to the institution use it to locate the areas of the institution. In order to create it, the Design Thinking methodology was used to establish its characteristics based on the needs and expectations of the users. In addition, the common technological possibilities of the users for the inclusion of geolocation were determined. In this way, as part of the tests, it has been used in internal events and is currently only used by personnel who belong to the Institute and some relatives of the Institute's personnel, until its release and integration in the playstore.

***Key words**: mobile application, innovation, technology, geolocation*

Introducción

Considerando lo que indica Yeeply [2019] que “la inclusión de la geolocalización en el desarrollo de aplicaciones móviles ha permitido que determinadas apps aumenten su uso y que ganen usuarios. Es sin duda una funcionalidad en auge, sobre todo desde que aplicaciones móviles muy conocidas como Foursquare, Google Maps o Facebook las incorporaran” y para Gúzman [2019] quién menciona que “analizando el impacto que han tenido las tecnologías, son pocas las nuevas tecnologías que han tenido un impacto tan fuerte en nuestras vidas en los últimos años como la geolocalización, donde está ya forma parte de nuestro día a día y se utiliza casi de manera automática, ya sea para consultar una dirección en el smartphone hasta solicitar un servicio de taxi, por lo que es evidente que las aplicaciones de esta tecnología pueden llegar a ser infinitas”.

Además, de ubicar como parte de la problemática los datos iniciales del año 2017 como son el número de estudiantes de nuevo ingreso que fue de 1425, quienes al llegar a la institución desconocen los edificios y las áreas, pero la mayoría cuenta con un dispositivo móvil con sistema operativo Android que va desde la 4.1 hasta la 8.1. Por consiguiente, en 2018 se tuvo un total de 1409 y así para cada semestre de ingreso, y que por parte de la Institución el Departamento de Desarrollo Académico dentro del curso de Inducción les muestra a los estudiantes que asisten la mayoría de las áreas de la Institución a través de un recorrido en forma manual el cual

 ISSN 2007-8102

incluye también a los padres de familia, utilizando para este aproximadamente 15 estudiantes de servicio social apoyados por el personal administrativo (6) del área. Al observar este proceso se detectó que no asistían el 100% y cuando se inicia el período escolar provoca retrasos en las entradas a clase, otro punto que se obtuvo es que tardan de 2 a 5 días en familiarizarse solo los edificios principales a los que acuden pero no conocen todo el campus, en el caso de las personas que visitan el ITTLA estas realizan preguntas a cualquier persona que encuentren para que les indiquen como llegar a un determinado edificio, esto ocurre a menudo cuando se presentan exámenes profesionales.

Por otra parte, se considera lo que muestra el 14° Estudio sobre los Hábitos de los Usuarios de Internet en México 2019 emitido en julio 31 de 2019 por la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), el cual indica que 68% utilizan mapas y que utilizan la búsqueda de mapas varias veces a la semana un 35% para la búsqueda de información, como lo muestra la figura 1.

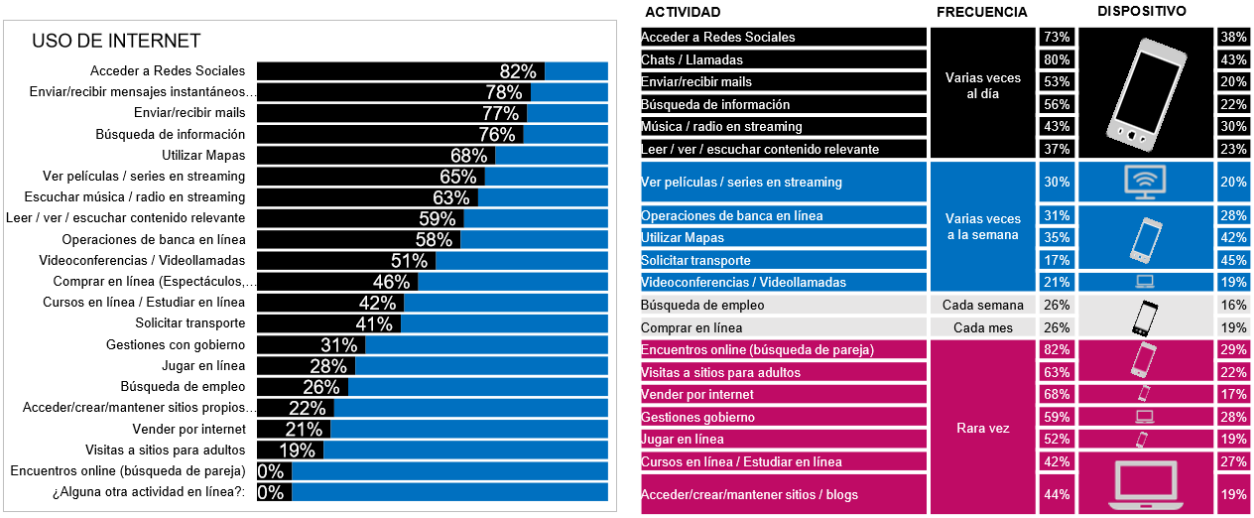


Figura 1. Estadístico del Uso de Internet tomado de la Asociación Mexicana de Internet, 2019

Y de acuerdo con lo que CONACYT [2016] indica que está demostrado que existe una relación positiva entre la generación y explotación del conocimiento y el desarrollo económico de los países, por lo que en México existe un gran interés por desarrollar una mejor capacidad de innovar, es decir, de "generar nuevos productos, diseños, procesos, servicios, métodos u organizaciones o de incrementar valor a los existentes". Y con ello lograr ventajas competitivas en la economía, que le permita alcanzar un crecimiento económico sustentable, donde además define a la innovación tecnológica como la innovación que se distingue por una mejora o novedad en las características del desempeño de los productos o servicios, y su aplicabilidad en la práctica dependerá del grado en que dichas características y su grado de novedad sean un factor importante en las ventas de una empresa o industria concerniente (Manual de Oslo).

Mendoza y Valenzuela [2014], mencionan que el rol de la gestión tecnológica se refiere a la innovación, actividades de investigación para garantizar su práctica e impacto y Hernández y col., [2017], exponen que estas se orientan por las actividades de I+D, e innovación, con el dominio de conocimientos, habilidades mediante destrezas asociados a esos procesos que constituyen las capacidades tecnológicas; posibilitando las actividades involucradas en el desarrollo tecnológico, pero también todo lo que una organización hace en su cadena de valor. Por otro lado, Jones [2008], afirma que la innovación tecnológica está dada por el proceso organizacional para desarrollar nuevos bienes, servicios, sistemas de producción y operación, respondiendo a las necesidades de sus clientes.

De esta manera Tim Brown, actual CEO de IDEO, define el Design Thinking como "Una disciplina que usa la sensibilidad y métodos de los diseñadores para hacer coincidir las necesidades de las personas con lo que es tecnológicamente factible y con lo que una estrategia viable de negocios puede convertir en valor para el cliente, así como en una gran oportunidad para el mercado". Empresas como Apple, Google o Zara lo utilizan. Al ser un gran generador de innovación, se puede aplicar a cualquier campo. Desde el desarrollo de productos o servicios hasta la mejora de procesos o la definición de modelos de negocio. Su aplicabilidad tiene como límites nuestra propia imaginación. En otras palabras, el «design thinking» es una innovación centrada en la persona" [Brown, 2010].

Además Designthinkingespaña.com la considera como una metodología orientada a la generación de soluciones que se aplica a través de las fases de empatía, definición, ideación, prototipado y validación, a las que se puede volver de forma iterativa. Pero por las que siempre ha de pasarse al menos una vez. Además, se menciona que "el auge y popularidad actual del Design Thinking viene por su capacidad para generar en muy poco tiempo soluciones innovadoras. Ofrecer a emprendedores y Startups una metodología con la que avanzar y testar rápidamente sus hipótesis y crear una cultura creativa e innovadora dentro de las empresas y las aulas".
Por lo anterior se realiza una investigación documental de los tipos de aplicaciones existentes en la PlayStore y de Instituciones Educativas y dentro de la búsqueda el común denominador fue el que se utilizan mapas internos planos y solo permiten la ubicación mediante imágenes, no en tiempo real, los sitios visitados fueron el del Tecnológico de Monterrey, la Universidad Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, Universidades de España, además de otros Instituto Tecnológicos pertenecientes al Tecnológico Nacional de México, también se visitó sitios de centros comerciales y se localizó una aplicación en www.lamaquinista.com, que permite visualizar en imágenes de las tiendas del centro comercial. Con base en esto dentro de los resultados de la investigación documental no se localizó alguna para mapas internos de instituciones educativas.
Finalmente se solicita el apoyo del cuerpo Académico "Ciencia, Tecnología e Innovación", para realizar una herramienta que permita asistir en la localización de áreas dentro de la Institución. La idea de integrar una solución con el desarrollo de una aplicación móvil se sostiene con base en el estudio que se presenta del uso de smartphones y del bajo costo para el desarrollo y de la facilidad de obtener la aplicación para establecer un medio de comunicación ad hoc a el nuevo mercado de usuarios que visitan e integran el ITTLA, que asista en la localización de áreas dentro de la Institución en tiempo real.

Metodología

Como desarrollo del marco metodológico se utilizó la investigación cualitativa que permite relacionar al investigador y a las personas involucradas por medio de la entrevista y aplicando lo que Hernández y col., [2014] indican que los estudios descriptivos "buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis", por lo esto se aplica al obtener información acerca del fenómeno objeto de estudio, describiendo la situación e identificando sus diferentes elementos, analizando e interpretándolos, obteniendo resultado que se realizaron un total de 150 entrevistas siendo (30 a estudiantes de nuevo ingreso, 90 a estudiantes del ITTLA, 15 a docentes, 5 a personal administrativo, 5 a proveedores, 3 a visitantes), en donde se les preguntaba acerca del conocimiento de las áreas de la Institución dentro del cual se pudo detectar que un 35% no conocían todas las áreas de la Institución, 60% no conocían las letras de identificación de todos los edificios y un 5% no ubica por carreras los edificios de las Institución.
Aplicando la metodología del Desing Thinking se parte para la creación de la herramienta con lo que menciona Instituto de Economía Digital en su artículo denominado "Ejemplos de Design Thinking como metodología para fomentar la innovación", dentro del cual se indica que " **a partir de la pregunta "¿qué problema necesita resolver esa persona o grupo de personas?",** para darle paso a la etapa de OBSERVAR para identificar las necesidades del usuario, IDEAR para generar soluciones innovadoras que satisfacen esas necesidades e IMPLEMENTAR a partir de testar y validar la implementación de las mejores soluciones", para iniciar se va considerar lo que plasma DesingThinkingespaña.com en todas sus fases para aplicar la metodología, iniciando con la primer fase de **Empatizar** en la cual se observa con atención lo que realmente es importante para los usuarios al observar su contexto y también otros actores que interactúan con ellos y su realidad, para generar una solución creativa que permita diseñar una solución que incluya las características básicas que establecen los usuarios para la construcción del contenido base de la misma.
Al aplicar las entrevistas los usuarios visitantes y estudiantes de nuevo ingreso indican que no habían visto el mapa de la Institución, además de que tenían que buscar a una persona para que les indique como llegar a determinado lugar y que no todos conocían los edificios y áreas de la Institución, y por otra parte al observar se visualiza que se están creando nuevas áreas, y con respecto a los estudiantes que ya se encuentran en la Institución se detecta que aun y cuando están en el Instituto no conocen todas las áreas ya que cuando desean realizar un trámite no conocen el área a donde tienen que dirigirse y de forma directa el Departamento de Comunicación y Difusión solicito el apoyo para realizar una herramienta que le permita mostrar en la promoción de las carreras a la Institución con el objetivo de motivar a su inserción en la Institución, este indica que realizan entre 15 y 30 visitas durante el semestre.
Como resultado de las entrevistas realizadas y de la observación de los procesos de nuevo ingreso, titulaciones, visitas y eventos realizados se definió que se debe considerar una imagen representativa del mapa de navegación para satisfacer la necesidad y atender a la problemática de crear un mecanismo de una aplicación tecnológica

 ISSN 2007-8102

que permitirá a los visitantes, estudiantes y personal del mismo localizar cualquier lugar que se encuentre dentro del Instituto y que además servirá como un apoyo para la promoción de las carreras esto se confirma con la entrevista donde los actores participantes indican que sería importante considerarla como medio de comunicación dentro de los eventos y utilizarla cuando se asiste a las ferias de promoción para invitar a los usuarios a que conozcan el ITTLA.

Lo anterior se considera en la segunda etapa de **Definir** donde al continuar con lo que indica DesingThinkinespaña.com se utiliza la intuición para establecer un foco de acción concreto a partir considerar lo que El (usuario) desea/necesita (deseo/necesidad)" para generar soluciones estableciendo el marco de trabajo para la creación de la herramienta, así se establece como marcador a la mascota del ITTLA como figura representativa, además se expone los contenidos de la misma, se proporciona por parte de los usuarios responsables el mapa actual del Instituto y se asigna la responsabilidad de realizar los estudios de la plataforma tecnológica de desarrollo con base en los tiempos establecidos y se justifica la realización de la herramienta como un mecanismo de asistencia al usuario incluyendo el uso de las nuevas tecnologías en los servicios que proporciona el ITTLA.

En la fase **Idear**, de acuerdo a lo que indica DesignThinkingespaña.com es "empezar a crear soluciones para los problemas concretos encontrados, seleccionando y concretando de la información obtenida con base en las necesidades y deseos del usuario", por lo que se inicia con la primera maquetación la cual contiene solo el mapa inicial de las áreas del Instituto en el cual se muestran las áreas académicas y administrativas y al mostrar en reunión de grupo de usuarios estos solicitan si se le puede agregar áreas de recreación y de talleres que se establecen para las actividades complementarias, se integra esto en la aplicación y se realiza otra reunión con el grupo de usuarios para mostrar la propuesta y como resultado de la misma surge una nueva idea y necesidad de incluir enlaces para el sistema de inscripción y teléfonos de emergencia los cuales se utilizan para los eventos que se realizan en el ITTLA.

Para esta fase se consideró también lo que se indica Dinngo Laboratorio de Innovación S.L. para Design Thinking en donde menciona que este no es lineal y textualmente dice "En cualquier momento podrás ir hacia atrás o hacia delante si lo ves oportuno, saltando incluso a etapas no consecutivas. Comenzarás recolectando mucha información, generando una gran cantidad de contenido, que crecerá o disminuirá dependiendo de la fase en la que te encuentres".

Como consecuencia de realizar la fase lo que indica Dinngo se desarrolla una propuesta y al mostrarla se observan procesos de retardo al procesar las imágenes por lo que se tuvo que disminuir el tamaño para mejorar el tiempo de procesamiento, esto se logró a través de agregar botones y multimedia dentro de la API utilizando instrucciones dentro del ambiente de programación para configurar los botones y agregándolos a la aplicación, como se muestra en la figura 2. Además, se verifica la inclusión de funciones y procesos que se determinaron en las primeras fases y se incluyen en el diseño los colores institucionales, se establece como apuntador un lagarto para identificarse con la mascota de la Institución, se le cambia el nombre de mapittla a movittla y se incluye la geolocalización de forma interna para ubicar solo las áreas del ITTLA.

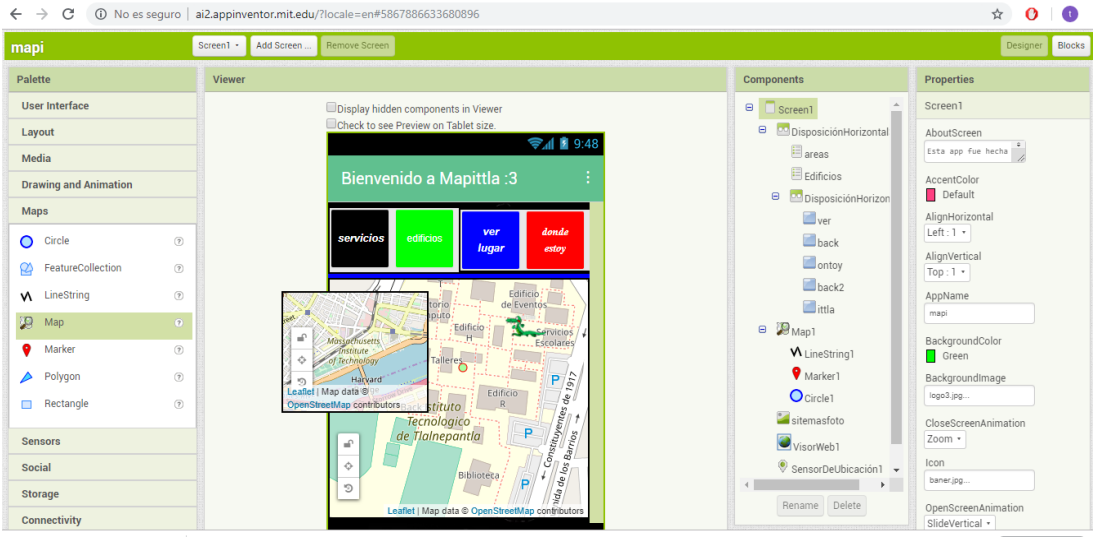


Figura 2. Diseño incluyendo geolocalización. Diseño Propio

 ISSN 2007-8102

En este punto se hace uso de la fase de **Validar** la cual consiste en “establecer un feedback de lo obtenido de los usuarios para determinar qué acciones se van a llevar a cabo para aproximar la solución con las necesidades y deseos de estos”, al realizarlo se obtienen las versiones beta a partir de la propuesta de diseño, realizando la programación de la misma a través del código que permite Appinventor 2 como se muestra en la figura 3, en donde se incluye el algoritmo de geolocalización.

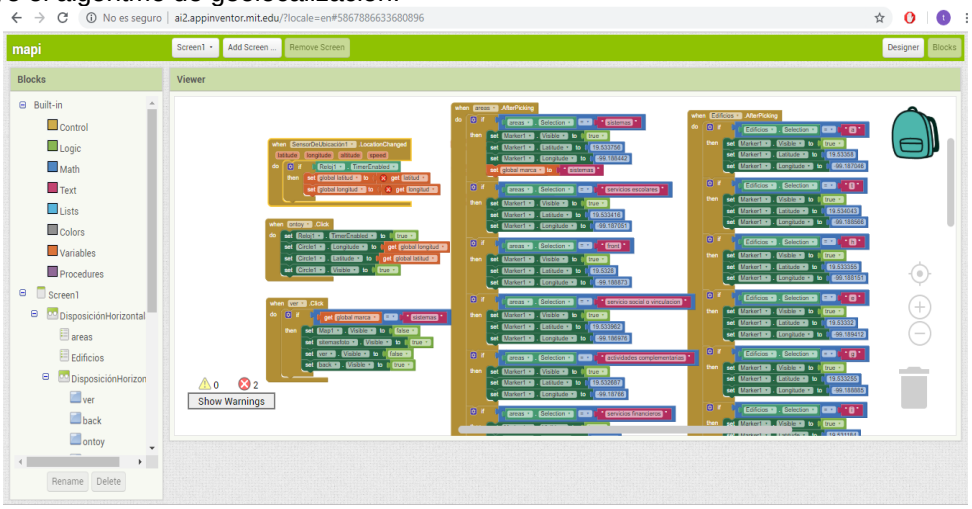


Figura 3. Algoritmo de Geolocalización generado por App Inventor 2. Diseño Propio

El feedback del usuario da lugar básicamente a tres escenarios posibles como son: **Pasar a producción:** El feedback ha sido muy satisfactorio y vamos a pasar a la fase de producción. El producto o servicio va a empezar a fabricarse. Y si se trata de una solución o proceso, dará comienzo su implementación. **Iterar:** Es la más habitual. Con la validación se aplica el feedback que nos ha mostrado qué es aquello que valora el usuario de nuestro prototipo. Y que no. Ahora debemos elegir sobre qué parte del volvemos a trabajar hasta una nueva validación. **Abandonar el proceso:** Por la cuestión que sea, no vamos a continuar con el diseño del producto o servicio. Una razón puede ser comprobar que no hay mercado para nuestro producto o servicio. Otra que las validaciones con el usuario nos muestran un feedback muy negativo. Sea cual sea el motivo, el proceso se interrumpe. Y dejamos de diseñar”

En la fase de **Prototipar** “Las ideas van a ser aterrizadas y a convertirse en tangibles. Para que de esa manera el usuario no solo imagine propuestas, sino que pueda tocarlas” por lo que se genera el prototipo y se realizan las pruebas de cada función de las aplicaciones en diferentes dispositivos para notar errores de lógica proceso y programación ya que existían en algunos casos diversas fallas que se fueron corrigiendo en cada prototipo subsecuente. Con esto se generaba una nueva alfa para pruebas en diversos dispositivos, como se muestra en la figura 4.

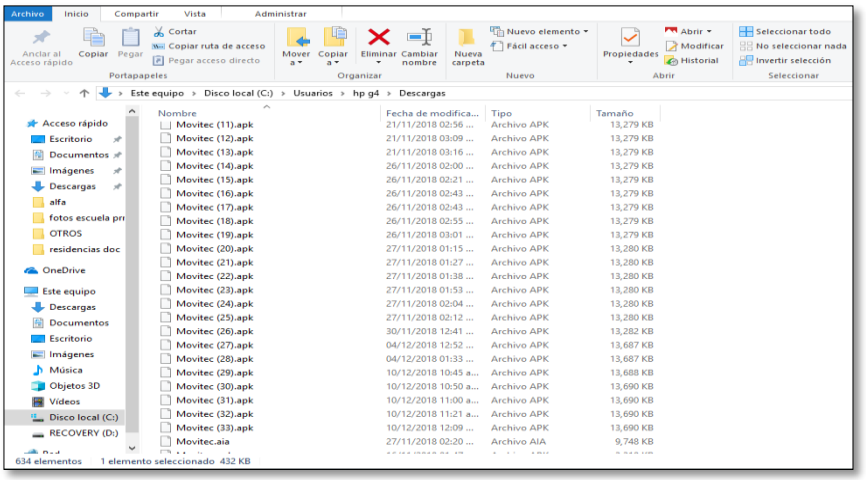


Figura 4. Generación de pruebas alfa para el prototipo. Diseño Propio

 ISSN 2007-8102

Nuevamente se realiza la fase de Validación para realizar las pruebas a la aplicación propuesta, obteniendo como resultado una aplicación móvil que se esta siendo utilizada por personal interno de la Institución, donde nuevamente han surgido nuevas necesidades como son el que se integre la realidad virtual a las imágenes para visualizar no solo fotos fijas de los edificios si no que se pueda mostrar un recorrido interno de cada edificio, esta propuesta se comenta en el grupo de usuarios y se les indica que se propondrá un proyecto para ello.

Resultados

La aplicación ha sido instalada en tabletas, smartphone con sistema operativo Android a un total de 50 usuarios durante el evento de Reunión de que se realizó en el ITTLA por parte del Departamento de Sistemas y Computación dentro de los cuales se detectó que la aplicación no corre en dispositivos marca Sony y que si se tiene instalado algún antivirus se tiene que solicitar el permiso al mismo para realizarlo, por lo demás se pudo instalar satisfactoriamente en equipos Motorola, Samsung, el contenido de la misma se muestra en la figura 5, donde los usuarios les agrado la vista e indicaron que se sugería debe estar en el portal de la Institución para su acceso.

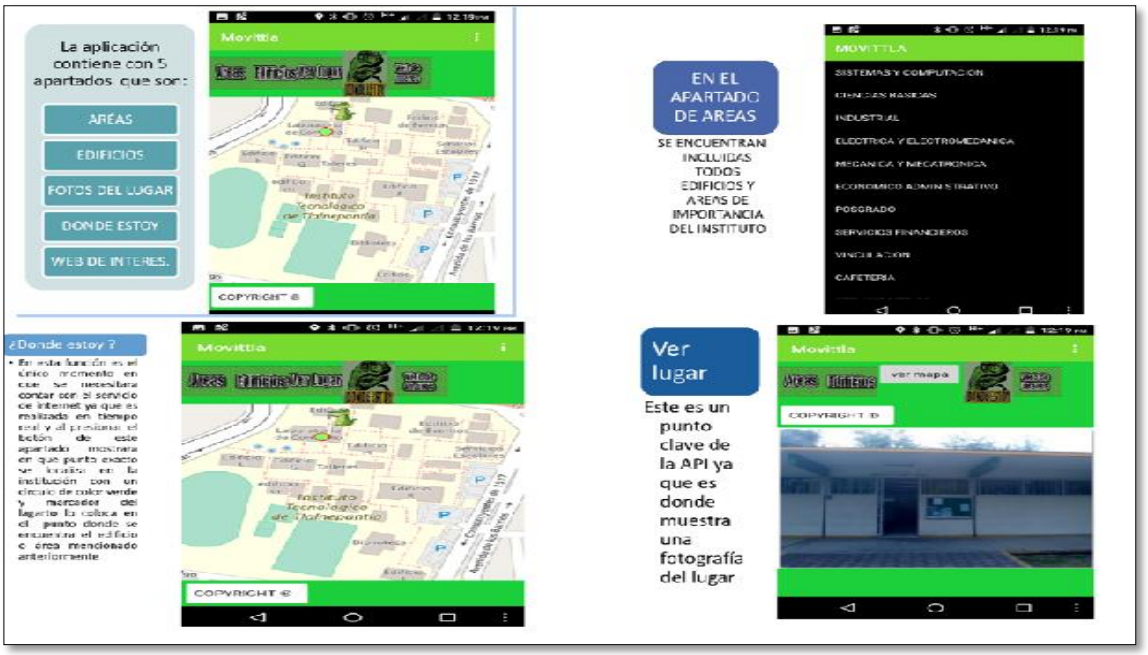


Figura 5. Contenido de la aplicación. Diseño Propio

Dentro de los requerimientos se logró conseguir que la aplicación muestre el mapa del instituto sin necesidad de carga masiva de datos móviles así como la colocación de los marcadores que identifican a los edificios **sin necesidad de datos móviles** en adición se logró la geolocalización en tiempo real del usuario dentro del instituto innovando en ese aspecto con relación a otras aplicaciones de similar uso, adicionando los sitios web de interés para personas dentro del instituto tales como el Sistema Integral de Información (SII) y la página de la institución ITTLA, con el complemento de los teléfonos de emergencia de Tlalnepantla de Baz, ver figura 6.

Al crear la herramienta de innovación se genera en los estudiantes un sentido de pertenencia al Instituto por parte de los usuarios, con respecto a los directivos solicitan que se mantenga actualizada con los nuevos cambios y por parte de las áreas usuarias surgieron nuevas necesidades de solicitud de mostrar la infraestructura a detalle. En la parte económica se disminuye el personal de apoyo a nuevo ingreso y se sustituye por la aplicación en lel proceso del recorrido a estudiantes de nuevo ingreso y finalmente con los estudiantes del ITTLA al preguntarles su opinión respecto al uso de la aplicación indican en un 90% que les resulto una experiencia agradable al utilizar una aplicación en su dispositivo en lugar de preguntarle a una persona ya que algunos de ellos no les gusta

 ISSN 2007-8102

preguntar el 10% indico que les fue indiferente y en otra respuesta de retroalimentación indican que se deben mejorar la fotografías y les gustaría que no fueran fijas y que el menú tuviera un mejor diseño en uso de los botones.



Figura 6. Nuevos contenidos dentro de la Aplicación

Conclusiones

Finalmente se desarrolló una herramienta tecnológica como es la aplicación movittla, que incursiona en la innovación de los servicios que presta la Institución y que le permitirá establecer una estrategia para obtener una ventaja competitiva con respecto a las Instituciones del entorno.

Desarrollar herramientas innovadoras utilizando App Inventor 2, facilito la utilización de la metodología del Design Thinking para crear un producto con base en las necesidades y requerimientos de los usuarios a través de una retroalimentación continua con el grupo de trabajo. Los mapas se implementaron con base a las coordenadas la ubicación del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla (ITTLA) para la visualización del campus completo dentro de la institución para una mejor navegación o movilidad dentro de la misma aplicando un algoritmo en el cual permite ver la ubicación en tiempo real dentro del instituto con carga mínima de datos móviles a partir del uso del sensor de geolocalización y para que los usuarios usen de una manera óptima se aplicaron visores web los cuales permiten al usuario navegar dentro de la página web del ITTLA así como del sistema integral de información

En lo que se refiere al equipo de desarrollo se determina realizar cambios en la aplicación para establecer un diseño más atractivo que incluya mayor calidad en las fotos, en los accesos además de que se establezcan medidas de ciberseguridad para el uso de la aplicación y se incluya la parte legal en lo que corresponda a el uso de esta.

El uso que tiene esta aplicación es incontable debido a los muchos escenarios en los que se puede usar, el proyecto es totalmente practico ya que actualmente la mayoría de personas que visitan el ITTLA cuentan con un teléfono con Android, lo cual hace que esta herramienta siempre esté disponible con ellos, sin embargo el hecho de no poder hacer aplicación móvil para otro sistema operativo , deja un porcentaje de la población que no podrá beneficiarse de tal herramienta, el no poder haber sido programada para varios sistemas operativos radica en primera instancia en el equipo necesario para la programación de la aplicación, ya que en el caso de IOS para Apple, forzosamente se necesitan herramientas de desarrollo que solo están disponibles para Mac OSX , por lo que se debe adquirir equipos Mac para su desarrollo, además de esto se encontró que para diseñar una aplicación

para IOS es necesario contar con Xcode que es el entorno de desarrollo de Apple para todos sus dispositivos. Como sugerencia a futuros trabajos, será ampliar esta herramienta a nivel estatal con información y características de cada uno de los municipios incluyendo información de importancia como son teléfonos de emergencia que se usen en toda la república mexicana, listado de albergues por estado y municipio, hospitales, centros de emergencia, protección civil, etc.

Dentro de las propuestas también está el que proponga a otras Instituciones y al Tecnológico Nacional de México la creación mapas internos para minimizar la búsqueda de áreas cuando se llega ya sea a un Instituto Tecnológico o a la sede central del TecNM, incluyendo además un directorio interactivo.

Como punto final dentro de la aplicación se podrán incluir códigos QR de identificación de lugares propios de interés, esto con la autorización legal de cada institución y/o organización ya que como es un mapa interno se debe solicitar esta para su publicación, con ello se podrán disminuir el uso de folletos y cual forma de distribución de papel que se utiliza en las organizaciones para mostrar el contenido de las mismas.

Referencias

1. Yeeply, (2019). Yeeply. Sitio de emprendores para el desarrollo de aplicaciones móviles. España, de https://www.yeeply.com
2. Gúzman, L., (2019). La importancia de la Geolocalización en las Aplicaciones Móviles. de http://geekbucket.com.mx/blog/2019/01/30/la-importancia-de-la-geolocalizacion-en-las-aplicaciones-moviles/
3. CONACYT (2019),Desarrollo Tecnológico e Innovación , Recuperado el 03 de Octubre de 2018 de https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-tecnologico-e-innovacion
4. Mendoza, J. y Valenzuela, A. (2014). Aprendizaje, innovación y gestión tecnológica en la pequeña empresa Un estudio de las industrias metalmecánica y de tecnologías de información en Sonora. Revista Contaduría y Administración. Volumen 59, N° 4. México. (Pp. 253-284).
5. Hernández, H., Cardona, D., y Del Rio, J. (2017). Direccionamiento Estratégico: Proyección de la Innovación Tecnológica y Gestión Administrativa en las Pequeñas Empresas. Revista Información Tecnológica. Volumen 28, N° 5. Chile. (Pp.15-22).
6. Jones, G. (2008). Teoría organizacional. Diseño y cambio de las organizaciones, 5a. Edición, México: Pearson Prentice Hall. México.
7. Gottesman, Readers' Choice Award: PCMag Difital Group, Recuperado el 24 de Retrieved Noviembre de 2018 from PCMag Difital Group 2013. de: http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2416521,00.asp.
8. Brown, T. (2010). IDEO design thinking, Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de: http://www.designthinking.es/inicio/index.php
9. Hernández R., Férnandez, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.
10. Bellman, Potter, Hassard, Robinson & Varan (2011), The Effectiveness of Branded Mobile Phons Apps, pp. Vol. 25, Nº 4, pp 191-200.

La falta cultura financiera en estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico de Querétaro.

M.I. López Aguilera[1], M. Espinosa Arreola [2], M.E Montes Almanza[3], M.L.Montes Almanza[4]*, M.*C. Frías Maldonado[5],*

[1 y 2] Departamento de Ingeniería en gestión empresarial, [3 al 5] Departamento de Ingeniería en sistemas computacionales. Tecnológico Nacional de México campus Querétaro, Av. Tecnológico esq. Escobedo S/N. Querétaro, Qro.[5]Facultad de Derecho, Universidad Autónoma de Querétaro , Cerro de las campanas , centro Universitario 77010, Querétaro, Qro.

**mlopeza@mail.itq.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La presente investigación se sustenta en función del diagnóstico que se aplicó mediante la "Encuesta para determinar el nivel de educación y cultura financiera".

La educación financiera es uno de los motores del desarrollo social porque permite la generación del capital humano, pero especialmente porque ofrece mejores alternativas de vida al tomar decisiones financieras adecuadas. Por lo tanto, es un tema de interés para todos.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo, desarrollar una propuesta general para aumentar el conocimiento en relación a la cultura financiera en estudiantes universitarios en el Instituto Tecnológico de Querétaro.

El concepto de cultura financiera lo podemos interpretar como el proceso por medio del cual se adquieren conocimientos, habilidades y capacidades que permiten tomar mejores decisiones en cuanto al manejo de los recursos, hacer juicios informados y saber a dónde acudir a pedir ayuda y asesoría para obtener una mayor rentabilidad del dinero.

Con esta investigación se pretende formular estrategias que permitan mejorar la cultura financiera en los estudiantes del Instituto Tecnológico de Querétaro, que les permitan tomar mejores decisiones, y con ello mejorar su calidad de vida.

***Palabras clave**: Educación, Cultura Financiera, Estrategias de mejora.*

Introducción

En los últimos años, varias organizaciones internacionales han alertado sobre la necesidad de mejorar la educación y cultura financiera de las personas, sobre todo de los jóvenes universitarios, ya que las carencias en este ámbito pueden conducir a las personas a adoptar decisiones erróneas sobre su economía personal, con el consiguiente riesgo de pérdidas patrimoniales, endeudamiento excesivo hasta la exclusión financiera.

La adecuada familiarización con los conceptos económicos básicos, desde las edades tempranas, puede ayudar en la edad adulta a elegir los productos y servicios financieros que mejor se ajusten a las propias necesidades.

En México y el resto del mundo cada día han ido profundizando más su conciencia acerca de la importancia de que las personas pasen por procesos de educación financiera, para lo cual han implementado programas, talleres, canales de comunicación con el fin de promover una cultura de ahorro en el país.

A manera de presentación del objeto de estudio, se hace la siguiente consideración: en primer término, la educación financiera se ha vuelto un tema recurrente en las agendas de los diferentes países, así como en los principales organismos económicos de dichos países, entre otros. Sin embargo, frecuentemente surgen interrogantes sobre: ¿cuáles son las causas asociadas al hecho de que la totalidad de la población no está incluida en los sistemas financieros? Esto necesariamente sitúa este tema en la línea de investigación sobre "Inclusión Financiera". que aborden este tema de estudio de la Inclusión Financiera y Educación Financiera.

Así mismo, es importante preguntarse ¿cómo percibe la población a los sistemas financieros? Y de manera muy específica, ¿cómo está siendo percibido por los estudiantes del Instituto Tecnológico de Querétaro que está en

formación en el nivel medio superior o superior? Son varias las preguntas que surgen e irán surgiendo en el desarrollo de las investigaciones

La educación financiera, así como la educación en general es uno de los motores del desarrollo social porque permite la generación del capital humano, pero especialmente porque ofrece mejores alternativas de vida al tomar decisiones financieras adecuadas. Por lo tanto, es un tema de interés para todos. De acuerdo con la Comisión nacional de Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF): 62 de cada 100 mexicanos carece de educación financiera, el 80% de las familias ahorra fuera del sistema financiero y el 31% de los mexicanos gasta más de su nivel de ingreso. Estas cifras demuestran la carencia de educación y de planeación financiera.

Objetivos

- Medir el nivel de educación financiera que tienen los jóvenes del nivel universitario en el Instituto Tecnológico de Querétaro.
- Identificar el conjunto de variables que formen una estructura que permita comprender la percepción de los estudiantes en materia de Cultura Financiera.
- Desarrollar y proponer una estrategia para mejorar la cultura financiera de los estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico de Querétaro.

Justificación

En primer término, es importante la realización de este estudio, ya que como primer fundamento podemos señalar el acuerdo que se ha suscrito en el ámbito mundial a través del grupo de los veinte. El G-20 es un organismo que agrupa a los 20 países más poderosos del orbe, y dentro de su agenda de trabajo ha incluido del tema de la Inclusión Financiera y la Educación Financiera. Es claro que la preocupación de estos países va en aumento a medida que más y más porcentaje de la población no está incluida en los servicios financieros. La duda que les ha generado permanentemente es, ¿por qué no está incluida la población económicamente activa en su totalidad? La evolución permanente del mundo financiero hace que cada día se oferten más productos y servicios financieros para todo tipo de necesidades, teniendo en cuenta las particulares demandas de cada sector. Para ello la tecnología ha jugado un papel muy importante en todo lo relacionado a las operaciones financieras, aunque eso ya es un tema aparte que tendría que evaluarse en futuras investigaciones.
La magnitud de esta carencia es generalizada en todos los sectores de la población mexicana, y a pesar de que distintas iniciativas del sector público, privado y social han empezado a observar un fuerte interés en este ámbito, la cobertura de la misma es aún limitada y el impacto aún no es claro. De acuerdo a estas dilucidaciones, en la presente investigación, se pretenden describir los datos que demuestran el nivel de cultura financiera en una muestra de estudiantes universitarios tanto del sector público del Instituto Tecnológico de Querétaro, para de esta manera conocer un tema que si bien es relevante, no ha sido investigado a fondo y los resultados obtenidos en esta investigación, describirán de manera objetiva y con certidumbre el estado que guardan los estudiantes de diferentes grados de estudio en la capital queretana.
Se considera que este estudio tiene una particular importancia y pertinencia para la sociedad queretana, ya que con sus hallazgos se podrá coadyuvar al diseño de estrategias tendientes a la mejora del nivel de educación financiera en el nivel universitario

Metodología

El presente estudio es una investigación no experimental, pues no se manipulan las variables independientes para modificar los efectos. Estas son estudiadas tal cual sucedieron y se espera poder obtener información precisa para conocer la percepción que los jóvenes universitarios del Instituto Tecnológico de Querétaro tienen de las instituciones financieras y los productos que ofrecen, así como también medir el nivel de educación financiera de esta población. El estudio se aborda desde el paradigma cuantitativo para el análisis de los datos recolectados sobre la muestra.
Se trata de un estudio descriptivo, de corte transversal, correlacional y explicativo ya que el propósito es: medir el nivel de educación financiera de los estudiantes universitarios; posteriormente conocer la percepción de estos estudiantes sobre los productos que ofrecen las instituciones financieras en materia de crédito, ahorro, inversión, seguros, pensiones y presupuestos.

 ISSN 2007-8102

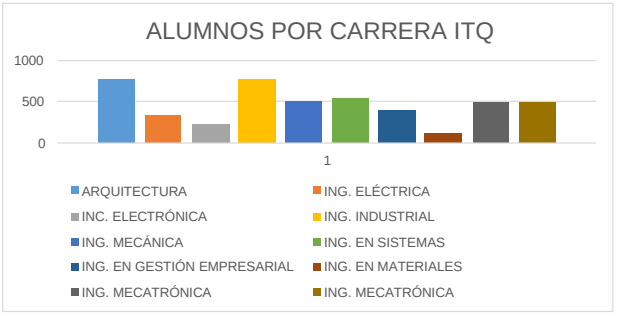
Población y muestra

Para efectos de la investigación de campo es necesario tener identificada una población de estudiantes, de ahí que los informantes clave para este estudio serán los alumnos de nivel universitario del Instituto Tecnológico de Querétaro, que estén vigentes en el periodo enero-junio 2019.

FIGURA NO. 1 ALUMNOS POR CARRERA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO
ALUMNOS POR CARRERA A ENERO-JUNIO 2019

ARQUITECTURA	776
ING. ELÉCTRICA	339
INC. ELECTRÓNICA	227
ING. INDUSTRIAL	776
ING. MECÁNICA	510
ING. EN SISTEMAS	535
ING. EN GESTIÓN EMPRESARIAL	400
ING. EN MATERIALES	120
ING. MECATRÓNICA	502
TOTAL	**4185**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Muestra.

Para determinar la muestra se adopta el procedimiento indicado por Levin (2002) citado por Moreno, García y Munguía (2018), el cual arroja la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2(P)(Q)}{e^2(N-1)+Z^2(P*Q)}$$

Donde:

N = población 4,185

n = muestra

e = error permitido (0.05)

Z = nivel de confiabilidad (1.96)

p = probabilidad del evento a favor (0.5)

q= probabilidad del evento en contra (0.5)

Resolviendo tenemos que:

$$n = \frac{NZ^2(P)(Q)}{e^2(N-1)+Z^2(P*Q)}$$

$$n = \frac{4{,}185(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(0.05)^2(4{,}185-1)+(1.96)^2(0.5*0.5)}$$

$$n = \frac{4{,}185(3.8416)(0.25)}{(0.0025)(4{,}184)+(3.8416)(0.25)}$$

$$n = \frac{4{,}019.274}{10.46+0.9604}$$

$$n = \frac{4{,}019.274}{11.4204} = 351.938111 = 352$$

Quedando como muestra 352 alumnos a encuestar

 ISSN 2007-8102

Población y muestra

Para efectos de la investigación de campo es necesario tener identificada una población de estudiantes, de ahí que los informantes clave para este estudio serán los alumnos de nivel universitario del Instituto Tecnológico de Querétaro, que estén vigentes en el periodo enero-junio 2019

Estratificación de la muestra

Considerando que la muestra arroja la cantidad de 352 alumnos, lo que representa un número robusto de casos para desarrollar el procedimiento estadístico de análisis factorial exploratorio, se decide aplicar la encuesta a todo alumno inscrito en el periodo enero-junio 2019.

Validación del instrumento de recolección

Para validar el cuestionario se realizaron los siguientes análisis:

Estadístico de prueba: Análisis factorial exploratorio, para validar la pertinencia del análisis factorial, se calcula el test de esfericidad de Bartlett, con KMO, y la prueba de bondad de ajuste Chi cuadrada X2 con una significancia α=0.01.

La prueba estadística: χ2, y el test de esfericidad de Bartlett, KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), MSA (Medida adecuación de la muestra), con nivel de significancia: α = 0,05; p<0,05 carga factorial 0,70 valor crítico χ2 calculada > χ2 tablas, entonces la regla dedecisión es:

Rechazar Ho si χ2 calculada > χ2 tablas

Una vez realizada dichas pruebas se procedió a aplicar el cuestionario y a elaborar una base de datos.

Resultados y discusión

En cuanto a la variable género, los resultados muestran que el 63% de los estudiantes pertenecen al sexo femenino mientras que el 37% son hombres

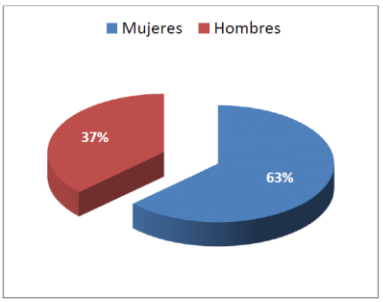


Figura 2. Variable género de los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

En referencia a la educación que recibieron de sus padres, con relación a la importancia del hábito del ahorro, la figura 4 muestra que el 51% está totalmente de acuerdo, el 27% está muy de acuerdo, el 17% está de acuerdo, el 3% está en desacuerdo y el 2% muy en desacuerdo.

 ISSN 2007-8102

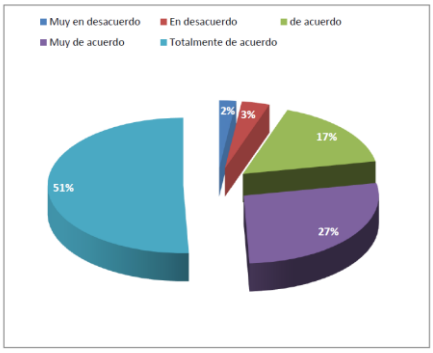


Figura 4. Mis padres me enseñaron la importancia del hábito del ahorro.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a conocer la forma en la que se elabora un presupuesto, la mayoría dice contar con esos conocimientos. El 19% está totalmente de acuerdo, el 31% está muy de acuerdo, el 37% está de acuerdo, en tanto que el 11% está en desacuerdo y el 2% muy en desacuerdo.

El conocimiento que tienen los encuestados en relación a comprar productos de primera necesidad como prioridad. El 39% está totalmente de acuerdo, el 29% está muy de acuerdo, el 23% está de acuerdo, en tanto que el 6% está en desacuerdo y el 3% muy en desacuerdo.

La pregunta relacionada a la costumbre de llevar un registro de todos sus ingresos, deudas, gastos y ahorro que le dan a su dinero. El 21% está totalmente de acuerdo, el 19% está muy de acuerdo, el 26% está de acuerdo, en tanto que el 21% está en desacuerdo y el 13% muy en desacuerdo en llevar un registro de sus entradas, salidas de dinero, así como de sus deudas y ahorros.

Con respecto a tener claro y saber qué hacer en caso de que se llegara a presentar una necesidad de un préstamo para resolver una urgencia económica, la figura 8 señala que el 35% está totalmente de acuerdo, el 25% está muy de acuerdo, el 14% está de acuerdo, en tanto que el 17% está en desacuerdo y el 9% muy en desacuerdo para saber a dónde acudir.

Acerca del conocimiento con respecto a los costos en las tarjetas de crédito que hay en el mercado. Es evidente el desconocimiento tácito y generalizado dado que el 11% está totalmente de acuerdo, el 12% está muy de acuerdo, el 20% está de acuerdo, en tanto que el 28% está en desacuerdo y el 29% muy en desacuerdo.

En la figura 10, se hace referencia al conocimiento que tienen respecto al registro e historial crediticio que buró de crédito lleva sobre cada acreditado. El 11% está totalmente de acuerdo, el 10% está muy de acuerdo, el 19% está de acuerdo, en tanto que el 26% está en desacuerdo y el 34% muy en desacuerdo.

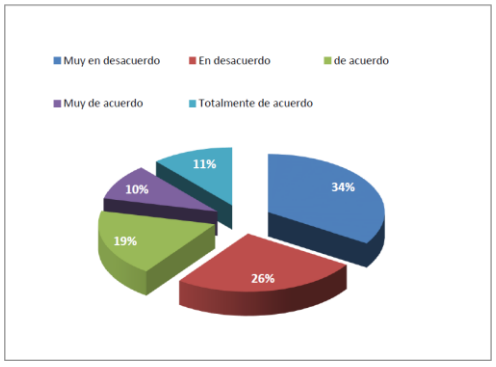


Figura 10. Información sobre el historial crediticio que detalla el buró de crédito.

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de conocimiento de las ventajas y desventajas en el uso de tarjetas de crédito. El 25% está totalmente de acuerdo, el 29% está muy de acuerdo, el 23% está de acuerdo, en tanto que el 13% está en desacuerdo y el 10% muy en desacuerdo en señalar que tienen amplio conocimiento de ello.
Haciendo referencia al conocimiento de las consecuencias que se obtienen por dar un mal manejo al uso de las tarjetas de crédito, se expresó que el 42% está totalmente de acuerdo, el 28% está muy de acuerdo, el 16% está de acuerdo, en tanto que el 6% está en desacuerdo y el 8%
en conocer dichas consecuencias.
En la relación si existe una planeación adecuada de los gastos en los que incurren durante las vacaciones. El 21% está totalmente de acuerdo, el 32% está muy de acuerdo, el 25% está de acuerdo, en tanto que el 17% está en desacuerdo y el 5% muy en desacuerdo en señalar que disponen de los ahorros para salir de vacaciones.
Con respecto a identificar antes de solicitar un crédito, se preguntó conocer cuál es la tasa de interés que tendrá el crédito. El 16% está totalmente de acuerdo, el 23% está muy de acuerdo, el 27% está de acuerdo, en tanto que el 18% está en desacuerdo y el 16% muy en desacuerdo.
Respecto a contratar un seguro de vida y de gastos médicos. La respuesta fue muy equilibrada, ya que el 34% está totalmente de acuerdo, el 15% está muy de acuerdo, el 20% está de acuerdo, en tanto que el 13% está en desacuerdo y el 18% muy en desacuerdo en señalar que cuentan con un seguro de vida y/o gastos médicos mayores,
Con referencia a la certeza de estar en posibilidades de cumplir con todos los pagos derivados de tomar un crédito a meses sin intereses, realizando pagos fijos durante mediano o largo plazo. El 31% está totalmente de acuerdo, el 19% está muy de acuerdo, el 32% está de acuerdo, en tanto que el 11% está en desacuerdo y el 7% muy en desacuerdo en estar plenamente conscientes de tal situación.
El resultado obtenido en este estudio de estudiantes universitarios queretanos va en línea con los reportados por la Encuesta Banamex, la cual va enfocada a familias. Entre los resultados principales se puede mencionar que solamente el 18% de las familias reportó haber realizado un registro de sus ingresos y egresos, mientras que el 56% contaba con una tarjeta de crédito. Además, el 96% de los entrevistaron manifestaron no informarse acerca de las características de los diversos productos financieros. Los resultados anteriores motivaron a dicha institución a llevar un estudio enfocado a los jóvenes, quienes representan el 26.5% de la población del país, es decir cerca de 30 millones de personas entre 15 y 29 años de edad (BANAMEX, 2019).

Estrategia para elevar la educación financiera en estudiantes universitarios y recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos y expresados en las gráficas correspondientes y partiendo de las conclusiones emitidas se puede deducir y recomendar que la necesidad de educación financiera se hace evidente en la medida en que un alto porcentaje de los encuestados considera que su situación económica es mala o muy mala, y más de la mitad reconoce no estar del todo bien preparada para tomar decisiones financieras. Además, una mayoría menciona “vivir al día”, es decir, que no le sobra dinero a fin de mes.
Es importante que estos jóvenes universitarios reconozcan sus necesidades, intereses y aspiraciones para incrementar el acceso a programas educativos que contribuyan al desarrollo y fortalecimiento de competencias que les permitan tomar decisiones financieras que potencien sus recursos.
Es relevante reconocer que es necesario impulsar en ellos prácticas de consumo responsable que les permitan distribuir sus gastos conforme a sus ingresos y dar prioridad a las necesidades encaminadas al logro de metas y objetivos de bienestar, pero bajo un criterio de conocimiento y/o asesoría personalizada por expertos en el tema cultura financiera.
Impulsar la introducción de materias con contenido financiero en los planes de estudio de la educación básica en México.
Se recomienda generar campañas para iniciar a concientizar a la población estudiantil sobre las causas y consecuencias de ciertos problemas que puede enfrentar al llevar un mal manejo de sus deudas y las medidas que permiten su prevención. Lo cual no significa o no se busca que los universitarios se conviertan en expertos en estos temas sino realizar esfuerzos en difusión de los conceptos y principios básicos que les permitan comprender la importancia de que esta cultura financiera permitiría modificar patrones de comportamiento, costumbres o hábitos en lo referido al consumo, gasto y planeación.
La inclusión de materias relacionadas a ello fortalecería los programas de educación financiera, puesto que dichas temáticas serían comunes para los usuarios desde sus primeros años de vida. Fomentando con ella una mayor familiarización con los conceptos financieros, y se esperaría que el manejo financiero que tengan sea el adecuado.

Es importante reconocer y comentar que debe de existir influencia familiar en la formación de comportamientos y hábitos financieros de niñas, niños y jóvenes.
Es recomendable considerar la necesidad de que las autoridades educativas, comiencen a difundir programas en escuelas y universidades para la impartición de la cultura financiera, adecuados a la preparación escolar de los distintos estudiantes, y con ello garantizar que cuando ingresen a la Universidad, ya cuenten con mayor dominio en los temas.
En cuanto a la educación familiar, misma que resulta fundamental para todos los aspectos del comportamiento social, se sugiere que se generen programas para ayudar a los padres de familia en la comprensión de la cultura financiera, ya que ésta se sujeta a múltiples aspectos; como las costumbres, las ideologías y la preparación educativa de los usuarios.
Se debe priorizar siempre la importancia de cuidar las finanzas personales de manera semejante a como se cuida la salud, enfatizando en todo momento que el objetivo primordial es la búsqueda de un bienestar a futuro. Otro aspecto importante que se debe cuidar mucho, es el de no ofrecer la información o la enseñanza como una receta, sino el de otorgar todas las alternativas posibles para que el estudiante universitario pueda tomar su decisión en lo que más le convenga en función de sus necesidades y recursos.

Trabajo a futuro

Ampliar la investigación a otras instituciones educativas en el Estado de Querétaro.

Conclusiones

El desarrollo del sistema financiero contribuye al crecimiento económico de un país y para que el sistema financiero beneficie a la población, es importante que los ciudadanos estén financieramente educados.

Los resultados de esta investigación reflejan que la mayoría de los alumnos que respondieron la encuesta, tienen conocimientos básicos para realizar operaciones aritméticas, aunque es evidente su falta de conocimiento en operaciones financieras, e ignoran conceptos tales como la inflación y el valor del dinero a través del tiempo. En consecuencia, estos jóvenes pueden tomar decisiones desfavorables en materia de inversiones, ahorro, crédito, seguros y pensiones, gastos y presupuesto.

En un primer análisis, sólo el 48.44% de los encuestados contestó correctamente preguntas básicas relevantes para decisiones financieras. Esta es baja pero diversos estudios han plasmado algunas reflexiones en torno a la percepción del alumno hacia el Crédito, Ahorro, Seguros y Pensiones, así como Gasto y Presupuesto, e Inversión. Este análisis revela que los ítems hacia el acceso a créditos en las instituciones financieras, se avista de manera optimista. En cuanto a la variable crédito, al estar informadas las personas sobre los beneficios del uso de los créditos, los emplea correctamente para solucionar problemas urgentes. En materia de Afores, han tenido acercamiento con las aseguradoras y al parecer, han tenido alguna experiencia para exponer sus necesidades de cobertura. Esto bien pudo ser por algún seguro de vehículo, seguro de gastos médicos, o cualquier otro tipo de seguros, pero es claro que la percepción del alumno hacia este tema es que deja entrever que sí ha tenido este acercamiento

México no es diferente de otros países cuando se trata de educación financiera. Se tomaron para el test preguntas de la encuesta similar a la aplicada (Lusardi y Mitchell 2011), donde responden a varias preguntas que mide las preferencias de alfabetización y de riesgos financieros, dando como resultado que muchos hogares no están familiarizados con conceptos económicos necesarios para tomar decisiones financieras, de tal forma que el analfabetismo financiero en los jóvenes y adultos en edad avanzada es marcado. No están suficientemente informados sobre conceptos financieros, lo que genera graves consecuencias para el ahorro, planes de jubilación, hipotecas y otras decisiones.

Finalmente, entre los proyectos que tienen por objeto estudiar los niveles de conocimientos financieros, se puede destacar el de Bucher-Koenen y Lusardi (2014), donde se realiza una investigación sobre los hogares alemanes que es parecida a la que se llevó a cabo (Lusardi y Mitchell 2006) en las familias de Estados Unidos.

Agradecimientos

A las autoridades del Instituto Tecnológico de Querétaro que permitieron que se llevara a cabo esta investigación, a los 352 alumnos que muy amablemente contestaron la encuesta.

Referencias

1. ABM (2008). Educación financiera, protección al consumidor y competencia desde la banca. Recuperado de http://www.abm.org.mx/sala_prensa/conferencia-5-07-2015.
2. BANAMEX (2014). Cultura financiera de los jóvenes en México. Educación Financiera Banamex. Banco Nacional de México.
3. BBVA. (Marzo de 2010). La educación financiera. Un análisis de BBVA. Recuperado el 22 de Octubre de 2014, de http://www.bbva.com/TLBB/fbin/EducacionFinanciera_esp_tcm12-222986.pdf
4. Castañeda, De la Torre, Morán y Lara (2004). Metodología de la Investigación. México, McGraw Hill, México.
5. Coates, K. (2009). Educación Financiera: Temas y Desafíos para América Latina. Recuperado el 7 de octubre del 2014, de Conferencia Internacional OCDE – Brasil sobre Educación Financiera. Rio de Janeiro, diciembre 15-16, 2009:
6. http://www.oecd.org/dataoecd/16/20/44264471.pdf.
7. Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV). (2012) Libro Blanco de Inclusión Financiera, México, Consejo Nacional de Inclusión Financiera.
8. CONDUSEF. (2009). La cultura financiera en México. Recuperado el 28 de octubre de 2014, de http://www.derecho.unam.mx/DUAD/boletin/pdf/_09-2/cult-finan_17-Feb.pdf.
9. Delors, J. (2007). La Educación Encierra un Tesoro. Recuperado el 6 de octubre de 2014, de UNESCO: http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS_S.PDF
10. Escalada, Mercedes (2004). Teoría y epistemología en la construcción de diagnósticos sociales. Ed. El Espacio, Buenos Aires.
11. García, Loreto (2008). Educación Financiera BANAMEX. Seminario conjunto: CEMLA Banco de México Modernización e Inclusión Financiera en América Latina. Ciudad de México, 24 y 25 de abril de 2008.
12. Gómez, M. (2009). Educación Financiera: retos y lecciones a partir de experiencias representativas en el mundo. Recuperado de
13. http://www.proyectocapital.facipub.com/facipub/upload/publicaciones/18/14/15/ educación Financiera_retos_y_lecciones_Franz_GÓomez.pdf.
14. Lanzagorta Joan, (2011) Los dos mundos de la educación financiera. El Economista, 06 de Julio, México. Pérez, C. y Suly
15. , S. (2010). Lenguaje del dinero Beneficios de la educación financiera. Revista Contaduría Pública, Instituto Mexicano de Contadores Públicos, México.
16. ACEDE, celebrado en Arnedillo (La Rioja), 23-25 de abril de 1998.Universidad Autónoma de Barcelona.
17. Sarmiento, D. y María I. (2005) Cómo facilitar el despertar financiero en los niños y niñas. Editorial El Manual Moderno, Bogotá.
18. SHCP. (2007). Encuentro Nacional de Educación Financiera. Recuperado de http://www.shcp.gob.mx/SALAPRENSA/sala_prensa_presentaciones/12-05-15
19. UNAM (2008). Primera Encuesta sobre cultura financiera en México; Universidad Autónoma de México, México, 2008.

Techo de cristal en la secretaria de salud del departamento de La Guajira en Colombia

E.E. Perozo Martinez[1], J.J. Batista de Abreu[2], S. P. Payares Medina., MS Rojas Donado .[4], IJ SanchezValbuena[5]*

[1]Docente, Universidad de La Guajira, Km 5 Vía Maicao/ Riohacha-la Guajira
[2]Docente, Universidad de La Guajira, Km 5 Vía Maicao/ Riohacha
[3]Docente, Universidad de La Guajira, Km 5 Vía Maicao/ Riohacha
[4]Docente, Universidad de La Guajira, Km 5 Vía Maicao/ Riohacha
[5]Docente, Universidad de La Guajira, Km 5 Vía Maicao/ Riohacha
eeperozom@uniguajira.edu.co

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

Se analizó el techo de cristal en las secretarias de salud del Departamento de La Guajira en Colombia. Con un enfoque de investigación cuali-cuantitativo de tipo descriptivo y un diseño no experimental, transeccional y de campo se contó con una población de treinta y un (31) trabajadoras del municipio Riohacha y veinticinco (25) de Maicao. Se utilizó un cuestionario conformado por treinta y tres (33) ítems con cinco (5) alternativas de respuesta, el cual fue sometido al juicio de diez (10) expertos, arrojando una confiabilidad de Alpha Cronbach de 0.90. Se emplearon estadísticas descriptivas a través del cálculo de las frecuencias absolutas, proporciones y porcentajes. De los resultados se concluyó que las limitaciones del techo de cristal están asociadas a barreras culturales, factores políticos y educación, por lo cual se recomendó revisar el cumplimiento de las leyes en Colombia que protegen el ingreso de la mujer al mercado laboral.

***Palabras clave**: techo de cristal, factores políticos, barreras culturales, toma de decisiones.*

Abstract

The glass ceiling in the health secretaries of the Department of La Guajira in Colombia was analyzed. With a qualitative-quantitative research approach of descriptive type and a non-experimental, transectional and field design, a population of thirty-one (31) workers from Riohacha municipality and twenty-five (25) from Maicao was tested in this study. A questionnaire consisting of thirty-three (33) items with five (5) response alternatives was used, which was submitted to the judgment of ten (10) experts, yielding an Alpha Cronbach reliability of 0.90. Descriptive statistics were used through the calculation of absolute frequencies, proportions and percentages. From the qualitative-quantitative results it was concluded that the limitations of the glass ceiling are associated with cultural barriers, political factors and education, so it was recommended to review laws compliance in Colombia that protect the entry of women into the labor market.

***Key words**:* glass ceiling, political factors, cultural barriers, making decisions.

Introducción

La documentación histórica a nivel internacional sobre la participación de la mujer se ve ligada a su incursión y desarrollo en el campo laboral. Como consecuencia, se ha focalizado su desempeño en diferentes contextos

culturales desde la concepción de esposa y ama de casa, hasta las diversas situaciones que se derivan de dichas posiciones.

En tal sentido, se destaca lo referido por Chomsky (2011) que la feminización laboral, tendencia que se manifestó en la economía mundial a partir de la postguerra y alcanzó auge en los años 60, adquiere ahora nuevos matices: las mujeres constituyen la fuerza principal de trabajo para el creciente sector de los servicios, donde realizan tareas de bajo estatus y poco salario.

Según los datos manejados, el 71% de las mujeres empleadas formalmente se concentran en cinco grupos ocupacionales, educación, enfermería, oficina, ventas y servicios, la mayoría en los puestos peor remunerados. El ingreso promedio de las mujeres todavía equivale a sólo el 70% del de los hombres, aunque en los últimos años, el ingreso de las mujeres ha tenido un continuo incremento respecto al de los hombres por la reducción constante de los ingresos y los puestos laborales tradicionales para los hombres.

No obstante, algunas investigaciones de instituciones internacionales reconocidas, como la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2011) reconoce que cada vez más aumenta el número de mujeres en el mercado laboral, aunque ello no implica que sea para ocupar puestos de trabajo para su mayor protección y calidad de vida. Sucede que las mujeres que ya están haciendo su carrera, en algunos casos, no son tomadas en cuenta para su promoción en el puesto que representa la mayor jerarquía en la organización.

Asimismo, señala García (2009) que es evidente como la ocupación de puestos en la sociedad y la distribución de roles tiene un cierto sesgo; los hombres están más presentes en puestos de importancia o poder que las mujeres. En este sentido, se puede observar el sexo de los miembros de los consejos de dirección de las grandes empresas, o el número de mujeres en los puestos elevados de ciertas empresas, donde las inequidades persisten, debiendo estimularse acciones que permitan ganar espacios que vinculen a las mujeres en la toma de decisiones.

De igual forma se observa que existe, además, una gran proporción de directivos varones que han llegado a serlo porque se valoran características “masculinas” que no hacen bien a las organizaciones, aún menos en los tiempos actuales, donde la tendencia es tomar riesgos excesivos, el obsesivo apego al estatus, las jerarquías y coartar la iniciativa, valorar la agresividad como si fuera carisma o asertividad.

Así mismo, existe la injusticia estructural, en la cual los puestos premian excesivamente las diferencias de expectativa de responsabilidad. En efecto, las empresas tienden a jerarquizar sus puestos, pero quizás no deberían revisarse la selección o el premio de cada puesto, sino el propio sistema de selección de personal. Se debe hacer énfasis en que en las grandes organizaciones, se copian modelos de gestión de otras, históricamente masculinas, como el ejército, la Iglesia o cuerpos del Estado. De allí que deban buscarse esquemas donde la responsabilidad no implique necesariamente menor vida personal, donde se premien también otros valores, y no se perdonen algunos vicios.

En este sentido, se observa la segregación femenina dando origen al techo de cristal, el cual persiste aún en estos tiempos de evolución y de modernidad, debiendo ser roto porque el futuro será mejor en la medida en que la sociedad sea construida por, con y para todos. No obstante se aprecia que las mujeres no se encuentran con el “techo de cristal” en su sentido más restrictivo, es decir, total impedimento para acceder a posiciones de liderazgo.

También es cierto que aún se presentan obstáculos para alcanzar dichas posiciones, de tal manera, que es necesario el nacimiento de una nueva conciencia respecto de otras situaciones que, por su transparencia (se habla de cristal) se hacen menos evidentes. Entre ellos, los estereotipos que se representan solo en ciertos roles, en ciertas profesiones, las situaciones de equilibrio/desequilibrio entre la vida personal y la vida familiar, las características universales que se atribuyen de manera indiferente al cuidado, a dar la vida por otros, a la ternura, ya que pueden actuar en contra de los propios deseos de la mujer de crecimiento y posicionamiento.

Lo descrito anteriormente coincide con el planteamiento de Burín (2012, p. 10), quien afirma: “Se sienten ante un techo de cristal, invisible pero asfixiante, no parece que la realidad mejora con los años, en algunos

empeora". Partiendo de este señalamiento, se evidencia que la problemática abordada en este estudio tiene que ver con el techo de cristal, asumiendo la situación citada en el sector salud en el departamento de La Guajira en Colombia.

Esto, debido a una serie de situaciones manifiestas en las trabajadoras, dejando ver las limitaciones que las hacen invisibles e impiden a las mujeres acceder a los puestos gerenciales y de control para que desde allí puedan acceder a la toma de decisiones. Sin embargo, el gobierno resguarda esta situación para garantizar a la mujer su participación en un 33% con relación a los hombre con un 67% de participación pareciendo, a la vez, existir otro techo de papel que, desde los medios y productos comunicativos, naturaliza prejuicios y estereotipos que tampoco favorecen el avance de la mujer en ese camino de ascenso profesional.

De persistir esta problemática se incurriría o fortalecería el desempeño improductivo del personal, ante la violación de las disposiciones sobre el respeto a la diversidad de género cuyo desempeño deriva de las competencias que, responsablemente, ha logrado desarrollar para el ejercicio de los cargos que ocupa; pudiendo impedir la calidad, eficacia y eficiencia con la cual se han venido desempeñando en los últimos tiempos, en algunos cargos decisores. En este sentido, el objetivo de esta investigación consiste en analizar la relación entre el techo de cristal y la discriminación laboral en la secretaria de salud colombiana, considerando tres dimensiones principales que giran en torno a los factores (organizacionales, culturales, educativos, personales y políticos), barreras (internas y externas) y toma de decisiones.

Metodología

La metodología adoptada para este estudio corresponde al enfoque cuali-cuantitativo o postpositivista (Chávez, 2007) ya que su objetivo, de carácter social, estará dirigido a analizar la relación entre el techo de cristal y la discriminación laboral en la secretaria de salud colombiana. De acuerdo con Sabino (2010, p. 23) los estudios cuantitativos "permiten medir variables que pueden describirse en valores numéricos, es decir; emplean el análisis estadístico para responder las preguntas de investigación planteadas". Los aspectos cualitativos se reflejan en el análisis de los datos que permite evaluar con profundidad los resultados cuantitativos obtenidos. Ello, dada la naturaleza social de indicadores como: vigencia de estereotipos, rigidez y perpetuación de las estructuras, los que a su vez se convierten en factores que condicionan el techo de cristal.

Tipo y Diseño de investigación

El tipo de investigación es descriptiva por cuanto se especifican los hechos tal como se desarrollan en el momento, describiendo los resultados y los hallazgos logrados (Hurtado, 2008). En cuanto al diseño, este estudio se caracteriza por ser de campo, no experimental y transeccional, dado a que los hechos van a ser estudiados en el lugar donde ocurre la situación planteada, sin manipulación de la variable y en un solo momento (Chávez, 2007).

Población

La población o unidad de análisis en la presente investigación está conformada por el personal administrativo de la Secretaria de Salud del departamento de la Guajira colombiana, específicamente en los municipios Riohacha y Maicao. Esta población se encuentra representada por treinta y un (31) trabajadoras femeninas de Riohacha y veinticinco (25) de Maicao quienes forman parte del personal administrativo y obrero de las mencionadas entidades o instituciones del estado. Esto, según datos aportados por la gerencia de recursos humanos de dichas organizaciones públicas.

Técnica e instrumento de recolección de datos

En esta investigación, el instrumento a utilizar es el cuestionario, que consiste en un formato estandarizado de afirmaciones o interrogantes que llevan una escala con alternativas de respuestas múltiples. Este cuestionario estuvo conformado por treinta y tres (33) ítems con la escala de Likert de cinco (5) alternativas de respuesta. Dicho instrumento fue sometido al juicio de diez (10) expertos, arrojando una confiabilidad de Alpha Cronbach

de 0.90. Para proceder al análisis de los datos, se realizará la tabulación de los mismos con el empleo de tablas, dentro de estas se asientan los códigos de respuestas que emiten los integrantes de la población objeto de estudio. Seguidamente, para el análisis de los datos se utilizará el paquete computarizado SPSS.

Resultados y discusión

En referencia a la información que se refiere al techo de cristal, como variable estudiada y evaluada a través de los factores, muestra un promedio de 2,61 significando que la población consultada la ubica como moderada presencia. Adicionalmente, las respuestas de los encuestados ubican las barreras con un promedio de 3,61, señalándola como alta presencia. En relación al proceso de toma de decisiones, se ubica como moderada presencia con un promedio de 2,78. Estos resultados arrojan un promedio de 3,00, estableciendo una categoría de moderada presencia según el baremo que ha sido construido para tal fin, que se muestra en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1
Resultados de las dimensiones de la variable: techo de cristal

Baremo		
Categoría	Rango	
Muy Alta Presencia	4,21	5,00
Alta Presencia	3,41	4,20
Moderada Presencia	2,61	3,40
Baja Presencia	1,81	2,60
Muy Baja Presencia	1,00	1,80

Fuente: Palacios (2016)

Dimensiones	Factores	Barreras	Proceso de Toma de
Promedio de la Dimensión	2,61	3,61	2,78
Categoria de la Dimensión	Moderada Presencia	Alta Presencia	Moderada Presencia
Promedio de la Variable	3,00		
Categoria de la Variable	Moderada Presencia		

Para la dimensión Factores, la cual estuvo compuesta por los indicadores organizacionales, culturales, educativos, personales y políticos, se obtuvo que los dos primeros resultaron con moderada presencia, mientras que el resto se ubicó en la opción baja presencia. Las preguntas relacionadas con estos factores tuvieron que ver con: la influencia del ambiente laboral y la distribución física de las oficinas; políticas de la empresa para facilitar las labores realizadas; asignación de responsabilidades por parte de la gerencia para el logro de los objetivos fijados; participación activa para la búsqueda de la excelencia, y percepción de equidad en la remuneración. Como puede apreciarse en la tabla 1, los resultados arrojan un promedio de 2,61, determinando la dimensión Factores en la categoría moderada presencia.

Estos resultados difieren de lo expresado por Zabludovsky (2015) para quien las causas del techo de cristal obedecen a diferentes criterios: la socialización diferenciada y las distintas expectativas de éxito entre hombres y mujeres; el escaso compromiso de los varones en las tareas domésticas; las extensas jornadas de oficina que responden a “horarios masculinos”; la exclusión de las mujeres de los círculos informales donde “se cierran” muchos negociaciones. Asimismo, señala la discriminación (oculta o abierta) que existe hacia las mujeres, particularmente hacia aquellas que son madres; la noción generalizada de que las propietarias de empresas sólo deben dedicarse a las actividades de subsistencia y la prevalencia de ocupaciones consideradas masculinas o femeninas, en donde las primeras se vinculan con mayores posibilidades de ganancias económicas y ascensos jerárquicos.

Por su parte, la dimensión Barreras con sus indicadores Internas y Externas muestra que el primero se ubicó en la opción Muy Alta Presencia, con respecto al segundo que se situó en Alta Presencia. En esta dimensión las preguntas trataron de indagar en las entrevistadas: si consideraban hacer un análisis con la finalidad de elegir entre varias opciones en curso de acción, al momento de tomar una decisión y emitir un juicio sobre la adopción de un riesgo que pudiera correr la misma; si la dirección de la organización toma decisiones que le afecten sin tomar en cuenta su opinión como empleada, y si los objetivos que se formulan en la alta gerencia son

distribuidos en forma descendente. Estos resultados arrojan un promedio de 3,61, indicando que la dimensión Barreras se ubica en la categoría Alta Presencia según el baremo que ha sido construido para tal fin.

Al respecto, es señalado que las barreras de mayor relevancia, consideradas como las limitaciones en la actualidad, son las que determinan la baja presencia de la mujer en cargos directivos de alta responsabilidad, difiriendo del criterio de Delgado-Álvarez, Sánchez y Fernández-Dávila (2012) quienes se refieren en lo interno a la permanencia de una serie de estereotipos de género, propios de nuestra cultura, perfectamente asumidos tanto por los hombres como por las mujeres; mientras que a lo externo; la inercia de las organizaciones que tienden a perpetuar las estructuras tradicionales donde predomina el hombre; el valor desigual que tiene el trabajo en la identificación social respecto a la construcción de la identidad de género.

Tanto la vigencia de estereotipos, la rigidez y perpetuación de las estructuras que arrastran las organizaciones como la consideración de que el rol profesional es más central para el hombre que para la mujer, se convierten en barreras culturales internas y externas que obstaculizan la promoción de las mujeres.

Para el análisis de la dimensión Proceso de Toma de Decisiones el indicador Sistémica- analítica presenta la opción Alta Presencia. Los indicadores Inherente, Oportuna y Programática revelan Baja Presencia. Esto en cuanto a la participación en grupo, en su trabajo, y al contar con la plena confianza de la dirección sobre la manera de realizar sus labores. Se demostró que hay baja presencia de la comunicación que recibe en la organización, aunque fluye desde todos los niveles jerárquicos.

Asimismo, se determinó desde una perspectiva cualitativa que existe baja presencia en el respeto hacia las diferencias de personalidad de cada compañero de trabajo para llevar a cabo una labor armónica en la institución, al mantener contacto directo con los demás compañeros de la organización, considerando que debe existir trabajo en equipo. Además, al suponer un ambiente agradable para satisfacer el trabajo que realiza, se siente que ejerce sus habilidades para desarrollar sus aptitudes.

Estos resultados que arrojan un promedio de 2,78, ubicando a la dimensión Proceso de Toma de Decisiones en la categoría Moderada Presencia, se oponen a lo expresado por Bateman y Snell (2011) quienes plantean que la toma de decisiones es el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización. La toma de decisiones es uno de los procesos de gerencia organizacional que busca elevar la calidad de las tareas, funciones y actividades donde las personas involucradas puedan expresar los diferentes puntos de vista, con el fin de buscar las alternativas para la solución de problemas de manera más razonable, que ayuden a satisfacer necesidades básicas, poniendo entusiasmo en la ejecución de lo decidido.

El análisis general de la variable Techo de Cristal que arrojó un promedio de 3,00 estableciéndola en la categoría Moderada Presencia, contradice lo señalado por Burín (2006) quien define el techo de cristal como “una superficie superior invisible en la carrera laboral de las mujeres. Se trata de un techo que limita sus carreras profesionales, difícil de traspasar y que les impide seguir avanzando”. De acuerdo con este autor es invisible porque no existen leyes o dispositivos sociales establecidos y oficiales que impongan una limitación explícita en la carrera laboral de las mujeres.

A partir de entonces, se ha descrito este concepto como referido al trabajo femenino dado que las mujeres representan la mitad de la población mundial pero ocupan un ínfimo porcentaje de los cargos directivos. El techo de cristal está construido sobre la base de rasgos que son difíciles de detectar, por eso no se ve y se llama de cristal. Esta barrera invisible aparece cuando las mujeres se acercan a la parte superior de la jerarquía corporativa y les bloquea la posibilidad de avanzar en su carrera profesional hacia cargos de nivel gerencial y ejecutivo. De allí, que la población en estudio la ubique según sus respuestas, en la categoría Moderada Presencia.

Estos resultados muestran una forma diferente de formar membranas asimétricas mediante variables que pueden ser controladas fácilmente. Hasta el momento este método es una alternativa a aquellos publicados hasta el momento.

Conclusiones

Una vez abordado el objetivo que se propuso alcanzar a través de esta investigación, el cual consistió en analizar el techo de cristal en las secretarias de salud del Departamento de La Guajira en Colombia, se concluye lo siguiente:

Al Identificar los factores que condicionan el techo de cristal en dicha Secretaria se tiene que la población sujeta a estudio considera que el bienestar del ambiente laboral se ve influido por la distribución física de las oficinas y también cree que las políticas de la empresa están dadas para que se le facilite el desempeño de la labor que realiza, aun cuando esto no se lleve a cabo en su totalidad.

Desde el punto de vista cualitativo y tomando en cuenta la moderada presencia de aspectos relacionados con las barreras internas y externas, específicamente en la asignación de responsabilidades por parte de la gerencia para el logro de los objetivos fijados; la participación activa para la búsqueda de la excelencia, y la percepción de equidad en la remuneración, puede afirmarse que dentro del contexto estudiado el techo de cristal, no es tan invisible. Aún persisten otros indicadores, ubicados en la categoría de alta presencia, que resulta necesario vencer, tales como interacciones con sus superiores las cuales se establecen como si fuese una concesión especial, la falta de preocupación y apoyo de los superiores hacia las necesidades de estas empleadas y finalmente, la motivación que recibe de la organización que se basa en combinar las acciones de recompensas con el castigo dependiendo de su comportamiento. Por lo tanto, se recomienda revisar las leyes colombianas relacionadas con la entrada al mercado laboral de estas trabajadoras con el fin de proteger sus derechos.

Referencias

1. Bateman, T. y Snell, S. (2012). *Liderazgo y colaboración en un mundo competitivo*. México: McGraw Hill. Octava edición.

2. Burin, M. (2006). Las “fronteras de cristal” en la carrera laboral de las mujeres. Género, subjetividad y globalización. *Anuario de Psicología*, (**39**) 75-86.

3. Burin, M. (2012). *El techo de cristal, aún en los cielos* en: http://www.pagina12.com.ar/diario/psicologia/subnotas/169304-53957-2011-06-02.html /7-6-2013.

4. Chávez, N. (2007). *Introducción a la Investigación Educativa*. Venezuela: Editorial Graficas, S.A.

5. Chomsky, Noam (2011). *El nuevo orden mundial (y el viej*o). Madrid: Austral.

6. Delgado-Álvarez, M.; Sánchez, M. y Fernández-Dávila (2012). Atributos y estereotipos de género asociados al ciclo de la violencia contra la mujer *Universitas Psychologica*, (**11**) 769-777.

7. García, S. (2009). Reflexionar la identidad profesional como estrategia de poder. Hacia la repolitización del Trabajo Social. *Portularia*, 9 **(2),**113-122.

8. Hurtado, J. (2008). *El proyecto de investigación. Metodología de la Investigación*. Holística, Sypal. Caracas, Venezuela.

9. Organización Internacional del Trabajo (2011). *Global Employment Trends for Women 2012*. International Labour Office -Geneva: ILO.

10. Sabino, C. (2010). *El proceso de investigación*. Venezuela: Editorial Panapo.

11. Zabludovsky, G. (2015). Presencia de las mujeres ejecutivas en México. *Sociológica* (**33**), 73-97

 ISSN 2007-8102

Implementación de CANVAS y tablero de control para una empresa de productos congelados

P. I. Gómez Palestino[1], G. Cortés Robles[1], E. A. Romero Flores[1], E. Roldán Reyes[1], G. Cabrera Zepeda[1]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, IT Orizaba, Oriente 9 #852, Orizaba, C.P. 94300, Veracruz, México
**itaigomez@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se tomó como caso de estudio a una empresa familiar dedicada a la producción y venta de helados artesanales, que presenta problemas de falta de stock para ventas y un índice no satisfactorio de recurrencia de los clientes. Se identificaron las actividades más importantes en el proceso productivo, al igual que las necesidades más importantes para el cumplimiento de los objetivos de los dueños. Para definir y alinear dichas necesidades, se implementó CANVAS Business Model, de modo que se visualizaran las áreas de oportunidad, posteriormente se integró un análisis de procesos, con la finalidad de cumplir con la necesidad de mantener los productos disponibles en el área de venta. Una vez realizado el análisis, se creó un tablero de control, para poder determinar de forma cuantitativa el cumplimiento de los objetivos, en los que se logró controlar la falta de producto y mejorar el proceso de producción.

***Palabras clave**: CANVAS, diagrama de procesos, indicadores, tablero de control*

Abstract

The case of study is a family company dedicated to the production and sale of artisanal ice cream, this company has problems of lack of stock for sales, achieving an unwanted rate of recurrence of customers. The most important activities in the production process were identified, as well as the most important needs for the fulfillment of the owners' objectives. To define and align these needs, CANVAS Business Model was implemented, to reveal opportunity areas. A process analysis was subsequently integrated, in order to meet the need to keep the products available in the sales area. Once the analysis was carried out, a control panel was created, in order to quantitatively determine the fulfillment of the objectives, in which the lack of product was managed and the production process was improved.

***Key words**: CANVAS, process diagram, indicators, control panel.*

Introducción

Para este caso de estudio, se seleccionó una empresa familiar ubicada en la ciudad de Río Blanco, Veracruz, catalogada como MIPYME. Durante los últimos 20 años, ha realizado sus operaciones bajo una dirección no formalizada, que la ha llevado a tener adversidades por la falta de una visión estratégica, que no le permite tener planes de desarrollo a corto y mediano plazo, además de esto, carece de técnicas que permitan tener disponibilidad constante de sus productos para venta. Debido a la naturaleza de los productos que la empresa ofrece, estos no pueden estar en almacén por un periodo prolongado, por lo que se realizó un análisis de los procesos de producción, en los que se encuentro que existe variabilidad, debido a la falta de estandarización.

 ISSN 2007-8102

En este trabajo, se propone la implementación de CANVAS Business Model para una desarrollar las ideas centrales del negocio, tomando en cuenta algunos preceptos y los objetivos a corto y largo plazo. Como parte de las necesidades prioritarias, se encuentra tener disponibilidad de producto terminado y crear recurrencia en los consumidores. Para lograr cumplir con la demanda de los clientes y mantener producto terminado en mostrador, se realiza un análisis de procesos. En este último, se encontró que existen problemas de estandarización y tiempos de procesamiento largos, al igual que un cuello de botella, por lo que se decidió establecer metas a alcanzar por jornada, por semana y por mes. Esto se plasmó mediante a la creación de indicadores, de acuerdo a los valores esperados por la empresa, y el tiempo de procesamiento más bajo alcanzado por los colaboradores, el conjunto de indicadores sirvió para crear un tablero de control y establecer los niveles aceptables.

Metodología



Figura 1. Metodología.

CANVAS

Como primera actividad, se realizó el planteamiento de tres preceptos. En primer lugar, la disponibilidad de producto para venta en el momento que el cliente lo solicita; en segundo lugar, la confiabilidad, para los servicios prepagados, se conoce que el cliente desea recibir información previa a la entrega sobre su orden, para los servicios de mostrador, el consumidor espera que el producto se encuentre en perfecto estado, considerando textura y sabor; como tercer precepto, se considera el profesionalismo.

Para tomar en cuenta los requisitos de los propietarios de la empresa y los que los clientes esperan, se utilizó CANVAS Business Model. Se desarrollaron los nueve bloques establecidos en la metodología de Osterwalder (2009), para visualizar el modelo de negocio de la empresa y generar nuevas ideas a implementar a corto y largo plazo, de acuerdo a las condiciones de la misma.

 ISSN 2007-8102

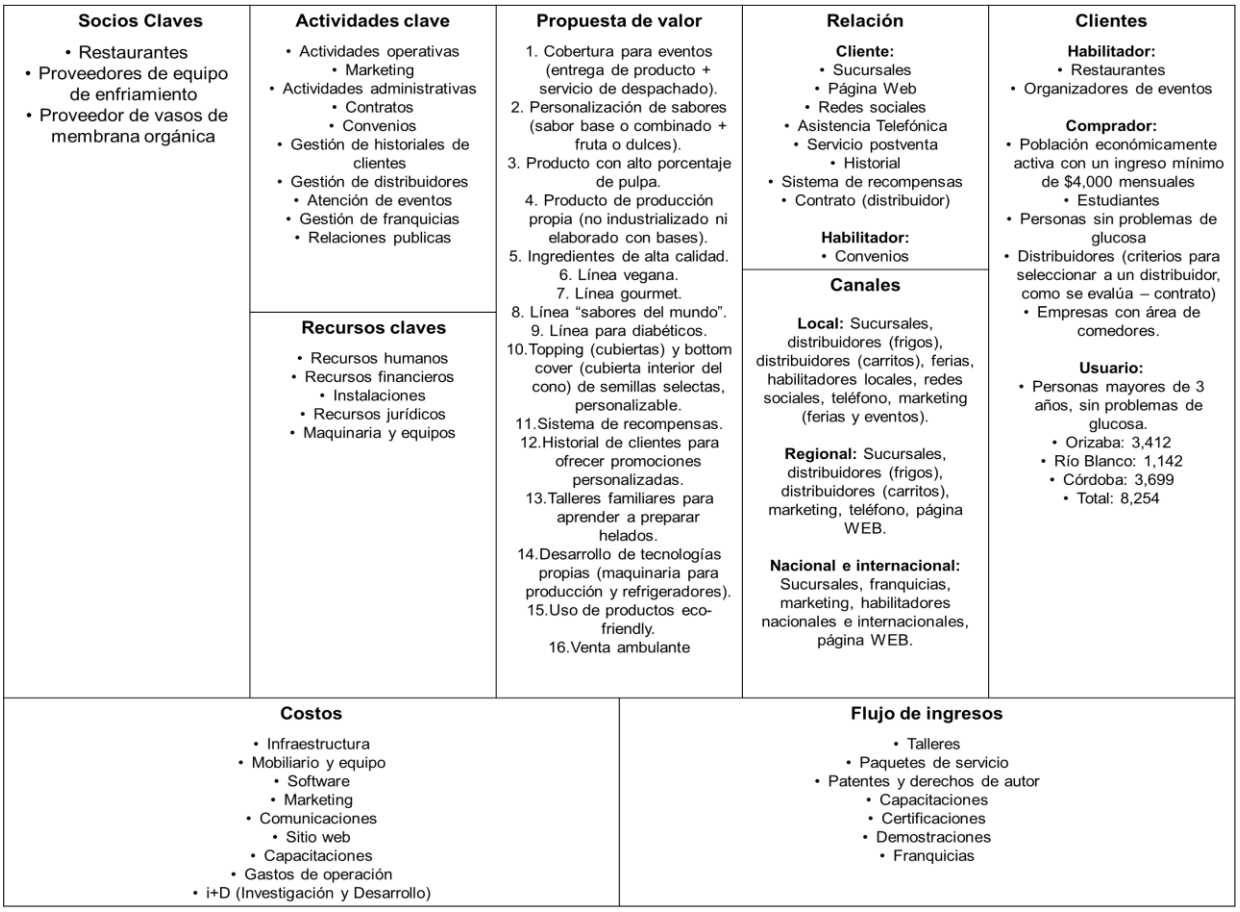


Figura 2. CANVAS de la empresa.

Como puede observarse en la Figura 2, se encuentra la estructura del modelo de negocio, donde se incluyen los datos más sobresalientes de los clientes. Se realizó una categorización, en la que se clasifican como habilitadores, compradores o usuarios. Debido al deseo de expansión de los propietarios de la empresa, se amplía la relación y los canales de contacto con los clientes, ya que actualmente solo existe la venta directa en mostrador.

Se establecieron dieciséis propuestas de valor, de las cuales la empresa cuenta actualmente con cuatro, se plantea realizar cinco a corto plazo y el resto a largo. Dentro de las actividades clave, se consideran las relativas al proceso de producción. Esto se debe a que parte de las ventajas competitivas es el sabor de los productos y en los preceptos se considera la disponibilidad.

Análisis de procesos

Para cumplir con el precepto mencionado anteriormente, se tomó una muestra de más de 60 corridas de producción, esto por medio de observación directa. Posteriormente se realizó una entrevista con el personal de la empresa que se dedica a la fabricación de los productos, con la finalidad de extraer datos relativos a las técnicas que utilizan y las metas del departamento.

La información recaba se depuró y estructuró para realizar un análisis de procesos, los cuales se plasmaron en dos diagramas. De forma general, la empresa cuenta con 2 procesos productivos, uno para los productos que requieren una base láctea y otro para los que requieren una base de agua.

 ISSN 2007-8102

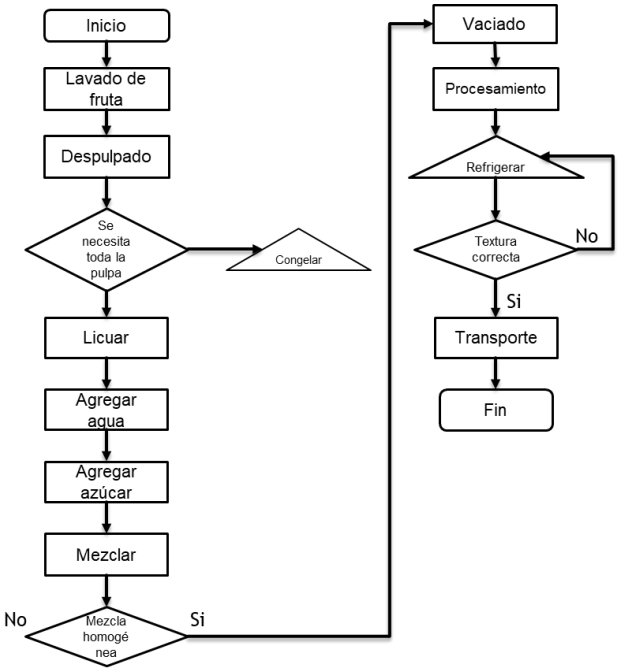


Figura 3. Diagrama de procesos para los productos a base de agua

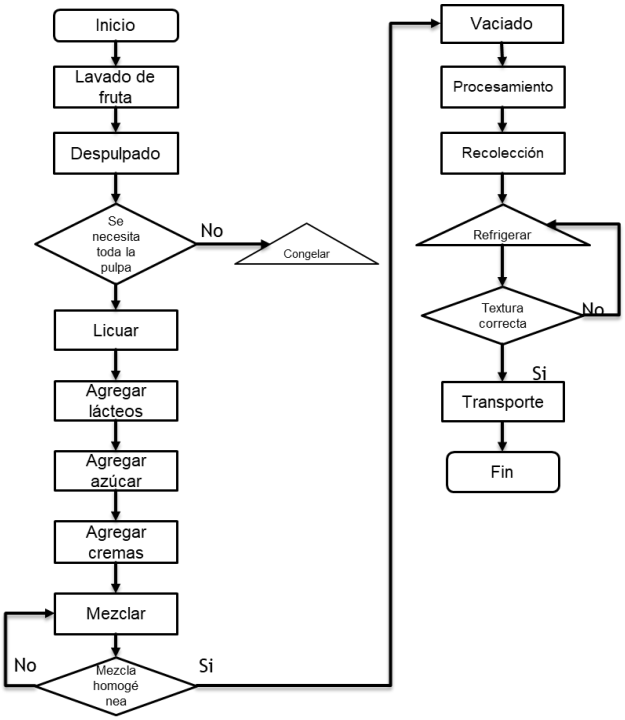


Figura 4. Diagrama de procesos de los productos a base de leche.

De acuerdo a lo mostrado en la Figura 3 y en la Figura 4, se puede observar que la empresa cuenta con dos procesos de fabricación muy similares, para los diferentes tipos de productos que realiza.

Al hacer un análisis de cada una de las actividades del proceso productivo, se determinó que existe un cuello de botella en el despulpado. Esta actividad puede llevar hasta 2 horas para ciertos insumos, debido a que se realiza de forma manual, lo que hace que la productividad sea más baja de lo deseado por los propietarios.

Adicionalmente a los cuellos de botella que llegan a presentarse con algunos insumos, se cuenta con una restricción en el procesamiento, debido a que el tiempo que necesita la maquinaria es fijo, y está cronometrado a 25 minutos, esto sucede para una cantidad de producto limitada, puesto que la capacidad de la maquinaria es de 12 litros por lote.

Una vez que el tiempo de procesamiento termina, debe ser supervisado de manera sensorial, esto se realiza en la siguiente etapa y está ligado a la percepción del colaborador. Al realizar el proceso de inspección de la textura de los productos, se cuenta con que existe una etapa de re-fabricación si los productos no cumplen con las características demandadas.

Se hace una recolección de datos manual, para que posteriormente se analice toda la información obtenida del proceso de fabricación.

Propuesta de indicadores

Una vez que finaliza la etapa de recolección de datos, se necesitaron de medidas cuantitativas. Estas fueron plasmadas a través de diversos indicadores, que fueron presentados a la empresa, a modo de que pudieran seleccionar los que fueran de mayor utilidad, y que mostraran la productividad dentro de los procesos de producción.

Se definieron los criterios aceptables, a través de valores mínimos y máximos para cada parámetro, tomando en cuenta que las medidas se encontraran dentro de las posibilidades de los colaboradores. Algunos de los indicadores seleccionados son los siguientes:

 ISSN 2007-8102

$$Rendimiento\ del\ insumo = \frac{Kilogramos\ de\ pulpa\ obtenidos}{Kilogramos\ comprados} x100$$

Ecuación 1. Indicador de rendimiento de insumo.

El indicador se presenta de manera general, sin embargo, debe aplicarse de forma individual a los insumos que producen pulpas. Se utiliza para determinar el rendimiento que se ha obtenido por cada uno de los insumos en cuanto a kilogramos de pulpa aceptables, es decir, aquellos que cumplen con las políticas de calidad de la empresa. Se aplica a catorce insumos distintos, catalogados como pulpas. Se selecciona debido a la importancia del manejo de las pulpas en la propuesta de valor. Cada uno de los insumos tiene un valor deseable distinto, debido a la particularidad de cada uno.

$$Merma\ de\ producto\ final = \frac{Litros\ de\ helado\ aceptados\ para\ venta}{Litros\ de\ helado\ producidos} \text{x}100$$

Ecuación 2. Merma de producto final.

Este indicador se presenta de manera general, sin embargo, debe aplicarse de forma individual a cada una de los productos que ofrece la empresa. Está dentro de la categoría de proceso, y se utiliza para determinar la cantidad de producto final que cumple con la calidad deseada por la empresa y la cantidad desechada por no presentar la textura ni sabor necesarios.

Adicional a los anteriores, se realizó la propuesta de más de 100 indicadores, que fueron posteriormente probados por la empresa, para poder validar que son de utilidad.

Tablero de control

Debido a la cantidad de información que se extrae de las corridas de producción y al número de indicadores presentados a la empresa, se realiza una selección de los indicadores más adecuados. Posteriormente, estos son categorizados, de modo que puedan adecuarse a cada una de las áreas de la empresa.

Posteriormente, se crean los formularios del tablero de control en hojas de cálculo, donde se define a que sección pertenecerá cada dato. Siguiente a esto, se realiza el vaciado de los datos, para poder visualizar los resultados y compararlos la periodicidad establecida anteriormente.

La Figura 5 muestra los datos pertinentes al indicador de la Ecuación 1. Debido a las características que se manejan para los distintos insumos, se establecieron distintos valores aceptables para cada insumo. Un ejemplo de esto son los insumos “mango 1” y “mango 2”, por ser de diferentes variedades y ser surtidos por distintos proveedores, poseen valores aceptables distintos. Lo mismo puede observarse con todos los insumos que producen pulpas naturales.

 ISSN 2007-8102

Número	Indicador	Fórmula	Mes Anterior	Mes Actual	Variación	Status
1	Rendimiento del insumo **mango 1**	Kilogramos de pulpa obtenidos / Kilogramos comprados	47%	43%	-4%	
2	Rendimiento del insumo **mango 2**	Kilogramos de pulpa obtenidos / Kilogramos comprados	70%	80%	10%	
3	Rendimiento del insumo **fresa**	Kilogramos de pulpa obtenidos / Kilogramos comprados	69%	72%	3%	
4	Rendimiento del insumo **cacahuate**	Kilogramos de pulpa obtenidos / Kilogramos comprados	94%	92%	-3%	
5	Rendimiento del insumo **coco**	Número de piezas aceptadas / Número de piezas compradas	98%	94%	-4%	
6	Rendimiento del insumo **guanábana**	Kilogramos de pulpa obtenidos / Kilogramos comprados	46%	44%	-2%	

Figura 5. Tablero de control, demostrando el indicador de rendimiento del insumo para distintos insumos catalogados como pulpas en la empresa.

Resultados y discusión

El desarrollo de CANVAS Business Model, permite a la MIPYME del caso de estudio, desarrollar propuestas de valor que le auguren el lograr sus objetivos de expansión, sin embargo, estas deben estar bien direccionadas al público meta.

Se establecieron dieciséis propuestas de valor conforme a las posibilidades presentes de la empresa y las esperadas a futuro, algunos de ellas ya se encuentran presentes, como el producto de elaboración artesanal, sin bases industrializadas y el alto porcentaje de pulpa que existe en los productos, al igual que el vínculo con proveedores, que puedan asegurar la calidad de los insumos y su disponibilidad pese a la estacionalidad.

Existen otras propuestas que se deben desarrollar a corto y largo plazo, considerando las capacidades actuales de la empresa, adicionalmente se tomó en cuenta un escenario favorable y uno desfavorable, para permitir un margen de acción.

Para que todas las propuestas que pueden observarse en la Figura 2 puedan llevarse a cabo, se considera las actividades operativas como una pieza clave, debido a problemas en inventarios que ha presentado la empresa, puesto que se desea elevar la recurrencia de los clientes.

Se encontró que los costos operativos son elevados, debido a la falta de estandarización en la fabricación de los productos y el tratamiento de los insumos, por lo que se decidió realizar un análisis de procesos. Se pudo observar la forma de trabajo de los colaboradores de la empresa, en la que se observaron tiempos de procesamientos más prolongados de lo debido, esto principalmente en los procesos que están relacionados a los insumos, debido a que las pulpas están directamente relacionadas con la propuesta de valor del negocio. Para mejorar la situación actual, se crearon indicadores para conocer el rendimiento de cada insumo.

Adicionalmente, se tomaron los tiempos para cada proceso. Pudo observarse que hay colaboradores que realizan las actividades en tiempos mucho más cortos, para lo cual, se crearon indicadores de productividad, tomando como base el tiempo más bajo de registrado. Al considerar un menor tiempo de producción, se puede observar una mejora en la administración de la producción, puesto que ahora existen metas a alcanzar em el departamento.

El tablero de control sirve de guía para determinar en que estado se encuentra la empresa cada semana o mes, al igual que se puede observar la información por áreas. Esto brinda a la empresa la posibilidad de tomar decisiones que ayuden a mejorar su productividad, el servicio al cliente, mejorar la mano de obra con la que cuentan. Todos estos puntos, se deben ver reflejados a mediano plazo en los recursos financieros, por lo que es pertinente mantener un seguimiento del caso.

Como punto final, mediante la implementación de las técnicas de este caso de estudio, se logró una disminución de falta de stock para venta planteada al inicio, por lo que se espera que la recurrencia de los clientes sea mayor.

Trabajo futuro

Con la información recabada hasta el momento, se pretende que en un futuro se cree un Mapeo de Flujo de Valor (VSM), con la finalidad de entender cada uno de los procesos de la empresa a profundidad, del mismo modo para poder identificar las actividades que no que no agregan valor.

Se debe mantener un seguimiento a la información de la empresa, para seguir comparando las cifras de productividad y encontrar márgenes de mejora, debido a que se necesita crear servicios que ayuden a incrementar la captación de clientes y que la compañía pueda alcanzar sus objetivos de expansión.

Conclusiones

Se realizó una propuesta de modelo de negocio para una microempresa local, que le permita generar propuestas de valor considerando sus capacidades actuales, y la capacidad que espera obtener a largo plazo. Con las técnicas desarrolladas para la empresa, debe aumentar la captación de clientes y recurrencia de los mismos. Una clave para lograrlo es la disponibilidad de los productos, misma que pudo mejorarse al analizar los procesos y establecer objetivos por área.

Se observó que, existía un cuello de botella y una restricción, que hacían que ciertos productos se queden sin inventarios de producto terminado, al igual que sin stock para venta, esta situación resultaba alarmante, puesto que tampoco se priorizaba el acelerar las actividades de los productos más vendidos.

La implementación de indicadores por área y el desarrollo de un tablero de control, han permitido a la empresa contar con información pertinente a abastecimiento, procesos, mano de obra, competitividad y recursos financieros. De este modo, la empresa puede contar con un mayor control, al igual que con información que apoye la toma de decisiones, haciéndola más acertada.

Se puede concluir que, existe una mejora en la administración de los procesos producción de la MIPYME, solventando los problemas que existían en los tiempos de procesamiento más largos de lo debido, al igual que se ha logrado disminuir la falta de producto en el área de ventas, asegurando que la empresa cuente con stock suficiente y pueda realizar las ordenes de producción en el momento oportuno.

Referencias

1. Berdugo, C. T. (2014). DISEÑO Y DESARROLLO DE SERVICIOS: UNA NUEVA PERSPECTIVA DESDE EL CICLO DE VIDA. Interciencia, vol. 39, núm. 2, 111-115.
2. Imran, S., van Husen, C., & Haeberle, D. (2018). A service design framework for the initial phase of service development. PROCEDIA CIRP 73, 120-123.

3. Kimbell, L. (2017). The Service Innovation Handbook: Action-oriented Creative Thinking Toolkit for Service Organizations: action-oriented creative thinking toolkit for service organizations; templates-cases-capabilities. Ámsterdam: BIS Publishers.
4. Kubota, Y. (2017). The task to design highly service-oriented Product-Service System. Procedia CIRP 60, 416–421.
5. Mañez, R. (12 de Marzo de 2017). Modelo Canvas. Obtenido de Marketing and Web: https://www.marketingandweb.es/emprendedores-2/que-es-el-modelo-canvas/.
6. Michalik, A., Möller, F., Henke, M., & Otto, B. (2018). Towards utilizing Customer Data for Business Model Innovation. Procedia CIRP, 310-316.
7. Muto, K. K. (2015). A Guideline for Product-Service-Systems Design Process. Procedia CIRP 30, 60–65.
8. Ost Scherer, J. &. (2016). Product-Service System (PSS) design: using Design Thinking and Business Analytics to improve PSS design. Procedia CIRP 47, 341 – 346 Osterwalder, A. &. (2011). Generación de modelos de negocio. Barcelona: DEUSTO.
9. Pavie, X. &. (2015). Leveraging uncertainty: a practical approach to the integration of responsible innovation through design thinking. Procedia - Social and Behavioral Sciences 213, 1040–1049.
10. Prendeville, S. &. (2017). Sustainable Business Models through Service Design. Procedia Manufacturing 8, 292–299.
11. van Capelleveen, G. (2019). The recommender canvas: a model for developing and documenting. Expert Systems With Applications.
12. West, S. &. (2016). Creating product-service system opportunities for small and medium size firms using service design tools. Procedia CIRP 47, 96 – 101.

Generación de estrategias de marketing digital a partir de la aplicación de minería de opiniones en una empresa de servicios

D.J. Lozada-Dario [1], E. Roldán Reyes[2], M. Gallardo Córdova[3], *G. Cortés Robles[4]* y N. Ortega Petterson[5]

[1]Maestria en Ingeniería Administrativa, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver. , México. dianalozadad@ito-depi.edu.mx

[2]Maestría en Ingeniería Administrativa, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver. , México. eroldanr@ito-depi.edu.mx

[3]Maestría en Ingeniería Administrativa, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver. , México. maricelagal@gmail.com

[4]Maestría en Ingeniería Administrativa, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver. , México. gc_robles@hotmail.com

[1]Maestria en Ingeniería Administrativa, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver. , México. nuriaop2806@hotmail.com

.

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La presencia de las organizaciones en los medios digitales constantemente genera diferentes tipos de datos, estos cuentan con información valiosa tanto numérica como textual para las mismas y si, esta pasa por desaperciba o sino se procesa correctamente se pueden perder indicadores elementales que permiten a las empresas tomar decisiones importantes. En los últimos años, se han desarrollado diferentes alternativas para el análisis datos de plataformas digitales y la Minería de Opiniones es una opción con la que se puede lograr dicha acción puesto que, esta herramienta está orientada al análisis de textos donde se busca determinar la polaridad de las opiniones expresadas por el emisor hacia un determinado asunto, en el caso específico de esta investigación refiere a la implementación de un modelo de Minería de Opiniones enfocado a una campaña digital mismo que, permitió generar estrategias de marketing digital fundamentadas en datos y estadísticas a partir de analizar los comentarios generados de dicha campaña digital.

***Palabras clave**: Minería de Opiniones. Marketing Digital. Estrategia. Datos*

Abstract

Organizations in the digital media generates in a constantly way different types of data, they have valuable information for them, this information could be both numerical and textual and if, it goes unnoticed or if it is not processed correctly, it could lose elementary indicators that allow companies to make important decisions. In recent years, different alternatives for the analysis of data from digital platforms have been developed and Opinion Mining is an option with which this action can be achieved. This tool is oriented to the analysis of texts where polarity is sought to be determined of the opinions expressed by the issuer towards a specific issue, in the specific case of this investigation, it refers to the implementation of an Opinion Mining model focused on a digital campaign that allowed the generation of digital marketing strategies based on data and statistics to from analyzing the comments generated from a digital campaign.
***Key words**: Opinion Mining. Marketing Digital. Strategy. Data.*

Introducción

El Internet ha cambiado el mundo de manera drástica en los últimos años puesto que, no solo ha modificado la forma en que se comunica la sociedad, sino como se relaciona y aprende. El contenido que se encuentra en la Web crece a una velocidad considerable día a día y cada vez se hace más difícil el poder analizarlo con métodos tradicionales estos datos como, por ejemplo, modelos de notación y la estructuración de *corpus* para la extracción de los mismos en plataformas digitales, lo anterior es consecuencia de que esta información es abundante, mucho más compleja y el número de usuarios se incrementa de manera exponencial. Como cifra referente a este

aumento, un estudio elaborado por la Instituto Mexicano de Estadística registró que, del 2013 al 2017, hubo un aumento del 11.5% en el número de usuarios de Internet en México, es decir se alcanzó una cifra de 79.1 millones de personas (INEGI, 2017).

Este aumento de usuarios en Internet se debe a diferentes factores, como, por ejemplo: la facilidad del acceso al Internet y a las Tecnologías de Información, así como a la disminución del costo por uso y al incremento del soporte de tráfico de los sistemas de comunicación. Dichos factores, han logrado cambiar el contexto del internet, puesto que, éste pasó de ser un medio informativo a uno de interacción comercial, en donde los usuarios se comunican a través de una enorme plataforma globalizada, creando contenido y teniendo una fuerte influencia sobre el éxito de las organizaciones. Bajo este contexto, la problemática particularmente se centra en la zona centro del estado de Veracruz, en un centro educativo de la zona, catalogada como empresa de servicios, la cual se ha interesado en integrarse al mundo digital desde el año 2010, ampliando sus canales de comunicación mediante su sitio web y redes sociales. Sin embargo, a pesar de que la universidad tiene un departamento de marketing y comunicación, los resultados obtenidos no han sido óptimos; ya que existe poco tráfico e interacción en las redes sociales, tanto por parte de los estudiantes de este centro educativo, como de internautas que podrían ser clientes potenciales para la institución, todo esto como consecuencia de la falta de estrategias de marketing digital para generar *engagement* en Facebook®. Para ejemplificar los anterior, en Facebook®, la página oficial de esta organización, cuenta con una comunidad de 8,950 usuarios mismos que, representan cerca del 10% de la población Joven y Adulta de Orizaba, Veracruz y por cada publicación hay un promedio de 5 y 10 interacciones que, en comparación con indicadores positivos de otras marca (el engagement positivo tiene que ser del 110% por arriba del número de usuario según Ernould, 2013) porcentaje, que específicamente las publicaciones de la página en Facebook de este centro educativo puede considerarse de bajo impacto en comparación al número de usuarios que siguen la fan page.

Relevante a lo anterior, es necesario mencionar que este un objetivo de esta organización es la de privilegiar la publicidad digital por encima de la tradicional (radio, televisión, periódicos, material publicitario, entre otros) y se están destinado diferentes recursos para las estrategias de mercadotecnia y comunicación enfocadas en este sector y que, a pesar de estos esfuerzos como por ejemplo, realizar constantemente publicaciones y pagar por publicidad y alcance del sitio, no se tiene la respuesta deseada por sus seguidores ya que, debido a que no se tiene una estrategia bien definida de marketing digital. Así mismo, es necesario mencionar que la estructuración del plan de marketing digital no se ha adaptado a la era digital y el centro educativo realizaba publicaciones en base a los eventos que se realizan y no con una planificación previa, haciendo que su gestión a cabo de acciones independientes que no tienen un objetivo y visión sólida.

En contraste de lo anterior, la motivación que se tuvo para realizar esta investigación en este centro educativo se enfoca en desarrollar estrategias de marketing digital sustentadas en información precisa que es proporcionada por los clientes y consumidores de esta organización enfocadas a un target especifico mismo que, es representando tanto por clientes como consumidores, así como internautas digitales. Con base a esto, es necesario generar acciones correspondientes con el modelo de Minería de Opiniones para extraer información valiosa de las campañas online del centro educativo para redireccionar y retroalimentar las estrategias futuras en la organización.

Metodología

La metodología que se llevó a cabo para el desarrollo de esta investigación se presenta a través de las siguientes etapas:

Primera etapa: Elaborar plan estratégico de marketing digital para las campañas de marketing digital junto al equipo de comunicación del centro educativo.

> Fue fundamental trabajar junto con el centro educativo en la elaboración y estructuración de su plan de marketing estratégico con el fin de aumentar el tráfico en redes sociales de dicha institución. Se realizaron diferentes actividades en el Facebook® de este centro educativo las cuales, consistieron en contestar una serie de preguntas y seguir instrucciones específicas como compartir la publicación con ciertas etiquetas de texto, así como opinar sobre las dinámicas realizadas.

Segunda etapa: Utilizar una herramienta en línea que permita rastrear los hashtags para recolectar los datos generados por las campañas.

> En esta etapa se identificaron todos los datos que se generaron a partir de las estrategias de mercadotecnia mencionada anteriormente, se utilizaron etiquetas de texto (hashtags) para detectar los

comentarios realizados en de la campaña en las diferentes plataformas digitales. Estas etiquetas de texto permitieron que un software on-line pueda tener una adecuada monitorización de las publicaciones.

Tercera etapa

1. Aplicar el siguiente modelo para realizar la Minería de Opiniones mediante el software especializado para el análisis y minería de datos.

   Se implementó el análisis de datos a través de la aplicación un modelo de Minería de Opiniones en un software especializado para la minería de los mismos, lo anterior permitió analizar a profundidad la polaridad de las opiniones.
   A continuación, se explicarán las tres partes fundamentales que componen a dicho modelo y también se mostrará de manera gráfica el mismo:

Modelo para la Minería de Opiniones

Dentro del modelo para la Minería de Opiniones se desarrollan cuatro principales pasos mismos que estarán esquematizados en la Ilustración 1:

1. **Adquisición. -** El paso de adquisición de información se refiere primordialmente a la recopilación de los datos generados por los internautas en la campaña digital. Estos fueron generados a través de la participación de los mismos en redes sociales mediante la expresión de su opinión en ciertas dinámicas implementadas.

2. **Pre-procesamiento.-** Una vez que se ha recopilado esta información, se debe de refinar, es decir, se transforma de manera gradual a través de diferentes subprocesos. Las tareas del procesamiento son las siguientes:

   - Conversión de mayúsculas y minúsculas.
   - Tokenización.
   - Palabras de detención.
   - Corrección de términos.
   - Filtrado de términos.

Después de aplicar los procesos mencionados con anterioridad, el texto disminuye de manera considerable en volumen, dejando solo el texto más relevante para el siguiente paso de procesamiento. Por lo tanto, las palabras restantes se concentran y cuentan en una matriz frecuente de conjuntos de elementos.

3. **Procesamiento. -** Durante esta etapa se aplican sucesivamente dos subprocesos principales: agrupamiento y categorización. Estos se explican en las siguientes secciones.

- Agrupación. La agrupación en clúster es una tarea de Minería de Datos para organizar datos en grupos según algunas métricas de similitud en las que estas estén involucradas. En el agrupamiento, la métrica de similitud es una función que mide la distancia entre los centros de los grupos. En el dominio de Minería de Opiniones, el enfoque de agrupación está dirigido hacia determinar polaridades, determinando si es positiva o negativa con respecto a un tema específico.
- Categorización. La categorización, también conocida como clasificación de texto, ayuda a identificar el tema al que pertenece un documento teniendo en cuenta algunos temas predefinidos.
  Para obtener la polaridad de un comentario existen 2 métodos más usados. El primero de ellos es usar métodos de aprendizaje computacional (machine-learning approaches) y el segundo es utilizar diccionarios léxicos. Durante esta etapa, el aprendizaje computacional busca analizar la información de manera automática de una forma supervisada, basándose primordialmente en sets de entrenamiento, los cuales posteriormente pretenden ser utilizados para catalogar el resto de las opiniones encontradas

 ISSN 2007-8102

en la plataforma digital realizando pruebas y luego validándolas. Las principales técnicas de este método son: Support Vector Machine (SVM), Naive Bayes, y clasificadores de máxima entropía.

La mayoría de estos métodos, sin embargo, van acompañados de algún diccionario que entrega información a priori de los términos para obtener las polaridades respectivas. En algunos casos, estos diccionarios son realizados por personas y en otros se ocupa un sistema semiautomático.

A continuación, se explicará la técnica utilizada para la clasificación de opiniones en el Modelo de Minería de Opiniones:

Support Vector Machine

Support vector machine (SVM) es altamente usado para la clasificación y detección de sentimientos. SVM se basa en métodos kernel, los cuales toman los datos y los ponen dentro de un espacio de características apropiado. De esta manera usan algoritmos lineales para determinar patrones no lineales. El método se basa principalmente en vectores donde, usando aprendizaje computacional, logra tomar decisiones de límite entre dos categorías separándolas lo más posible una de otra. SVM fija el criterio de separación entre las dos clases a clasificar y esté debe estar lo más alejado posible del criterio a clasificar. La distancia, del punto de decisión, al punto más cercano es el margen del clasificador. Es así, como el método queda definido por una función de decisión que involucra un subconjunto de características o datos (support vectors) que definirán la posición del separador. Es de esta manera, la decisión del límite o margen es bastante importante ya que los datos que queden en torno a este tendrán una menor probabilidad de ser catalogados correctamente.

Es importante mencionar que en esta parte se definió la manera en que se determinarán las polaridades de los comentarios recabados en las redes sociales, es decir, si estos son positivos, negativos o neutrales. En otras palabras, la información cualitativa paso a ser cuantitativa.

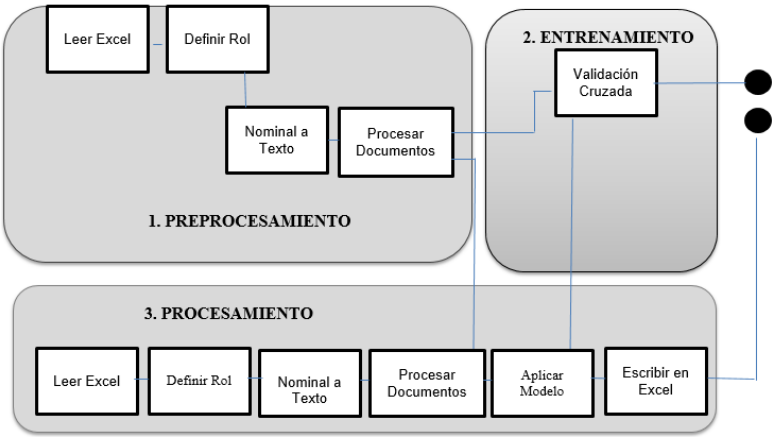


Ilustración 1.- Modelo de Minería de Opinión para analizar los comentarios.

Cuarta etapa:

4.- Evaluación de resultados obtenidos.

La evaluación del modelo conforme a su rendimiento puede ser realizada a partir de dos perspectivas:

- Objetivamente: calculando la precisión de la categoría en el modelo y;
- Subjetivamente: con una evaluación cualitativa de un dominio experto.

La primera evaluación puede estimarse calculando la precisión sobre la frecuencia con la que un documento se clasifica correctamente. Esta evaluación cuantitativa generalmente se realiza midiendo el puntaje de error y puede determinarse por las funciones de precisión y *recall* cuya definición se proporciona en las siguientes ecuaciones (Weiss et al., 2010):

Precisión = clasificaciones positivas correctas / predicciones positivas
Recall:= predicciones positivas correctas /documentos de clase positiva

Básicamente, la precisión calcula el porcentaje de documentos correctamente clasificados donde la recuperación mide el porcentaje de los documentos examinados por este modelo de clasificación. Sin embargo, estas dos medidas pueden ser sensibles a variaciones entre sí. Por esta razón y en el caso específico de la aplicación de este modelo se evaluó el desempeño que tuvieron los comentarios bajo un marco de cinco meses de las campañas digital para tener un mayor control de la información.

4. Redireccionamiento de estrategias de marketing digital conforme a los resultados.
   Por último, una vez obtenida la información sobre el nivel de impacto de la campaña *on line*, así como la polaridad de la misma, se desarrollarán estrategias enfocadas especialmente a. las áreas de oportunidad del marketing digital del centro educativo.

Quinta etapa

5. Aplicación del enfoque propuesto.

Estudio de caso en un centro educativo en la ciudad de Orizaba, Veracruz.

El modelo de propuesto se aplicó en un centro educativo en la ciudad de Orizaba Veracruz, la cual, brinda servicios educativos. La implementación requirió de una previa planificación por el departamento de mercadotecnia y comunicación de la universidad. La metodología propuesta se aplicó de la siguiente manera:

(1) Realización del plan de marketing digital

La estrategia de marketing digital se debe de centrar en las acciones que se realizaran en línea (Chaffey & Smith, 2013). Idealmente, la estrategia debe estar basada en los objetivos y en los recursos disponibles, así como, en el contexto de las estrategias de la competencia, tanto existentes y potenciales).
La estrategia de marketing digital debe estar compuesta por los siguientes elementos:

- Segmentos
- Mercado objetivo
- Objetivos
- Posicionamiento
- Secuencia
- Adquisición y retención de clientes
- Herramientas tácticas
- Integración
- Redes sociales (incluye estrategia de contenidos)

Así mismo, se deben de tomar en cuenta los indicadores clave de rendimiento (KPI'S) y en el caso específico de este centro educativo se seleccionaron los que conforman alcance e influencia: *Share Voice* (Publicidad boca en boca), *Sentiment* (Opiniones y Sentimientos), *Network Size* (Crecimiento de la red social) y *Engagement* (compromiso- "enganchamiento").
Para determinar cuál indicador de rendimiento es más importante para este centro educativo y a partir de esto, poder estructurar el plan se realizó un proceso de análisis jerárquico junto con el equipo de marketing y comunicación de esta institución educativa. El mismo que pudo determinar que, el indicador alcance e influencia en el cuál, la institución educativa enfocara esfuerzos es: Engagement (Compromiso) puesto que este obtuvo un porcentaje de importancia del 57% y posteriormente, Sentiment (Opinion y Sentimientos de sus internautas y clientes) con un porcentaje de 27%.

El plan de marketing digital de este centro educativo está orientado primordialmente a conocer el segmento y mercado objetivo, es decir, conocer profundamente que piensan los clientes, consumidores e internautas en las

redes sociales de misma, además de implementar herramientas y acciones dinámicas para integrar a los usuarios y posicionar a la organización en cada una de sus redes sociales, generando contenido de interés para sus internautas.

(2) Adquisición de datos a través de la Minería de Web Social en plataformas digitales

La presente investigación se enfocó en la acción de Minería de Web Social misma que, es parte fundamental para obtener datos de plataformas digitales de esta organización.
Como primera acción, se planificar estrategias y acciones enfocadas en el objetivo: “Realizar un estudio de minería de opiniones y sentimientos en nuestras redes sociales para saber que se piensa el internauta, cliente y consumidor sobre la organización en plataformas digitales en un plazo de un año”
Las acciones de este objetivo están marcadas por tres etapas:

- Implementación de estrategias digitales
- Recolección de datos
- Análisis de datos

Las estrategias digitales se planificaron en enero junto con el equipo de marketing y comunicación y se implementaron de febrero a julio. Es importante mencionar que las estrategias están compuestas por tres elementos: dinámicas, cuantificables y medibles.

A continuación, se describen las acciones que se realizaron:

- Trivia: Se realizaron Trivias de participación en el Facebook con la intención de crear contenido dinámico y aumentar el tráfico, así como, el *engagement* de los clientes e internautas. Las trivias tienen que ir acompañadas de etiquetas de texto para que las opiniones de los usuarios puedan ser rastreadas.

Posteriormente, se realizó una encuesta en línea durante el periodo Mayo- Julio en donde se le hacían preguntas al consumidor interno específicamente sobre las redes sociales de este centro educativo.

(3) Preprocesamiento

Después de la adquisición, se realizó el preprocesamiento de la información. En esta etapa se realizan las tareas anteriormente descrita y se aplicaron en orden: (1) tokenización, (2) conversión de casos, (3) eliminación de palabras vacías, (4) corrección de términos y (5) filtrado de términos. Después de los subprocesos iniciales (1) y (2), los tokens se identificaron cerca de 1,400 instancias textuales, de 2063 en total. Las instancias textuales se trataron como una sola bolsa de palabras. El uso de este enfoque fue identificar las palabras que se repetían más y, por ende, identificar su polaridad para determinar resultados.
Las palabras que más se repetían en esta investigación fueron las siguientes: “Bueno” (38 veces), “Muy” (32 veces), “Bien” (28 veces), “Útil” (24 veces), “Gusta (23 veces), “Más” (22 veces), “Excelente” (8 veces) e “Información” (4 veces).

(4) Procesamiento: En este paso se aplicaron los subprocesos de agrupamiento y categorización a los datos transformados. Primero, la agrupación con el algoritmo SVM. El algoritmo toma los datos y los coloca en un espacio de características correspondientes, es decir los clasifica. El método se basa en vectores que junto con el aprendizaje computacional, logra tomar mejores decisiones de límite entre dos categorías. En este caso de estudio las dos categorías la conforman la polaridad: positivo y negativo que tengan las opiniones en la base de datos. Una rápida evaluación experta del resultado en este grupo mostró que las instancias se agrupan alrededor de la palabra: "buena" y/o “bueno”; misma que puede detonar de primera instancia hacia donde se dirige la polaridad de esta investigación.

(5) Evaluación: Después de clasificar conforme a polaridad se debe evaluar si se ha clasificado correctamente las opiniones y si estas están alineadas con la base de datos que fue recolectada de los comentarios obtenidos en la campaña digital.

(6) Redireccionamiento de estrategias de marketing digital conforme a los resultados: Por último, una vez obtenida la información sobre el nivel de impacto de la campaña *on line*, así como la polaridad de la misma, se desarrollarán estrategias enfocadas especialmente a las áreas de oportunidad del marketing digital del centro educativo para el siguiente periodo de evaluación agosto-diciembre

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

- El análisis de opiniones que se realizó conforme a polaridad tuvo como resultado una tendencia positiva ya que, cuenta con un 61% de comentarios positivos y un 2% de comentarios negativos, el resto de comentarios son neutros, mismos que son representados con un 37%. La base de datos con la que se realizó este primer análisis contaba con un total de 274 datos mismo que fueron obtenidos de las redes sociales del centro educativo. Por otra parte, es importante mencionar en este punto, que el sesgo en un principio era basto ya que, la dinámica que se llevó a cabo para obtener las opiniones no permita a los usuarios expresar libremente su opinión por el miedo de poder tener represalias a partir de esto puesto que, estos pertenecen a este centro educativo.
  A continuación, se muestra una gráfica donde se puede observar el comportamiento de los datos y la tendencia que estos tienen conforme a polaridad:

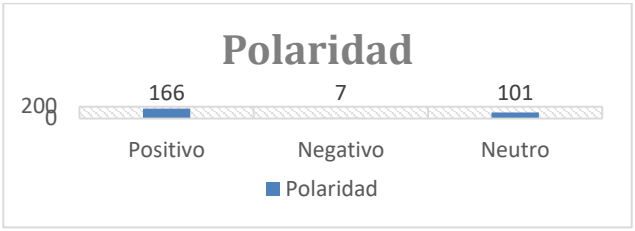


Ilustración 2.- Gráfica de polaridad de comentarios de la campaña digital del periodo febrero- julio

  En la ilustración 2.- gráfica de polaridad de comentarios de la campaña digital del periodo febrero- julio, se observa la tendencia de los comentarios en el periodo febrero-julio. Se puede interpretar que en la gráfica hay dos variables: De manera vertical se encuentran el número de comentarios analizados y de lado horizontal la polaridad de los comentarios analizados. Se puede observar que, en conjunto, estos tienen una tendencia positiva. A lo que conlleva a concluir que las estrategias implementadas en dicho periodo son aceptadas por los consumidores, pero tienen un campo de oportunidad de mejora ya que no se obtuvo arriba del 60% de polaridad positiva.
- La participación de los usuarios en el periodo de evaluación de resultados febrero- julio han sido dinámica puesto que los usuarios han aceptado las actividades *on line* y permiten una rápida adaptación a dichas actividades.
- El equipo de Marketing Digital ha notado que los comentarios; tanto positivos como negativos ayudan de manera exponencial a re-direccionar la campaña online de la Universidad puesto que, al saber la polaridad de las opiniones conforme a las trivias implementadas se puede saber si el tiempo de implementación es correcto o en su defecto, si las instrucciones a seguir son claras.

Conclusiones

- En este trabajo de investigación se presentaron los fundamentos enfocados para enfrentar la problemática planteada, la clasificación automática de textos de opinión a través de su polaridad.
- El avance tecnológico en el que se ven conjuntas las empresas exhorta al consumidor a expresarse a través de los medios sociales digitales, permitiendo a través de las redes sociales como se sienten respecto a cierto producto o servicio y si este es agradable, bueno, malo o si se sienten disconformes para una organización es de suma importancia el rescatar esta información puesto que esta permite tomar decisiones conforme a campañas tradicionales y sobre todo digitales en las que está invirtiendo sus recursos la organización.
- La clasificación automática es una herramienta potente, que ha ido facilitando el proceso de la extracción y clasificación manual, disminuyendo costos y tiempos para las organizaciones en la que es utilizada.
- El proceso para la clasificación es fundamental que se encuentre bien estructurado, para que así los algoritmos puedan funcionar de manera correcta, por ello es que se trabajó con una mayor cantidad de

datos como sea posible para lograr mejores resultados y también se probaron diferentes tipos de algoritmos.

- Realizar un modelo de minería de opiniones permite que tanto en la etapa de pre-procesamiento, al igual que en el proceso de minería de datos formen un papel fundamental para la obtención de buenos resultados. Transformar los mensajes, realizar limpieza a los datos, convertirlos para que el clasificador entienda el texto es un punto fundamental para evitar errores. Sin embargo, se puede concluir en este punto que es necesario tener un conocimiento significativo sobre disciplinas como las ciencias computacionales, lingüística y estadística para obtener mejores resultados.
- Por otra parte y con respecto a los resultados obtenidos se puede concluir que, el análisis de opiniones conforme a identificar polaridades es un campo en el que solo habían estado inmersas organizaciones con giros a fines a la clasificación de datos o en su defecto, que su comercio se realice directamente en plataformas digitales; dejando a un lado la oportunidad para las empresas de servicios el poder tomar estas técnicas para su conveniencia, en el caso específico de los centros educativos se debe aprovechar el uso de su información de una manera que pueda satisfacer su planificación estratégica de mercadotecnia tradicional y digital a corto, mediano y largo plazo y con una retroalimentación directa de sus consumidores y clientes.
- Los trabajos futuros que se pueden dar a partir de la comprensión y aplicación de un modelo basado en la Minería de Opiniones tiene un horizonte muy amplio, puesto que, no sólo se puede utilizar para investigaciones con fines de marketing digital y comercio electrónico sino también, se puede realizar sinergia y aplicación académica, administración estratégica, recurso humano, logística, seguridad, biomedicina, entre otras áreas.

Agradecimientos

A mis padres, han sido un apoyo fundamental en cada paso que doy. Mi pilar, mi sustento. ¡Infinitas gracias! Mis hermanas, Marilyn, Vicky y Jessy puesto que la responsabilidad llego con ustedes. A mis amigos, Vero e Itai. ¡Son los mejores!

Al CONACYT y PNPCC por aceptarme en su programa y permitirme realizar el sueño de estudiar un posgrado. Al Instituto Tecnológico de Orizaba por permitirme enfrentarme a un nuevo reto, por profesionalizarme y obtener nuevos conocimientos.

Referencias

1) Aggrwal, C. C. (2012). Mining Text Data. New York: Spring.
2) Deshmukh, J. S., & Tripathy, A. (2018). Entropy based classifier for cross-domain opinion mining. ELSEVIER: Applied Computing and Informatics, 55-64.
3) Chaffey, D., & Smith, P. R. (2013). Emarketing excellence: planning and optimizing your digital marketing (4th ed). London ; New York: Routledge.
4) Fernández, J., Boldrini, E., Gómez, J., & Barco, P. (2011). Análisis de Sentimientos y Minería de Opiniones: el corpus EmotiBlog. Procesamiento del Lenguaje Natural, 179-187.
5) Figueroa Rojas, S. C. (2015). Estrategia de marketing digital en redes sociales para Pymes mexicanas: aplicación al Centro Universitario de América (CUAM). Universidad Autonoma de México, Ciudad de México.
6) García, L. M. (2014). Análisis de Sentimientos y predicción de eventos en Twitter. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
7) Guerrero, M. G. (2017). El marketing digital y su influencia en el posicionamiento de los colegios privados del distrito de Trujillo, La Libertad-2017. . Perú: Universidad César Vallejo.
8) José Aguilar, Hebert, S., Gutiérrez de Mesa, J., Cordero, J., Chávez, D., & Terán, O. (2015). Diseño, desarrollo e implementación de una aplicación de web opinion mining para identificar el sentimiento de usuarios de twitter con respecto a una compañía de retail-. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
9) José Aguilar, O. T. (2017). Towards a Fuzzy Cognitive Map for Opinion Mining. ELSEVIER: Procedia Computer Science, 2522–2526.
10) Karthink, V., Dheeraj, N., & Anuradha, J. (2018). Opinion Mining on Emojis using Deep Learnig Techniques. ELSEVIER: Procedia Computer Science, 167–173.

Diseño de un plan de control interno para una empresa de confección en Teziutlán, Puebla.

L. Carreón Romero[1], M.E. Carreón Romero[2], R.C. Carreón Romero[3]*
[1]Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[2] Academia de Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[3]Academia de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, 73680, Zacapoaxtla, Puebla, México.
[*]laura.carreon@itsteziutlan.edu.mx
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa.*

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito diseñar un plan que incluyera el control interno como medida para salvaguardar los recursos del almacén de una empresa de confección de prendas de vestir del municipio de Teziutlán, Puebla. Para ello fue necesario indagar a través de la técnica de la observación y de entrevistas con los empleados del departamento de almacén, los procedimientos que actualmente utilizan para controlar los inventarios, con el propósito de identificar situaciones que están desencadenando ciertos riesgos que impiden que se cumplan los objetivos fijados por la empresa; así como también, se dan a conocer las medidas propuestas para evitar pérdidas por concepto de despilfarros en cada una de las situaciones detectadas, por lo que en éste trabajo de investigación se presenta una propuesta que promete mejorar la organización y control del departamento de almacén para detectar con oportunidad cualquier desviación significativa.

Palabras clave: *Control interno, salvaguarda de recursos, actividades*

Abstract

The purpose of this research was to design a plan that included internal control as a measure to safeguard the resources of the warehouse of a garment manufacturing company in the municipality of Teziutlán, Puebla. For this it was necessary to investigate through the technique of observation and interviews with the employees of the warehouse department, the procedures currently used to control inventories, with the purpose of identifying situations that are triggering certain risks that prevent compliance the objectives set by the company; as well as, the proposed measures to avoid losses due to waste in each of the situations detected are disclosed, so in this research work a proposal is presented that promises to improve the organization and control of the warehouse department to Timely detect any significant deviation.

Keywords: *Internal control, safeguarding resources, activities*

Introducción

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Geografía y Estadística, del total de las actividades económicas de México, las empresas de la industria de la moda representan 6.4% de las unidades económicas y emplean a más de 1 millón de personas, cuyo monto representa 5.1% de la ocupación y generan 2.0% de la producción. (INEGI, 2018). Se señala además que la producción industrial de México se ha visto disminuido en general, pero los subsectores que se refieren a la producción de textiles y prendas de vestir se mantuvieron con un leve crecimiento durante noviembre de 2018 con respecto al mismo periodo del año anterior. (Parcerisa, 2019). Así mismo, de la producción de la industria, 73.5% se encuentra en las manufactureras, las cuales son las principales generadoras de empleo y 26.5% se ubica en el comercio. (INEGI, 2018). Por ello, la oportunidad de emprender en el sector, ya que se muestra favorable y con una buena generación de ganancias (López, 2018).

México es rico en diversas áreas de la industria textil y calzado, es por eso que la zona lagunera, Puebla, Guanajuato y Estado de México son conocidos como la capital mundial de la mezclilla, generando en promedio 1 millón de prendas a la semana. (López, 2018). Conforme a la Información económica y estatal Puebla 2018 que proporciona la Secretaria de Economía menciona que entre los sectores estratégicos más importantes para el estado de Puebla se encuentra el automotriz y de autopartes, textil y confecciones, metalmecánica, química e industria alimentaria. (Secretaría de Economía, 2018). La Cámara Nacional de la industria del vestido manifestó que Puebla es el tercer estado más importante en el sector textil de México y que el sector de la confección es el segundo generador de empleo después de la industria automotriz. (Rodríguez Ceballos, 2017).

Así pues, las empresas de la confección de prendas de vestir, por su importancia en el país y en el estado de Puebla, requieren para su consolidación, el diseño y la implementación de métodos y procedimientos que brinden seguridad (Pirela, 2005), es decir, las organizaciones deben establecer un mínimo de reglas de operatividad para lograr sus objetivos, que se denominan sistema de control interno, cuya puesta en marcha y óptimo funcionamiento son responsabilidad de la administración de cada organización. (Castañeda Parra, 2014)

Hoy en día todas las organizaciones independientemente si son micro, pequeñas, medianas o grandes empresas requieren de controles que les permitan alcanzar sus objetivos. El control interno está diseñado para facilitar la consecución de los objetivos propios de cada entidad, y el diseño estará en función de sus necesidades y de la creatividad de las personas que lo formulen, además se dice que el control interno se considera como la parte medular de toda organización, independientemente de su tamaño o de la actividad que realice, pues aporta seguridad razonable para el logro de sus objetivos, ya que disminuye los riesgos a los que está expuesta. (Ruíz Aguilar & Escutía Serrano, 2019)

Definición del problema

Teziutlán, uno de los municipios más importantes del estado de Puebla, ha sustentado su economía básicamente en dos actividades entre la que destaca la de confección de prendas de vestir; y que de acuerdo a porcentajes de empleo registrados en el padrón IMSS para 2014 el índice más alto fue de 25.2 por la industria de la confección de prendas de vestir. (Castañeda, 2017)

Por la importancia que tienen las empresas del sector de la confección de prendas de vestir en el municipio de Teziutlán, es necesario fortalecerlas, hacerlas más competitivas, a través del uso de herramientas útiles que permitan asegurar la conducción ordenada y eficiente de las actividades que realizan.

Sin embargo, de las 233 empresas que se dedican a la confección de prendas de vestir en Teziutlán, Puebla (INEGI, 2019), algunas de ellas presentan áreas de oportunidad que se deben de atender de manera inmediata, como es el caso de una de las grandes empresas de éste sector, ubicada en éste municipio, que requiere de un plan para utilizar de manera eficaz los recursos invertidos en su almacén para evitar o disminuir las pérdidas por concepto de desvíos y despilfarros, en virtud de que en la actualidad, carece de métodos y procedimientos en su área, que le impiden salvaguardar sus recursos.

Justificación

Actualmente el sector manufacturero, específicamente las empresas de la confección de prendas de vestir en el municipio de Teziutlán, Puebla; juegan un papel muy importante, en virtud de ser reconocidas como la principal fuente de empleo. Por tal razón, para mitigar la problemática que actualmente padece la empresa dedicada a la confección de prendas de vestir, ubicada en éste municipio, será necesario que se implementen controles que le permitan salvaguardar los recursos del departamento de almacén para disminuir las pérdidas por concepto de despilfarros, además, que las actividades realizadas en el departamento, se realicen de manera adecuada y se supervisen de manera constante, de tal forma que favorezcan la consecución de los objetivos de la entidad; y que los controles que se implementen sean de acuerdo a sus exigencias, es decir, que puedan ser menos formales y estructurados, pero si efectivos.

Objetivo general

Diseñar un plan que incluya el control interno como medida para salvaguardar los recursos del departamento de almacén de materiales de la empresa de confección de prendas de vestir ubicada en el municipio de Teziutlán, Puebla.

Objetivos específicos:

1. Analizar cada una de las actividades que realizan los empleados del departamento de almacén de la empresa e indagar los procedimientos que efectúan y que estén relacionados con algunas otras áreas de la empresa, como compras, costos, contabilidad, etcétera.
2. Realizar entrevistas al personal del departamento de almacén para obtener información más precisa acerca de las actividades que realizan.
3. Identificar las funciones principales del departamento de almacén y analizar como las ejecutan los empleados.
4. Verificar si las funciones principales son ejecutadas por los empleados en función algún manual de procedimientos.
5. Verificar si las funciones principales del departamento de almacén son documentadas por los empleados.

Pregunta de investigación

¿Si se diseña un plan de control interno para salvaguardar los recursos del almacén de materiales de la empresa dedicada a la confección de prendas de vestir ubicada en el municipio de Teziutlán, Puebla; se evitarán pérdidas por concepto de desvíos o despilfarros?

Metodología

Hipótesis

Con el diseño de un plan que incluya el control interno como medida efectiva para salvaguardar los recursos del almacén de materiales de la empresa dedicada a la confección de prendas de vestir, ubicada en el municipio de Teziutlán, Puebla; se pretende evitar las pérdidas por concepto de desvíos o despilfarros.

Variables

Variable independiente: control interno

Variable dependiente: desvíos o despilfarros de los recursos del almacén de materiales.

Diseño Utilizado

Esta investigación es no experimental de tipo descriptivo, porque se trata de indagar las características y rasgos importantes de las actividades ejecutadas dentro del departamento de almacén de materiales, por los empleados de la empresa de confección de prendas de vestir ubicada en el municipio de Teziutlán, Puebla, (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Para diseñar el plan que incluya el control interno como medida para salvaguardar los recursos del almacén de materiales de la empresa, será necesario contemplar un periodo de ocho días para llevar a cabo la investigación, es decir, qué en ese tiempo fijado, se aplicará la técnica de la observación, para analizar las actividades que realizan los empleados del almacén, los documentos que utilizan para sustentarlas y la relación que tienen con algún otro departamento de la empresa. Posteriormente, se realizarán entrevistas con los empleados para obtener información más precisa acerca de las funciones que realizan, por último, se utilizará la información obtenida para el diseño de controles.

Procedimiento

Para iniciar con el diseño del plan que incluya el control interno como medida para salvaguardar los recursos del almacén de la empresa dedicada a la confección de las prendas de vestir ubicada en el municipio de Teziutlán, Puebla, se tuvo la necesidad de solicitar una estadía en la empresa para tener la oportunidad de emprender el proyecto en las instalaciones de la misma, previo a la solicitud, fue indispensable hacer en el primer día de investigación, el reconocimiento general del departamento del almacén, es decir, verificar el organigrama e identificar los puestos y nombres de las personas a cargo de cada uno de ellos, así como también, las actividades más relevantes que desempeñaban. Posteriormente lograda la solicitud y teniendo el reconocimiento general del departamento, se analizó por un periodo de cinco días cada una de las actividades realizadas por los empleados que integran el departamento de almacén a través de la técnica de observación. Cabe mencionar que el propósito del análisis de las actividades fue principalmente para identificar las tareas que realizan los empleados y observar su ejecución, los documentos que utilizan para sustentarlas y la relación que tiene cada una de ellas con algún otro departamento de la empresa; como es el caso de la coordinación de producción, compras, costos y contabilidad, entre otros. Después en los siguientes dos días de investigación, se realizaron entrevistas a jefes de departamento y empleados con la finalidad de obtener información más precisa sobre la ejecución y desarrollo de sus operaciones; durante las entrevistas, se preguntó a los empleados, si las actividades que ellos realizan en el departamento son respaldadas por algún manual de procedimientos y también si éstas son documentadas, es decir, si existen evidencias en papel de su ejecución. Posteriormente se trató de identificar los riesgos en la realización de las actividades que impiden el logro de los objetivos en la empresa.

Con la aplicación de la técnica de la evaluación de riesgos y con la finalidad de lograr los objetivos de la empresa, se identificaron los riesgos durante la ejecución de las actividades (Castañeda Parra, 2014).

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la aplicación de la técnica de observación y de las entrevistas a los empleados del departamento de almacén.

Tabla 1. Situaciones y riesgos detectados en el departamento de almacén de la empresa de confección de prendas de vestir en el municipio de Teziutlán, Puebla.

Situación detectada	Riesgos
1. No se verifican los saldos de las cuentas de inventarios con los del sistema contable.	Desvío de recursos, robos pérdidas de recursos.
2. La persona responsable del control físico de inventarios, aprueba y maneja los registros de entradas y salidas de materiales,	Disponer de inventarios físicos y ocultar tal disposición alterando los registros.
3. Sólo se hace inventario físico de mercancía una vez al año	Retraso en la detección oportuna de faltantes de inventarios. Tentaciones de los almacenistas por incurrir en prácticas indebidas.
4. No existen formatos en uso para el control de materiales	Debilitamiento del control de los inventarios.
5. No existe control para el manejo de materiales obsoletos y de lento movimiento	Pérdida de recursos.
6. No existen políticas y procedimientos que definan la documentación para despachar mercancías.	Debilitamiento del control de los inventarios.
7. No existe un control para el resguardo físico de materiales en el almacén.	Desvío de recursos, robos pérdidas de recursos.
8. No existe una adecuada planeación de los materiales a utilizar en producción por lo que en ocasiones se presentan desabastos que desencadenan compras de emergencia.	Incremento de materiales de lento movimiento.
9. No existe un control sobre los sobrantes de producción	Pérdida de recursos y generación de desperdicios que rebasan los estándares normales de fabricación.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Para dar inicio al diseño del plan que incluya el control interno como medida para salvaguardar los materiales del almacén de la empresa dedicada a la confección de prendas de vestir ubicada en Teziutlán, Puebla; primero, se deberán diseñar controles que mitiguen los riesgos por las situaciones detectadas en la misma; para ello, se contempla el uso de formatos autorizados, es decir que, a través de ésta medida, se fortalezcan las operaciones realizadas dentro del departamento.

A continuación, se muestran los controles propuestos para cada una de las situaciones detectadas en la empresa:

Para la **situación detectada No. 1**: el control consistirá en que se deberá asignar un código a cada uno de los materiales resguardados en el almacén. Posteriormente el personal responsable del inventario deberá elaborar un listado de cada uno de los materiales a su cargo y actualizarlo por cada movimiento que se realice; entradas, salidas y devoluciones de materiales, con el propósito de que se pueda verificar contra los registros contables. Para lo cual se sugiere la elaboración de un formato, el cual deberá contener: código, descripción del material, unidad de medida, cantidad, valor unitario y valor total.

Para la **situación detectada No. 2, 3 y 7**: el control consistirá en que el personal ajeno al almacén participará con el apoyo del encargado de almacén en los conteos físicos. Los conteos se realizarán en forma periódica y al azar, para evitar que se pueda manipular la información. Al inicio del conteo el encargado del almacén deberá entregar de manera anticipada e impresa, el listado de inventario de materiales. El formato sugerido es el que se muestra en la Figura 1. Los resultados de los conteos se deberán entregar en el formato designado para ello, y firmado por las personas que realizaron el conteo. Al final de cada conteo se deberá elaborar una minuta en la que se registren todas las incidencias ocurridas durante el proceso, así como también los acuerdos.

Código	Descripción	Unidad de medida	Existencia	Conteo físico	Diferencia	Observaciones
Nombre del personal del almacén				Nombre del personal ajeno al almacén		
Firma				Firma		
Fecha						

Figura 1. Formato para conteo físico

En la misma línea de la **situación detectada No. 2**, en el caso de la conciliación de resultados de conteo físico contra los registros del sistema contable, el encargado del almacén deberá realizar esta actividad con el apoyo del personal de contabilidad. Las diferencias que se detecten en la conciliación, deberán ser aclaradas y soportadas siempre y cuando superen el porcentaje mínimo autorizado por el director de finanzas, de lo contrario solamente se registrará el ajuste en el sistema contable para considerarlas como mermas. Solamente el director de finanzas estará autorizado para registrar ajustes derivados de diferencias detectadas en conteos físicos. El ajuste sólo corresponderá a diferencias que se detecten en las cantidades registradas en el sistema contable, para lo cual se sugiere utilizar el formato de “Ajuste por diferencia en conteo físico” mostrado en la Figura 2.

Código	Descripción del material	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
				Total del ajuste	$
Nombre del encargado del almacén			Nombre del Director de Finanzas		
Firma			Firma		
Fecha					

Figura 2. Ajuste por diferencia en conteo físico

Con respecto a la **situación detectada No. 5**, que corresponde a los materiales de lento movimiento, obsoleto y no conforme. El departamento de calidad con el apoyo del personal del almacén deberá determinar el tiempo de duración en condiciones óptimas de los materiales que se utilizan, en virtud de que los sobrantes se resguardan en el almacén, para así identificar con precisión los materiales de lento movimiento y obsoletos, para lo cual se tendrán que hacer revisiones periódicas. Al tener identificadas todos los materiales obsoletos, se deberá informar al gerente de producción para que autorice la operación, tanto de la salida física como del listado del inventario de materiales. El siguiente formato ilustrado en la Figura 3 se sugiere para controlar la salida por materiales obsoletos.

Código	Descripción de material obsoleto	Cantidad	Costo	Importe total	Motivo: salida
Nombre del encargado del almacén			Nombre de la persona que autorizo la salida		
Firma			Firma		
Fecha					

Figura 3. Salida de materiales obsoletos

En función a la **situación detectada No. 6**, que hace referencia a la requisición de materiales para la transformación de los materiales a producto terminado, el departamento de producción debe solicitar los materiales al almacén. La solicitud deberá hacerse con una requisición de materiales, el cual deberá contener los siguientes datos: código, descripción, unidad de medida, cantidad, así como presentar las firmas del solicitante y del gerente de producción. No se deberá entregar el material si no cuenta con la respectiva autorización. Posteriormente para el registro contable de las salidas de materiales del almacén, el encargado del almacén deberá elaborar una nota de salida tal como se muestra en el formato sugerido de la Figura 4, la cual estará soportada por la requisición de materiales para producción.

Código	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo valuado
Nombre del encargado del almacén			Firma de recibido del personal de contabilidad		
Firma					
Fecha			Orden de producción:		

Figura 4. Salida de materiales

En la **situación detectada No. 8**, que corresponde a la recepción y almacenamiento de materiales. El departamento de planeación de producción se comunicará con el encargado de almacén para solicitar los materiales a utilizar en las órdenes de producción, en caso que no se cuente con los mismos, el encargado del almacén procederá a solicitarlos al departamento de compras, con el formato que se sugiere y muestra en la Figura 5, el cual deberá ir soportado con una copia de la orden de producción.

Código	Descripción	Unidad de medida	Cantidad
Nombre del encargado del almacén		Nombre del gerente de producción	
Firma		Firma	
Fecha		Orden de producción	

Figura 5. Requisición de compra de materiales para producción

Los materiales comprados serán recibidos por el encargado de almacén, y revisará que los productos sean entregados en buen estado y correctos mediante la comparación de la orden de compra contra la factura del proveedor. Una vez revisada la factura y comprobado que no existe ningún error, el encargado del almacén firmará la documentación soporte y anotará la siguiente leyenda “Se recibió material o material recibido”. El

registro de la recepción de los materiales en el sistema contable, deberá ser después de que se reciba físicamente. En el caso de no contar un documento con el precio de los materiales, se tomará el de la orden de compra. La documentación soporte se enviará a cuentas por pagar hasta que se concluya la negociación con el proveedor.

En la **situación detectada No. 9**, devolución de sobrantes de producción. Para el caso de materiales sobrantes de las órdenes de producción, se tendrán que devolver al almacén de materiales a través del formato sugerido y que se muestra en la Figura 6, el cual se utilizará también para informar la entrada a contabilidad.

Código	Descripción	Unidad de medida	Cantidad
Nombre de la persona que entrega los materiales		Nombre de la personal de almacén que recibe los materiales	
Firma		Firma	
Fecha		Orden de producción	

Figura 6. Devolución de materiales sobrantes de producción

Sin duda en las empresas se deben aplicar medidas como el control interno para identificar desvíos que impidan el cumplimiento de sus metas, así como para aminorar los riesgos a los que pudieran estar expuestos sus recursos. Cabe hacer mención que la importancia del control interno ha sido tal, que su aplicación ha rebasado fronteras, en virtud de que no sólo aplica en empresas nacionales, sino también en empresas internacionales con sus respectivas regulaciones, dejando claro que la puesta en marcha y el óptimo funcionamiento siempre será responsabilidad de la gerencia. (Viloria, 2005)

De ésta manera con los resultados obtenidos en la investigación se pudo identificar que en la empresa de confección de prendas de vestir ubicada en el municipio de Teziutlán fue necesario diseñar medidas de seguridad para la protección de los recursos que se resguardan en su almacén. Por lo cual se precisó implementar el control interno como herramienta útil para salvaguardar sus recursos, en virtud de que éste integra una serie de acciones que son realizadas por todos los miembros de la entidad, para la consecución de metas organizacionales, que evitarán la pérdida de recursos y permitirán asegurar información financiera confiable.

Conclusión

Después de la investigación realizada, se presenta una propuesta que promete mejorar la organización y control del departamento de almacén para proteger y salvaguardar los recursos de una de las empresas de confección de prendas de vestir en el municipio de Teziutlán, Puebla. Dicha propuesta se basa en el análisis de las actividades desempeñadas por los empleados del departamento de almacén, así como la identificación de acciones de control que se deberían aplicar para mitigar los riesgos, por la detección de algunas situaciones desarrolladas en el mismo. Reiterando que el control interno ayudará a la empresa a detectar con oportunidad cualquier desviación significativa.

Con la investigación realizada se logró identificar la importancia de utilizar el control interno como medida para diseñar un plan que garantice la protección de los recursos del departamento de almacén de la empresa de confección de prendas de vestir ubicada en el municipio de Teziutlán, Puebla, para evitar pérdidas por concepto de desvíos o despilfarros; haciéndola más competitiva en el manejo de recursos, evitando de esta manera, el despido de empleados por el cierre de operaciones por su mal manejo.

Es importante mencionar que la metodología propuesta en ésta investigación, puede replicarse en los departamentos de almacén de todas las empresas de confección de prendas de vestir del municipio de Teziutlán, Puebla, ya que no sólo se podría aplicar a aquellas que carezcan de control interno, sino también a las empresas que lo tienen implementado con miras a mejorar sus controles mediante una actualización del sistema.

Por tanto, se puede concluir que el control interno es un proceso que será ejecutado por el personal del departamento de almacén de la empresa para proporcionar seguridad razonable en el manejo de sus recursos, así como también estimulará la adhesión a las prácticas ordenadas por la gerencia.

Referencias

1. Castañeda Parra, L. I. (Diciembre de 2014). *Redalyc.* Obtenido de Los sistemas de control interno en las Mipymes y su impacto en la efectividad empresarial.: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551856273008
2. Castañeda, G. (Julio de 2017). *Estudios de diagnóstico Puebla.* Obtenido de Reporte sobre la complejidad económica del estado de Puebla: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310734/PUEBLA.pdf
3. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Fundamentos de Metodología de la Investigación.* México: McGraw Hill.
4. INEGI. (2018). *Estadísticas a propósito de la Industria de la moda del vestido, el calzado y la joyería.* Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/economico/a_proposi_de/EstModaCalzaJoyeria_18.pdf
5. INEGI. (Julio de 2019). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/
6. López, E. (Diciembre de 2018). *El reto de ser un emprendedor de moda en México.* Obtenido de https://elempresario.mx/management-mrkt/reto-ser-emprendedor-moda-mexico
7. Parcerisa, C. (Enero de 2019). *La industria textil en México mantuvo un crecimiento moderado en 2018*. Obtenido de https://fashionunited.mx/noticias/empresas/la-industria-textil-en-mexico-mantuvo-un-crecimiento-moderado-en-2018/2019011725912
8. Pirela, A. (Diciembre de 2005). *Redalyc.* Obtenido de Estudio de un caso de control interno: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99318837010
9. Rodríguez Ceballos, F. (Julio de 2017). *Aumenta el empleo en el sector textil de Puebla*. Obtenido de https://mx.fashionnetwork.com/news/Aumenta-el-empleo-en-el-sector-textil-de-Puebla,850765.html#.XUEZxOgzZPY
10. Ruíz Aguilar, R. E., & Escutía Serrano, J. (Julio de 2019). *Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia.* Obtenido de Facultad de Contaduría y Administración UNAM: http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/20172/contaduria/4/apunte/1461_30096_A_Sistemas_contro_interno_V1.pdf
11. Secretaría de Economía. (2018). *Información económica y estatal puebla 2018*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300347/puebla_2018_02.pdf
12. Viloria, N. (Diciembre de 2005). *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.* Obtenido de Factores que inciden en el sistema de control interno de una organización: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25701111

Percepción de la calidad en el servicio automovilístico

R. Sánchez[*], R. Soto[2], R. Castillo[3], R. Márquez[4], D. Jimenez[5]
[1]Dirección de Ciencias Económico administrativo, Universidad Popular de la Chontalpa, Carretera Cárdenas – Huimanguillo KM. 2,0 Ra. Paso y Playa Cárdenas, Tabasco, C.P. 86500, México D. F., México
**rosa.sanchez@uph.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La ciudad de Cárdenas, Tabasco cuenta con una exclusiva Unión de trabajadores propietarios de automóviles taxis, radio taxis, similares y conexos que tiene como lema “Por la grandeza de nuestra Unión y la solidaridad de los trabajadores del volante, con espíritu de servicio”. El taxi en muchas ciudades es considerado un producto de lujo, en Cárdenas Tabasco se carece de este concepto debido a que la misma unión no lo considera como tal, para esta organización los taxis son clasificados en cuatro rubros que son: servicio especial, servicio colectivo, servicio para personas con capacidades diferente, y servicio de radio taxis. A continuación de describen cada uno de ellos.

***Palabras clave**: Calidad, servicio, confianza, responsabilidad.*

Abstract

The city of Cárdenas, Tabasco has an exclusive Union of workers who own car taxis, radio taxis, similar and related, whose motto is “For the greatness of our Union and the solidarity of the workers at the wheel, with a spirit of service”. The taxi in many cities is considered a luxury product, in Cárdenas Tabasco this concept is lacking because the same union does not consider it as such, for this organization the taxis are classified into four areas that are: special service, collective service , service for people with different abilities, and radio taxi service. They describe each of them below.

.

***Key words**: Quality, service, trust, responsibility.*

Introducción

Una de las actividades económicas con la que cuenta el municipio de H. Cárdenas Tabasco, es el del servicio de transporte, de acuerdo a la Ley de transporte y vialidad del Estado de Tabasco en su artículo 6 fracción VI, este se define como el medio de traslado de personas y bienes, de un lugar a otro, con vehículos autorizados para una prestación de servicio público de transporte, su clasificación según el artículo 7 de la misma ley es: servicio de transporte de pasajero, servicio de transporte de carga y mixto. La presente investigación estará enfocada en el servicio público de transporte personal (individual) en la modalidad de taxis, este es el que se presta en automóviles con capacidad hasta de cinco personas, incluyendo al conductor, y se caracteriza por no estar sujeto a itinerarios, rutas, frecuencias, ni horarios fijos, sino únicamente a las condiciones que señale la concesión respectiva y aquellos que por la naturaleza del servicio, se establezcan en esta Ley y su Reglamento (Ley de transporte y vialidad, artículo 29). Dentro de este sector existen las siguientes problemáticas; disminución de la demanda de taxis, el uso de los clientes se vuelve más esporádico cada día; carencia de una cultura de prestación de servicios, es de considerarse uno de los puntos más importantes para este empleo dependiendo de la eficiencia y buen trato del conductor serán su rentabilidad; el costo del servicio no es constante creando inconformidad en los consumidores, muchos de los automóviles presentan deterioro en la estructura física dando una imagen incorrecta del servicio que se ofrece, los conductores carecen de respeto vial, ocasionado en muchas ocasiones accidentes y problemas viales (programa sectorial de desarrollo 2013-2018 p. 39).

 ISSN 2007-8102

Es necesario analizar la situación actual de la unión de trabajadores de automóviles taxis, radio taxis, similares y conexos de dicho municipio, y así esta pueda funcionar de acuerdo a las expectativas del cliente; sin embargo para ello es necesario conocer las necesidades y demandas de los clientes, esto nos permitirá darle un panorama más concreto al proveedor para qué su empresa en un futuro siga brindando un servicio a su comunidad. La percepción que adquiere el cliente de las experiencias vividas es lo que los impulsa o motiva a consumir un producto o servicio nuevamente. Es por esto que si hay un personal altamente capacitado hay mayor demanda y los ingresos aumentan, lo que el cliente busca hoy en día es la calidad y está no tiene precio alguno.

El autor Andrés (2008) dice que las dimensiones de la calidad en el servicio, son cinco la confianza, la responsabilidad, la seguridad, la empatía, y tangible (p.56); por tal motivo para el presente trabajo de investigación se realizó la búsqueda de un método que permita evaluar dicho servicio, encontrando que el SERVQUAL de Valerie A. Zeithaml, A. Parasuraman y Leonard L. Berry del año1985 es el adecuado, pues de dicho modelo se derivan las cinco dimensiones antes mencionadas.

Metodología

La cuantificación sistemática de la calidad que el cliente percibe de un servicio no es tarea fácil. Se requiere de herramientas que ayuden a las empresas a comprender mejor el significado de valor para el cliente, así como el grado en que sus esfuerzos están cumpliendo con las necesidades y expectativas de los mismos. El constante cambio en el comportamiento de mercados y los consumidores, obliga a las empresas a tener información actualizada de la cual dependerá su toma de decisiones, esta información es recopilada e interpretada en forma coherente permitiendo identificar y definir la problemática y habilidades que tiene una empresa; las organizaciones identifican esta función como investigación de mercado.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación primeramente se realizó una exhaustiva revisión literaria referente a temas como mercadotecnia, servicios, mercadotecnia de servicios, calidad de servicios; se consultaran las principales fuentes primarias como son libros, revistas especializadas, artículos de investigación, el instrumento que se utilizó para la recolección y organización de la información fue mediante el uso de fichas bibliográficas, este instrumento sirvió para ordenar, clasificar la información recolectada, todo esto con la finalidad de obtener datos que avalen y fundamenten las teorías científicas aplicadas a este proyecto de investigación.

Posteriormente se realizó un análisis de la situación actual del municipio de H. Cárdenas Tabasco para tener un diagnostico fundamentado, mediante la consulta de portales de información oficial como el INEGI, el plan de desarrollo municipal, ayuntamiento, y sedesol; el instrumento a implementar será la recolección y organización de catálogos, bases de datos, buscadores y web en internet. Conocer e indagar el universo de estudio permite tener un panorama más amplio de las necesidades o ventajas que se pueden obtener en el desempeño de un servicio

Los servicios poseen características especiales, las cuales son tomadas en consideración por los clientes para formarse un juicio respecto a la calidad del mismo, es por esto que Seguidamente se realizó una investigación precisa de la zona de estudio, mediante una entrevista (ver apéndice 1) con el secretario general de la unión de taxis el señor Miguel Ángel Pérez López; el instrumento utilizado un cuestionario semi estructurado, unas fichas de recolección de datos (ver apéndice 2) para conocer las condiciones de cada una de las unidades de transporte, un inventario general de recursos con los que cuenta la empresa. Para la identificación de las instalaciones se realizó una visita personal y mediante la observación se logró identificar las condiciones de sus instalaciones. Por medio de la visita se obtuvieron datos generales de las instalaciones, personal y el servicio que ofrecen al municipio antes mencionado.

Por último se aplicó el instrumento de medición SERVQUAL a los usuarios finales del servicio, está investigación de campo fue de corte cuantitativa pues los resultados finales serán expresados de forma completamente numéricos mediante graficas de dispersión, por otra parte de acorde con la perspectiva de la investigación está es completamente descriptiva pues se pretende conocer que tan satisfechos están los clientes con el servicio que brinda la unión de taxis de la ciudad de Cárdenas Tabasco, en lo que respecta al diseño del estudio este es de corte no experimental transaccional porque se recolectaran datos en un solo momento del tiempo.

Para lograr comprobar las hipótesis planteadas se realizó una investigación de campo, donde el instrumento de medición serán las encuestas previamente diseñadas y estructuradas por la metodología Servqual propuesto por los autores ZEITMAN, BITNER Y GREMLER (2009) este instrumentó (ver apéndice 3) propuesto por los antes mencionados, este consta de 22 reactivos agrupados en cinco dimensiones que son, uno aspectos tangibles, dos confiabilidad, tres seguridad, cuatro empatía y por ultimo cinco sensibilidad. Las respuestas están diseñadas en escala *Likert* permitiendo comprender un conjunto de proposiciones positivas o negativas, en donde el cada proposición tienen cinco categorías de respuesta que varía del uno al cinco donde uno es pésimo y cinco es excelente; los datos recabados están encaminados a conocer que tan satisfechos están los clientes con el servicio así como su percepción referente al servicio ofrecido por el proveedor para este caso es el ofrecido por la unión de taxis de la ciudad de Cárdenas, Tabasco. La población sujeta de estudio fueron los usuarios de este servicio, la selección de la muestra no pro balística por cuotas, pues se determinó que cada base de la unión de taxis fuera estudiadas.

Una vez estructurado el instrumento de medición se determinó el tamaño muestra que sería estudiado; para ello se utilizó la fórmula de cálculo de muestra que se utiliza en la población infinita, en donde el tamaño de población tiene un total de 248,481 habitantes, el cual es dividido entre 16,720 que son los servicios que la organización realiza por día aproximadamente, dando un porcentaje del 14.86 por ciento de la población de muestra, dicho porcentaje es multiplicado por 12 horas que es el equivalente a un turno laboral, este nos da un valor total de 180 encuestas.

Resultados y discusión

La interpretación de resultados se originó mediante la elaboración de graficas de dispersión permitiendo analizar las brechas que surgen entre las dimensiones que nuestro sistema de medición presenta para su análisis; las brechas en este trabajo de investigación permiten conocer si existe una ineficiencia en el servicio, las dos brechas permiten crear estrategias y tomar decisiones claves de mercadotecnia de servicio; la brecha de cliente determina la diferenciar que existe entre las expectativas y la percepción de un cliente con respecto al servicio y este solo tiene dos opciones que determinan su satisfacción los cuales son el servicio esperado y el servicio percibido, la brecha del proveedor presenta un panorama más amplio enfocado en cómo lograr que la satisfacción del cliente; está enfocado a un análisis interno como empresa, permite conocer el estado actual del servicio ofrecido, analizar sus estrategias de trabajo y reestructúralas si es necesario; mediante la evaluación de las brechas que sugiere el modelo antes mencionado se puede tener un panorama amplio para determinar la calidad de servicio que están brindándole a los cliente.

La primera brecha es difícil de determinar debido a que las percepciones son evaluadas en el instante y está sujeta a los diversos estados de ánimo que un ser humano experimente en el momento. Por ello se determina que el mejor sistema de medición para su evaluación es el SERVQUAL.

El modelo SERVQUAL puede ser usado para medir la calidad del servicio en una amplia variedad de empresas, este permite la flexibilidad suficiente para adaptarse a cada caso en particular. La clave de esto está en ajustar el cuestionario a las características específicas de cada servicio en cuestión, de modo que los resultados puedan identificarse directamente con la realidad de la empresa. La tabulación de resultados será mediante graficas de dispersión pues con estas será más fácil su interpretación.

Un servicio no es un elemento intangible en su totalidad, posee elementos tangibles como las instalaciones físicas, equipo, personal y material de comunicación, la suma de todos ellos es el resultado de actividades generadas por el proveedor para satisfacer al cliente; la parte intangible de un servicio causa que su medición de calidad sea empírica, basada en percepciones que los clientes han experimentado.

Para lograr la cuantificación del servicio y determinar su calidad los autores ZEITMAN, BITNER Y GREMLER (2009) presentan un instrumento de medición práctico determinado *Servqual*; el cual es utilizado y adaptado a esta investigación, el instrumento antes mencionado no solo se enfoca a la medir las percepciones percibidas del cliente, sino también mide la calidad de la empresa, la medición realiza con un cuestionario semi estructurado de 22 reactivos propuesto por los autores (ver apéndice---), dividido en cinco dimensiones fundamentales que

 ISSN 2007-8102

son; confiabilidad, sensibilidad, seguridad, empatía y elementos tangibles, que permiten definir la calidad que se ofrece al cliente.

El análisis de los datos obtenidos se realizó a través de distribución de frecuencias, permite conocer la frecuencia de las observaciones u ocurrencias con las que se presenta un mismo valor en una muestra; por lo consiguiente esta investigación presenta las frecuencias obtenidas (ver tabla 2) de la encuesta realizada a nuestro grupo de estudio con referencia a la percepción de la calidad que la unión de trabajadores propietarios de automóviles taxis, radio taxis, similares y conexos ofrece a los ciudadanos del municipio de H. Cárdenas Tabasco.

Tabla 1 Frecuencia por afirmación

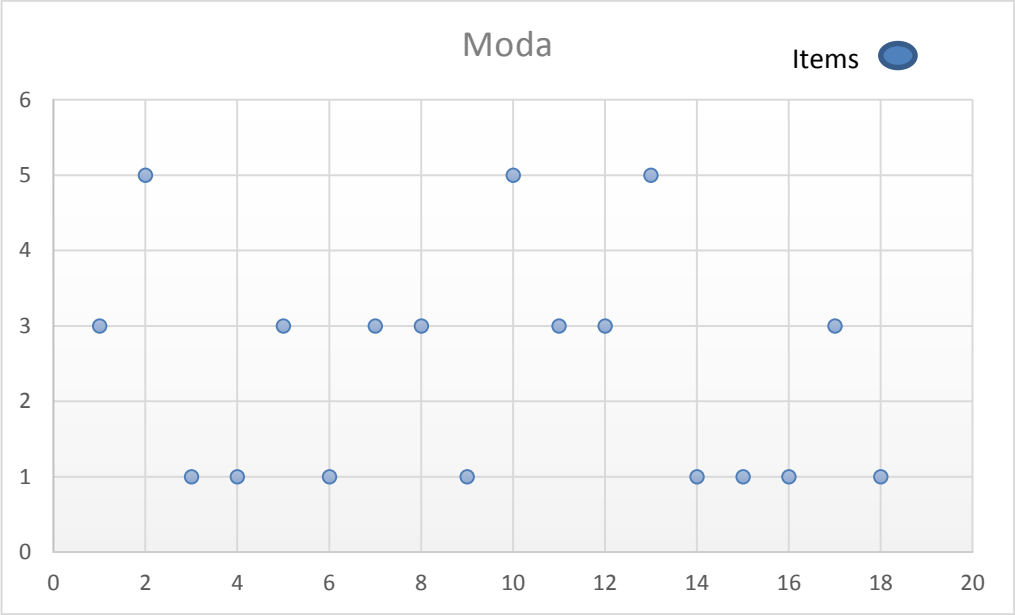
DIMENSION 1.- CONFIABILIDAD.					
AFIRMACIONES	**NUNCA**	**CASI NUNCA**	**A VECES**	**CASI SIEMPRE**	**SIEMPRE**
1	31	13	59	27	50
2	9	18	62	27	64
3	61	35	46	14	24
Total de afirmaciones 540	101	66	167	68	138
DIMENSION 2.- SENSIBILIDAD					
4	68	26	25	17	44
5	14	21	60	25	60
6	76	19	55	12	18
Total de afirmaciones 540	158	66	140	54	122
DIMENSION 3.- SEGURIDAD					
7	23	19	71	27	40
8	32	25	53	26	44
9	77	31	30	16	26
Total de afirmaciones 540	132	75	154	69	110
DIMENSION 4.- EMPATIA					
10	40	30	46	15	49
11	24	32	60	22	42
12	28	29	54	30	39
13	20	14	34	23	89
14	123	18	17	11	11
Total de afirmaciones 900	235	123	211	101	230
DIMENSION 5.- TANGIBILIDAD					
15	84	25	35	14	22
16	60	31	54	15	20
17	22	16	83	27	32
18	147	14	12	5	2
Total de afirmaciones 720	313	86	184	61	76

Fuente: Elaboración propia

 ISSN 2007-8102

Una vez analizado los datos auxiliándose de la estadística descriptiva se realizó una gráfica de dispersión que cuantifican el grado en que los datos tienden a agruparse alrededor de un valor medio, este tipo de grafica se utilizó para visualizar los resultados debido a que es la que sugieren lo autores *Parsu Parasuman, Valarie Zeithaml y Leonard Berry;* esta nos permite analizar un subconjunto representativo llamado muestra, seleccionado de la población bajo estudio.

Figura.- 26 Grafica de dispersión por Ítems.



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se analizaron y graficaron cada una de las dimensiones que evalúa el modelo *service quality*, este sugiere que los clientes no perciben la calidad en una forma unidimensional sino más bien juzgan la calidad con base en múltiples factores relevantes, que han sido utilizados en esta investigación tomando la posición de variables continua, permitiendo que se le asignara un valor dentro de un intervalo que han sido analizado meticulosamente, arrojado los siguientes datos:

Tabla 2 Frecuencia por Dimensión

DIMENSION 1.- CONFIABILIDAD.		
AFIRMACIONES (1-3)	**FRECUENCIA**	**FREUENCIA AUMULADA**
1.- NUNCA	101	101
2.- CASI NUNCA	66	167
3.- A VECES	167	334
4.- CASI SIEMPRE	68	402
5.- SIEMPRE	138	540
DIMENSION 2.- SENSIBILIDAD		
AFIRMACIONES (4-6)	**FRECUENCIA**	**FREUENCIA AUMULADA**
1.- NUNCA	158	158
2.- CASI NUNCA	66	224

 ISSN 2007-8102

3.- A VECES	140	364
4.- CASI SIEMPRE	54	418
5.-SIEMPRE	122	540
DIMENSION 3.- SEGURIDAD		
AFIRMACIONES (7-9)	**FRECUENCIA**	**FREUENCIA AUMULADA**
1.- NUNCA	132	132
2.- CASI NUNCA	75	207
3.- A VECES	154	361
4.-CASI SIEMPRE	69	430
5.-SIEMPRE	110	540
DIMENSION 4.- EMPATIA		
AFIRMACIONES (10-14)	**FRECUENCIA**	**FREUENCIA AUMULADA**
1.- NUNCA	235	235
2.- CASI NUNCA	123	358
3.-A VECES	211	569
4.- CASI SIEMPRE	101	670
5.- SIEMPRE	230	900
DIMENSION 5.- TANGIBILIDAD		
AFIRMACIONES (15-18)	**FRECUENCIA**	**FREUENCIA AUMULADA**
1.- NUNCA	313	313
2.-CASI NUNCA	86	399
3.- A VECES	184	583
4.- CASI SIEMPRE	61	644
5.- SIEMPRE	76	720

Fuente: Elaboración propia.

Los factores relevantes que el modelo *service quality* menciona son considerado la parte principal de esta investigación, dichos factores determinan la percepción que el usuario tiene del servicio ofrecido; por lo anterior mencionado nuestras variables que en este caso han sido enumeradas del 1 al 5, en donde 1 es nunca, 2 es casi nunca, 3 es a veces, 4 es casi siempre y 5 es siempre; estas tienen una variación constante que fue cuantificada de forma relativa y se le asigna el nombre de frecuencia, con la que se demuestra la constante frecuencia con la que las variables han sido seleccionada por los usuarios permitiendo conocer también la frecuencia acumulada que existe entre las dimensiones del modelo utilizado.

Aun cuando se cuenta con la frecuencia con la que los usuarios determinaron la posición de las variables de esta investigación, se ha tomado la decisión de contar con parámetros o medidas descriptivas que resumen la tendencia, distribución y/o repetición del conjunto de datos obtenidos; tal como la conocida tendencia central, esta es seleccionada debido a que nos permite localizar el punto central de un conjunto de datos, estas son la media, mediana y moda.

 ISSN 2007-8102

Trabajo a futuro

Por el momento la investigación se concluyo

Conclusiones

La recopilación de datos e información es sencilla si se habla de la calidad de productos, sin embargo en la calidad de los servicios esta función no es una tarea fácil, pues esta depende totalmente de la subjetividad del consumidor; existen muchos modelos de medición que determinan la calidad de una empresa, pero el que más se adaptó a esta investigación es el modelo service quality que permitió analizar el objetivo general de esta investigación el cual es determinar la percepción de la calidad que ofrece la unión de trabajadores propietarios de automóviles taxis, radio taxis, similares y conexos del municipio de H. Cárdenas Tabasco.

Las conclusiones derivadas de esta investigación permiten constatar que los objetivos específicos plateados han sido fundamentados teóricamente y estadísticamente, dándole credibilidad a lo aquí plasmado. Tal es el caso del primer objetivo en el cual se pueden encontrar los conceptos teóricos referentes a la mercadotecnia en donde se aclara que este concepto no solo maneja asuntos de publicidad de una empresa como la gran mayoría de la gente piensa; este es un concepto más complejo que controla, da alternativas y previene movimientos esenciales en una empresa. Este concepto se adapta tanto a la comercialización de producto y servicios, tal es el caso de esta investigación en donde el servicio es la variable principal, que ha permitido la cuantificación de la percepción que el usuario tiene de la empresa; teórica mente los servicios son acciones que una persona ofrece a otra, su heterogeneidad es su principal ventaja, esta puede darle un valor elevado ante otros si es esta bien dirigido.

Para que una empresa pueda ser líder en su gremio debe de permanecer en una constate demanda y esto solo puede ser posible excediendo las expectativas de sus usuarios; para poder mantenerse en esta constate los administradores manejan un concepto fundamental que permite crear, reestructura e innovar las estrategias que rijan su empresa, dicho concepto es la calidad; mediante el control y mediación de esta se conoce las percepción y las expectativas que el usuario tiene del producto o servicio que se está comercializando.

Referencias

1. ANDRÉS F.J.M. Ferrando. (2008) “Marketing en empresas de servicios”. México Alfaomega.
2. ADI Sharón /GABRIEL Weil (2003) “Medicion de la calidad de los servicios”; Universidad del CEMA.
3. CRISTOPHER Lovelock/ JOCHEN Wirtz (2008) “Marketing de servicios” (personal, tecnoligia y estrategias) sexta edición; Pearson Prentice Hall, páginas 418,419 y 420.
4. ANDRÉS F.J.M. Ferrando. (2008) “Marketing en empresas de servicios”. México. Alfaomega
5. DOUGLAS H.K. & E.G.B (2012).” Marketing de servicios conceptos, estrategias y casos. México”. Cengage Learning.
6. ELIZBETH Velázquez Velázquez, (2012) “Mercadotecnia de bienes y servicios” primera edición; Red tercer milenio S.C.
7. GUSTAVO Fadda, 2013, catedra OMC, Flacso argentina.
8. GRÖNROOS C. (1994) Marketing y gestión de servicios. España Díaz de santos.
9. LAURA Fisher/ JORGE Espejo (2004) “Mercadotecnia” tercera edición, MC.GRAW – WILL.
10. MARKETING PUBLISHING. (1998) “Diseño del servicio: paso a paso”. (1α ed.). España: Editorial Díaz de Santos.
11. PHILIP Kotler / GARY Armstrong, (2005) “Fundamentos de mercadotecnia” cuarta edición; Prentice –Halli, hispanoamericana, S.A.
12. ZEITMAN, BITNER Y GREMLER (2009) “Marketing de servicios, quinta edición, editorial Mc Graw Hill.

Incremento de la Recaudación Fiscal Federal a Través del Apalancamiento Operativo de las TIC´s

H. Espinosa Vega[1], C. J. Jiménez Ruiz [2], J. C. Cisneros Rasgado[3], K. García Ramírez[4], A. Santiago Pineda[5]*
[12345]División Ingeniería Informática, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca,
**humb3rto@outlook.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El presente artículo demuestra el uso de las Tecnologías de la Información en las Comunicaciones como palancas en proceso de recaudación fiscal del Gobierno Federal, mediante una metodología cualitativa y cuantitativa, se realiza una estratificación con información pública de donde se establecieron las variables de análisis, a través del procedimiento estadístico de regresión lineal se obtuvieron los resultados, identificándose la relación de cada una de ellas con el incremento en la recaudación fiscal, la implementación de sistemas digitales que involucran a las TIC´s, pueden ser un instrumento utilizado por el Gobierno Federal para mejorar los Ingresos de Recaudación.

***Palabras clave**: Finanzas, TIC´s, Digital, Apalancamiento*

Abstract

This article presents the use of Information Technology in Communications as levers in the process of tax collection of the Federal Government, through a qualitative and quantitative methodology, a stratification is carried out with public information of where the analysis variables were established, to Through the statistical procedure of linear regression the results were obtained, identifying the relationship of each of them with the increase in tax collection, the implementation of digital systems that involve ICTs, can be an instrument used by the Federal Government to improve Collection Income.

***Key words**: ICT, Finance, Digital, leverage*

Introducción

Las TIC´s se han insertado en nuestra sociedad, en la economía, gobierno, en nuestra vida personal, profesional y en las empresas; su acelerado desarrollo alcanza las actividades de la economía global. La implementación de procesos digitales abre la puerta de una oportunidad de eficiencia para los gobiernos y sus sociedades. Según Córdoba Padilla (2012), señala al proceso de modernización de una entidad sustentada en la inversión de maquinaria, recurso humano y tecnología hacen las veces de una palanca; es decir, impulsan el crecimiento en las ventas de una Empresa.

El objetivo del presente trabajo es determinar si la implementación de las TIC´s influye de manera directa con los incrementos de la recaudación fiscal federal.

La OCDE (2011) hace referencia a que un gobierno electrónico o e-gobierno es cuando esté, dentro de sus procesos utiliza las TIC´s, particularmente la Internet, como una herramienta para alcanzar o satisfacer sus necesidades. Con respecto a la administración pública, en México, el gobierno ha extendido el empleo de las TIC´s como estrategia de eficiencia en sus instituciones, la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, a través del Sistema de Administración Tributaría pretende que mediante su implementación se incremente la recaudación fiscal, para personas físicas y personas morales; este articulo tiene el propósito de determinar como influyen en la recaudación el uso de las TIC´s para impulsar, apalancar, la recaudación federal; a través de establecer procedimientos digitales en los servicios gubernamentales.

El Gobierno Federal mediante el Sistema de Administración Tributaria (SAT) impulso decididamente la implementación de la TIC´s en los proceso de recaudación esto es, a partir de 2014, se volvió obligatoria la emisión del Comprobante Fiscal Digital por Internet (CFDI), también conocido como factura electrónica, y a partir de julio de 2017 entró en funcionamiento el nuevo formato de factura (versión 3.3) y la factura de recepción de pagos, uno de los objetivos del SAT era mejorar la base contribuyentes (personas físicas y personas morales), evitar prácticas indebidas y errores. De acuerdo con Rodríguez (1986). El derecho que tiene el Estado para determinar los procedimientos que convengan para la recaudar sus ingresos, reside en el Derecho Fiscal complementado con el Derecho Público. Una acertada elaboración de políticas públicas sobre las TIC´s en materia de recaudación fiscal, se verá reflejada en el uso eficiente de las plataformas digitales, así como un incremento en su recaudación impositiva.

Marco Teórico

Apalancamiento

En su forma simple y llana diremos que es la forma de mover un objeto haciendo palanca. (Córdoba, 2012).Para los objetivos de los dueños de la empresa, la administración debe apalancarse, entendiendo el apalancamiento como la capacidad para utilizar sus recursos operativos y financieros para incrementar al máximo los rendimientos.

Apalancamiento Operativo

(Van Horne. 2012).El apalancamiento operacional aparece en el proceso de modernización de las empresas, incrementando los costos fijos, el cargo por depreciación y los intereses correspondientes a la deuda en que se incurrió para comprarla, o en su defecto, los costos de oportunidad de dicha maquinaria. Entre más alto es el grado de apalancamiento operativo, más alto el porcentaje de los costos totales fijos.

Tecnologías de la Información en las Comunicaciones

La terminología de las TICs, (Tecnologías de la Información y la Comunicación), es coincidente en casi todo el mundo. (Zambrano Martínez. 2009) “Se puede afirmar que este término se refiere a las múltiples herramientas tecnológicas dedicadas a almacenar, procesar y transmitir información, haciendo que ésta se manifieste en sus tres formas conocidas: texto, imágenes y audio.”

Recaudación Fiscal Federal

La recaudación fiscal, es aquel procedimiento que establece el gobierno federal para obtener sus ingresos y el cual se fundamenta en el Derecho Fiscal. Rodríguez Raúl (1986). El Derecho Fiscal, es aquel que regula el establecimiento, recaudación y control de los ingresos de Derecho Público del Estado, derivado de su ejercicio de potestad tributaria, así como las relaciones entre el propio Estado y los particulares considerandos en su calidad de contribuyentes.

La inversión que se realiza en tecnología (TIC´s) para cubrir los satisfactores del mercado, se conoce como apalancamiento operativo y se define como el cambio porcentual que sufren las Utilidades como resultado de un cambio porcentual en las Ventas o Ingresos de una Empresa o Institución o como en este caso un cambio (incremento) porcentual de la Recaudación Fiscal (Ingresos).

Metodología

Los datos utilizados para la investigación del presente trabajo provienen principalmente del Sistema de Administración Tributaria (SAT). El diseño general de la muestra se fundamenta en el muestro estratificado en poblaciones finitas, la estratificación incluye a personas física y personas morales. Los criterios de estratificación se definieron en función del objetivo de análisis y de la información disponible para personas físicas y personas morales.

Determinada la muestra se establecieron las variables para el desarrollo de esta investigación, se clasifican en variables dependientes e independientes. Wooldridge, J. M. (2010) Las primeras se refieren a variables que se

 ISSN 2007-8102

explican en un modelo de regresión múltiple, también conocidas como variables de respuesta. Las segundas, también se conocen como variables explicativas, es decir, en un análisis de regresión, se usan para explicar la variación de la variable dependiente

Estratificación de la Muestra

Tabla 1.Ingresos Tributarios

Concepto	2018	2019				Variación Anual Real %
		Programa[1]	Observado	Variación		
				Absoluta	Relativa %	
Ingresos Tributarios	**784,411.70**	**861,467.50**	**857,996.30**	**- 3,471.20**	**- 0.40**	**5.10**
ISR	437,596.90	465,734.30	464,261.00	- 1,473.30	- 0.32	1.90
IVA	234,440.00	248,293.10	243,418.40	- 4,874.70	- 1.96	- 0.03
IEPS	87,484.80	117,648.90	121,594.60	3,945.70	3.35	33.50
Gasolina y diésel	43,064.80	74,377.50	77,382.50	3,005.00	4.04	72.60
Otros	44,420.80	43,271.40	44,212.10	940.70	2.17	- 4.40
Comercio exterior	13,586.00	16,680.10	16,836.40	156.30	0.94	19.00
IAEEH	1,190.20	1,109.50	1,583.20	473.70	42.69	27.80
Otros[2]	10,113.80	12,001.60	10,302.70	- 1,698.90	- 14.16	- 2.10
Ingresos Tributarios sin IEPS de gasolinas	**741,347.70**	**787,090.00**	**780,613.80**	**- 6,476.20**	**- 0.80**	**1.10**
Ingresos Administrados por el SAT[3]	**781,461.60**	**858,646.00**	**855,272.80**	**- 3,373.20**	**-0.4**	**5.10**

1/ Corresponde a lo estimado en la LIF para 2019.
2/ Incluye el Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (ISAN), accesorios, Impuesto Empresarial a Tasa Única (IETU), Impuesto a los Depósitos en Efectivo (IDE) y otros no comprendidos en leyes vigentes.
3/ Equivale a los ingresos tributarios menos ISAN, tenencia y el Impuesto a los Rendimientos Petroleros, definición que se utiliza a partir del IV trimestre de 2015.
Cifras preliminares, sujetas a revisión. El detalle se puede consultar en la siguiente liga: http://presto.hacienda.gob.mx/EstoporLayout/estadisticas.jsp
Fuente: SAT.

Durante el primer trimestre de 2019(Variable y) Tabla1; los ingresos tributarios ascendieron a 857 mil 996.4 millones de pesos, esto fue 5.1% superior en términos reales con respecto al primer trimestre de 2018. Con relación a lo presupuestado en la Ley de Ingresos de la Federación (LIF), se ubicó 3 mil 471.0 millones de pesos por debajo, es decir, 0.4% inferior a lo programado. Sin considerar la recaudación del IEPS de gasolinas y diésel, los ingresos tributarios registraron un incremento de 1.1% en términos reales.

• El IEPS aumentó 33.5% en términos reales con relación al mismo periodo de 2018 y resultó 3 mil 945.7 millones de pesos superior a la meta LIF. El IEPS de gasolinas y diésel fue mayor en 3 mil 5.0 millones de pesos a lo estimado en la LIF.

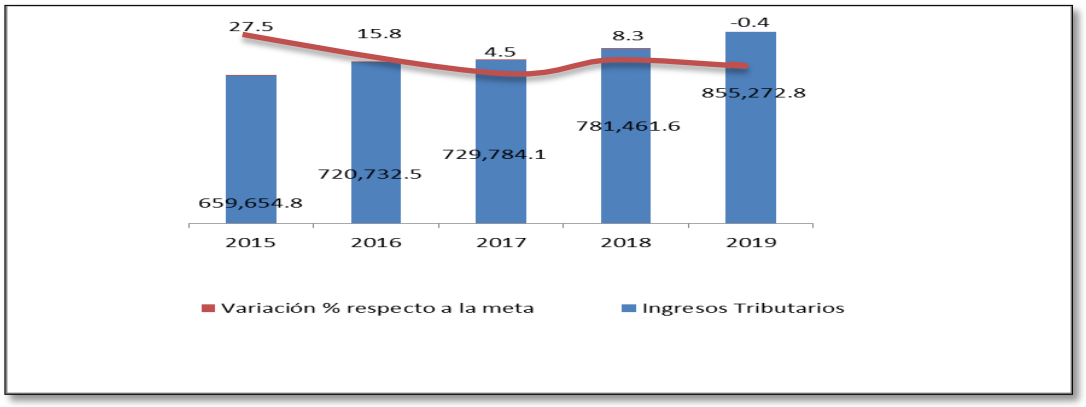
• El ISR 1 presentó un aumento de 1.9% en términos reales con respecto al mismo trimestre de 2018 y se ubicó 1 mil 473.3 millones de pesos por debajo de la LIF.

• El IVA mostró un decremento de 0.3% en términos reales con respecto al mismo periodo del año anterior y se ubicó por debajo de la meta LIF en 4 mil 874.7 millones de pesos.

Los ingresos administrados por el SAT, Gráfico 1, se ubicaron en 855 mil 272.8 millones de pesos, equivalente a un crecimiento en términos reales de 5.1% con relación al primer trimestre del año anterior, y 3 mil 373.2 millones de pesos por debajo de lo estimado en la LIF.

 ISSN 2007-8102

Grafico 1.Ingresos Tributarios Administrados por el SAT



Fuente: SAT

Variables

En el Tabla 2, se establecen las definiciones conceptuales de las variables dependientes e independientes que nos permita determinar las hipótesis de análisis H_o, H_1.

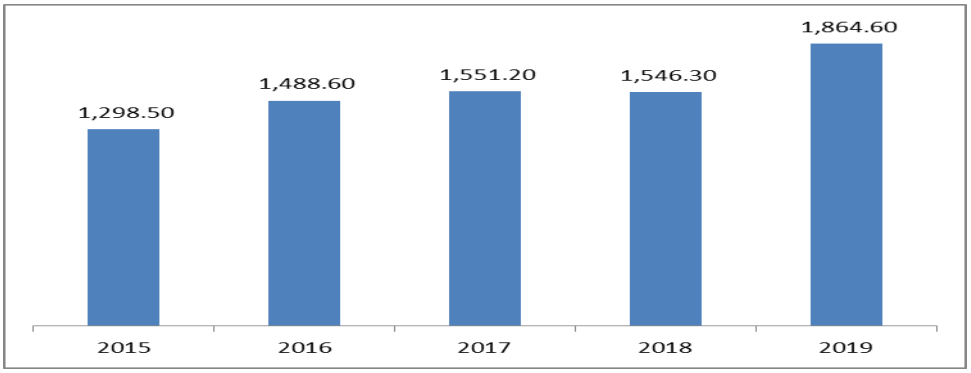
Tabla 2. Definiciones Conceptuales de las Variables Dependientes (*y*) e Independientes(*x*)

Variables	Simbología	Nombre de la Variable	Definiciones Conceptuales
Variable dependiente	y_1	Ingresos Tributarios	Es la Recaudación fiscal del Gobierno Federal
Variable Independiente	x_1	Facturas emitidas	Comprobantes de ingresos que se emiten a tráves de la plataforma digital del Sistema de Administración Tributaria (SAT)
Variable Independiente	x_2	Emisores únicos	Es la persona física o moral que expide un Comprobante Fiscal Emitido por Internet (CFDI)
Variable Independiente	x_3	Contribuyente e.firma	Usuarios de la firma electrónica (e.firma)
Variable Independiente	x_4	Certificado e.firma	Es un archivo digital cifrado que tiene validez de firma autógrafa

Fuente: Elaboración propia

a) Facturas emitidas

Tabla 3. Número de Facturas Electrónicas CFDI
Enero-marzo, 2015-2019
Millones facturas



Cifras preliminares, sujetas a revisión
Fuente: SAT

Durante los primeros tres meses de 2019 (Variable 1) Tabla 3; se emitieron 1 mil 864.6 millones de facturas, 20.6% más que en el mismo periodo de 2018. Lo anterior implicó que se emitieran en promedio 240 facturas por segundo.

 ISSN 2007-8102

b) Emisores únicos

Tabla 4 .Contribuyentes
Acumulado histórico al mes de diciembre

Año	Emisores únicos
2015	5,423,082
2016	6,410,237
2017	7,297,302
2018	8,142,010
2019[1]	8,333,021

1/Al cierre de marzo, cifras preliminares
Fuente: SAT

De 2005 a marzo de 2019 (Variable 2) Tabla 4; se han emitido un total de 42 mil 34.7 millones de facturas y desde 2019, año a partir del cual se tiene registro de los emisores, 8 millones 333 mil 21 contribuyentes han emitido al menos una factura electrónica.

En julio de 2017 entró en funcionamiento el nuevo formato de factura (versión 3.3) y la factura de recepción de pagos.

c) Contribuyente e.firma

Tabla 5. e.firma
Acumulado histórico al mes de diciembre

Año	Contribuyentes que han tramitado su e.firma	Certificados emiridos e.firma
2015	8,970,992	14,783,802
2016	10,250,907	17,508,417
2017	11,784,933	20,382,012
2018	13,259,596	23,404,835
2019[1]	13,651,788	24,191,488

1/ Al cierre de marzo, cifras preliminares, sujetas a revisión
Fuente: SAT

Desde 2004 hasta marzo de 2019, 13 millones 651 mil 788 contribuyentes, han realizado el trámite de inscripción de la e.firma (Variable 3) Tabla 5, y el SAT ha generado 24 millones 191 mil 488 certificados (Variable 4) Tabla 5. En el primer trimestre de 2019, se emitieron 786 mil 653 certificados e.firma y 392 mil 192 contribuyentes tramitaron el certificado por primera vez.

Hipótesis

Las hipótesis formuladas son:

H_0:μ>0, el apalancamiento de las TIC´s incrementa la recaudación fiscal en el Gobierno Federal
H_1:μ≤0, el apalancamiento de las TIC´s no incrementa la recaudación fiscal en el Gobierno Federal

 ISSN 2007-8102

Modelo econométrico

Se proponen el modelo matemático para el análisis estadístico, relacionado con los modelos econométricos mediante el método de análisis de regresión múltiple. Dentro de la toma de decisiones en los negocios o políticas es importante considerar un análisis económico empírico en el cual se utilizan datos para sustentar teorías o generar relaciones entre las diferentes variables que afectan estas decisiones. El modelo general de regresión lineal múltiple se define como:

$$\boldsymbol{\gamma = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n}$$

Donde $\boldsymbol{\beta_0}$ es el intercepto, $\boldsymbol{\beta_1}$ es el parámetro asociado con $\boldsymbol{x_1}$, $\boldsymbol{\beta_2}$ es el parámetro asociado con $\boldsymbol{x_2}$, y así sucesivamente.

Cuando se utiliza el modelo general de regresión múltiple, es importante poder determinar e interpretar los parámetros $\boldsymbol{\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots \beta_n}$, para ello, se debe obtener las estimaciones para $\boldsymbol{\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots \beta_n}$ las cuales se generan a partir del método de mínimos cuadrados ordinarios.
Esto quiere decir que dados los cambios de $\boldsymbol{x_1, x_2, \ldots, x_n}$, se puede predecir el cambio para $\boldsymbol{\gamma}$. Cuando se analiza sólo una variable y las demás permanecen constantes, entonces las diferencias de estás serán 0 (cero).

Tabla 6. Determinación de Variables Dependiente e Independiente

Periodo	Facturas Emitidas X_1	Emisores Unicos X_2	Contribuyente e.firma X_3	Certificados e.firma X_4	Recaudación Y
2015	1,298.50	5,423,082	8,970,992	14,783,802	659,654.80
2016	1,488.60	6,410,237	10,250,907	17,508,417	720,732.50
2017	1,551.20	7,297,302	11,784,933	20,382,012	729,784.10
2018	1,546.30	8,142,010	13,259,596	23,404,835	781,461.60
2019	1,864.60	8,333,021	13,651,788	24,191,488	855,272.80

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6. Se agrupan las variables independientes y dependientes para su cálculo en Excel para ejecutar la regresión lineal múltiple.

Resultados y discusión

Tabla 7. Resumen Estadístico de la Regresión Lineal Múltiple

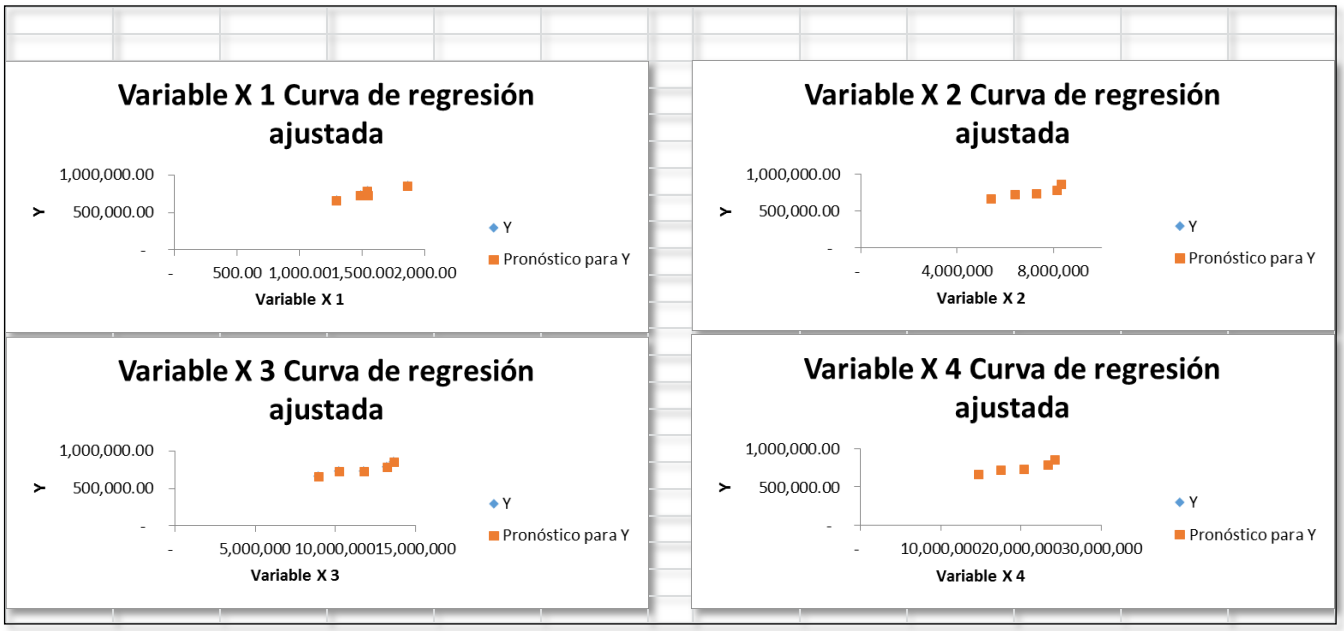
Resumen						
Estadísticas de la regresión						
Coeficiente de correlación múltiple	1					
Coeficiente de determinación R^2	1					
R^2 ajustado	65,535.00					
Error típico	0					
Observaciones	5					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libert	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*	
Regresión	4	21,497,804,212	5374451053	#¡NUM!	#¡NUM!	
Residuos	0	0	65535			
Total	4	21,497,804,212				
	Coeficientes	*Error típico*	*Estadístico t*	*Probabilidad*	*Inferior 95%*	*Superior 95%*
Intercepción	889,526.82	0	65535	#¡NUM!	889526.8249	889526.8249
Variable X 1	182.481509	0	65535	#¡NUM!	182.4815086	182.4815086
Variable X 2	-0.15756492	0	65535	#¡NUM!	-0.157564924	-0.157564924
Variable X 3	-0.2958739	0	65535	#¡NUM!	-0.295873904	-0.295873904
Variable X 4	0.20576207	0	65535	#¡NUM!	0.205762067	0.205762067

Fuente: Elaboración propia

 ISSN 2007-8102

El hecho de que el coeficiente de determinación sea igual a la unidad, se comprueba la **H_o**, lo que es indicativo que las variables, x_1, x_2, x_3 y x_4, tienen una alta incidencia en el comportamiento de los ingresos recaudados, variable y; por la autoridad fiscal.

Grafico 1. Comportamiento de las Variables Independientes X_1....X_4



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Podemos concluir en principio que el uso de la TIC´s como herramienta que permite establecer procedimientos digitales en la recaudación tributaria del Gobierno Federal, puede ayudar a un control, manejo y ampliación eficiente de los contribuyentes que se vean reflejados en incremento en los ingresos recaudatorios del gobierno Federal.

La recaudación es reducida, pero la solución no consiste, como seguramente algunos lo sugerirían, en incrementar las tasas. ¿Por qué? Una primera razón es que las tasas que se aplican son elevadas en México: del 30% de ISR personas morales al 35% de ISR para las personas físicas en el nivel más alto, a lo que cabe agregar que la progresividad de esos niveles es muy rápida. Otra razón es que una elevación de esas tasas exacerbaría los incentivos a la evasión y además sería enormemente inequitativa. Tal vez la razón más poderosa es esta última, pues no tiene mucho sentido castigar todavía más a los causantes que sí cumplen. La alternativa viable es la ampliación de la base de contribuyentes mediante un manejo transparente y de rendición de cuentas implementada a través de políticas que motiven el crecimiento y competitividad, mediante el uso y aprovechamiento de la tecnología digital o mejor conocida como Tecnologías de la Información en las Telecomunicaciones (TIC´s).

La SCT, a través de la Subsecretaría de Comunicaciones, aprovechó la publicación del estudio de la OCDE (2012) sobre el sector de las telecomunicaciones en México en enero de 2012 para presentar una serie de acciones para motivar el despliegue de redes, incrementar la penetración y promover la adopción de los servicios de telecomunicaciones. La implementación de las TIC´s parten de una visión táctica para el desarrollo del sector.

Referencias

1. Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (2012). Visión México 2020: Políticas públicas en materia de tecnologías de la información y comunicaciones para impulsar la competitividad de México, México: IMCO.
2. AMIPCI, AMITI, CANIETI, CIU (2011). Agenda Digital Nacional, disponible en www.agendadigitalnacional.org.mx.
3. Córdoba Padilla, M. 2012. Gestión financiera. -- 1a. ed. -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 152 p.
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). Encuesta nacional de ingreso y gasto en los hogares 2010.
5. Das, R. y P. Harrop (2014), RFID Forecasts, Players and Opportunities 2014-2024, IDTechEx, www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2014-2024-000368.asp (acceso el 15 de abril de 2015).
6. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (2011). Towards More Effective and Dynamic Public Management in Mexico, Paris: OCDE publishing.
7. Plan Nacional de Desarrollo 213-2018(2012), Secretaria de Hacienda y Crédito Publico (2013), disponible enfile:///C:/Users/Admin/Downloads/PND.pdf.
8. Revista Digital Universitaria, UNAM, 1 de abril de 2013 volumen 14, No.4, ISSN: 1607-6079 publicación mensual.
9. Rodriguez Lobato, R.; Derecho Fiscal; Harla; México; 1986
10. Sistema de Administración Tributario (2019). Informe Tributario y de Gestión México http://omawww.sat.gob.mx/gobmxtransparencia/Paginas/Estudios_opiniones.html
11. Van Horne, J.(2010). Gestión de la Administración. Decimotercera edición. Pearson Educación. México 2010
12. Wooldride M., Jefrey (2010). Introducción a la Econometría. 4ta Edición. Editorial Cengage Learning, México 2010.
13. Zambrano Martinez, F.(2009). Las TIC´s en nuestro ámbito Social. Revista Digital Universitaria. Volumen 10.Número 11.Articulo 79.

Metodología de apoyo universitario para reactivar MYPES en la región de Pátzcuaro Michoacán.

M. Tapia Salazar[1], M. Villanueva Pimentel[2], L. Adame Rodríguez[3]*
[1]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, [2]Departamento de Desarrollo Comunitario y [3]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Av. Tecnológico no.1, Zurumutaro, C.P. 61615, Pátzcuaro, Michoacán, México.
**mtapia@itspa.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa.*

Resumen

Esta investigación involucró a estudiantes universitarios y docentes del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, en una propuesta metodológica planeada estratégicamente que incluyó un diagnóstico empresarial para conocer el estado actual de una muestra representativa de negocios de la ciudad de Pátzcuaro. Con lo anterior, fue posible obtener una radiografía empresarial y con los resultados se tomaron líneas de acción de mejora a las condiciones de los negocios, entre ellas; desarrollo de prototipos para atender las necesidades del mercado; elaboración de un catálogo de cursos orientados al reforzamiento de procesos empresariales (contabilidad, uso de TIC´s, mercadotecnia y calidad), mismos que serán impartidos por docentes y alumnos del ITSPA; y finalmente, la generación de productos, procesos y servicios creativos e innovadores como propuestas de reactivación a la economía de la región. Aunado a lo anterior, los alumnos participantes transitaron del aprendizaje teórico al práctico en situaciones reales de su contexto.

***Palabras clave**:*
MYPES, aplicación en escenarios reales, *incorporación al mercado laboral, mejora continua.*

Abstract

This research involved university students and teachers of the Higher Technological Institute of Pátzcuaro, in a strategically planned methodological proposal that included a business diagnosis to know the current status of a representative sample of businesses in the city of Pátzcuaro. With the above, it was possible to obtain a business radiography and with the results, lines of action were taken to improve business conditions, including; prototype development to meet the needs of the market; preparation of a catalog of courses aimed at strengthening business processes (accounting, use of ICTs, marketing and quality), which will be taught by teachers and students of ITSPA; and finally, the generation of creative and innovative products, processes and services as proposals for reviving the region's economy. In addition to the above, the participating students moved from theoretical to practical learning in real situations in their context.

***Key words**:*
MYPES, application in real scenarios, incorporation into the labor market, continuous improvement.

Introducción

El sector de las micro y pequeñas empresas de la región de Pátzcuaro, conformado en su gran mayoría por negocios familiares heredados por generaciones generador de importantes fuentes de empleo e ingresos económicos en la localidad, se ha visto afectado por diversos factores de mercado regional, nacional e internacional, de tal manera que su importancia se refleja “en el número de empresas, la producción, las ventas, el empleo y los ingresos; pero en muchas ocasiones no se hace visible sobre todo en el caso de las micros y pequeñas empresas (MYPES) familiares” (Ramírez & Rodríguez, 2017). Esta condición, hace que estas empresas se vean desplazadas por grandes organizaciones comerciales, ya que siguen trabajando con métodos tradicionales, mismos equipos, procedimientos y hasta técnicas de producción y comercialización de antaño. El reflejo de estas acciones es la baja afluencia de clientes, poco desplazamiento de sus productos, disminución en las ventas y sobre todo nula productividad.

Las empresas familiares al igual que todo tipo de organización debe contar con un plan de trabajo que le permita establecer, implementar, controlar y evaluar sus actividades tratando de informar e implicar a todos los

involucrados de los objetivos empresariales y de la importancia de su alcance, pues tal como lo mencionan Cervera y Zuccolotto (2008) “la planeación familiar permite concientizar a los miembros de la familia en sus derechos, sus responsabilidades y sus privilegios en la compañía, lo cual sentará las bases para la discusión de temas como: las políticas familiares, resolución de conflictos en la familia-empresa, así como en la distribución de los recursos”.

La vinculación con el sector empresarial es una de las actividades esenciales del sector educativo, ya que, la asesoría y puesta en práctica de los conocimientos teóricos sustentan la formación profesional e integral que las sociedades y el contexto económico competitivo le demandan. Así es vital que en el proceso educativo se pase del saber, al saber hacer, al saber innovar y al saber trasferir, pues como hace referencia Vilalta (2013) “Más allá de llevar a cabo las dos funciones clásicas de formación e investigación científica, las universidades realizan de forma creciente una tercera misión clave para la sociedad: producir conocimiento aplicable y fomentar la innovación, formar y reciclar profesionales cualificados a lo largo de la vida, valorizar la investigación y fomentar proyectos emprendedores o llevar a cabo proyectos de desarrollo territorial en colaboración con el resto de agentes del sistema económico”.

Fundamentando lo anterior, se ha dicho que entre las estrategias de fortalecimiento al sistema económico de una población, se encuentra el establecimiento de una relación colaborativa entre el sector empresarial y aquellas instancias políticas o educativas que le apoyen a resolver sus problemáticas e impulsar su desarrollo, considerando que “el eje central de las propuestas debe partir del potencial y capital humano; desarrollar capacidades gerenciales y alianzas estratégicas; incorporar y adaptar tecnología y sistemas de información y comunicaciones; identificar y hacer prospectiva de los mercados, y desplegar una estructura de soporte por parte del Estado, gobiernos nacional y local, teniendo a la propiedad intelectual e industrial como uno de los sistemas de apoyo al desarrollo empresarial (Castillo, 2005).

La Metodología de apoyo para impulsar a las MYPES de la región de Pátzcuaro, que se presenta en esta investigación, es una propuesta que involucra a estudiantes y docentes universitarios del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro (ITSPA). Este proceso permite la aplicación de los conocimientos teóricos aprendidos por los futuros profesionistas dentro del aula en contextos reales, también les ayuda a vincularse con el sector de las micro y pequeñas empresas, así como la adquisición en un corto plazo, de habilidades prácticas para una rápida incorporación al mercado laboral.

El sector empresarial es beneficiado por las acciones desarrolladas por los alumnos, con la supervisión de los docentes, y la institución atiende su compromiso de vinculación educación-empresa aportando a la sociedad profesionistas competitivos que impulsen las micro y pequeñas empresas de la región. La metodología, resultados y conclusiones se presentan en los siguientes apartados.

Metodología

El enfoque de esta investigación es de corte cuantitativo, cuyo origen, en gran medida surge del Plan estratégico del Gobierno Municipal de Pátzcuaro, Michoacán, y con base a la afirmación del presidente “Si bien se ha dicho que la vocación económica de Pátzcuaro es el turismo, las ramas de la actividad productiva inmersas directamente en la atención de visitantes como lo son los Servicios de Alojamiento Temporal y Preparación de Alimentos y Bebidas, así como los de Esparcimiento; éstas, por sí solas, tienen un aporte mínimo al conjunto de la dinámica económica con relación a otros sectores” (Ayuntamiento Constitucional de Pátzcuaro, 2019). Por tal motivo se asume como objeto de estudio los negocios de las actividades correspondientes a servicios de hospedaje y de alimentos de la ciudad de Pátzcuaro, Michoacán. Las actividades que conforman el proceso de la investigación, fueron realizadas en el segundo período escolar de 2018, que abarca desde agosto de ese año al mes de enero de 2019.

En primera instancia se llevó a cabo una recolección de datos a partir de un instrumento o encuesta integrada con un total de 13 ítems, en donde, se cuestionan aspectos generales del negocio; cobertura de mercado y personal ocupado, planeación estratégica, aspectos mercadológicos, necesidades de capacitación, utilización y actualización en el uso de las TIC´s, incluyendo además el aspecto de posibilidad de proyectos para la participación de alumnos y docentes del ITSPA.

Para determinar la fiabilidad del instrumento de recolección se utilizó alfa de Cronbach, que como lo menciona Rositas (2014) “Aunque hay medidas de fiabilidad que se refieren a cada ítem aislado, lo más común es que se evalúe la escala entera (todos los indicadores al mismo tiempo)”. Esta validación se realizó mediante

 ISSN 2007-8102

el uso del software estadístico SPSS Statistics versión 21. El valor estadístico encontrado fue de .603 para 13 ítems, logrando verificar una consistencia interna, lo anterior, atendiendo a “El acuerdo general, para considerar que hay consistencia interna, es que el límite inferior se situé en 0.70, aunque para investigaciones exploratorias el resultado sea de 0.60 hacia arriba” (Rositas, 2014). La encuesta se aplicó a una muestra representativa y al azar de 77 negocios, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 7%, tomando como referencia el padrón total de 126 negocios de hoteles y restaurantes según la base de datos de la Dirección de Turismo de esta ciudad.

Posterior a la aplicación de la encuesta diagnóstica, se realizó un análisis de los datos encontrados, que a su vez, sirvió de base para la elaboración de una propuesta de mejora a las problemáticas detectadas y que infieren negativamente en la productividad de las empresas de la región. Este trabajo se fundamentó en buscar alternativas de solución sobre las aseveraciones que realizaron empresarios, comerciantes y familiares de alumnos universitarios, donde se destacan comentarios sobre la baja productividad comercial, poca afluencia de clientes y la disminución en las ventas.

La inclusión en las actividades de los futuros profesionistas, y como parte de esta metodología, se fundamentó en resaltar la importancia del vínculo entre la relación laboral y el sector productivo de la región, concientizando para ello a los alumnos universitarios para el desarrollo de propuestas creativas e innovadoras de nuevos productos y la instauración de nuevas empresas. En la generación de las propuestas, los alumnos trabajaron en proyectos integradores y realizaron actividades orientadas a ampliar su talento emprendedor, llevando a la práctica conocimientos de materias como: Taller de Investigación I y II; La Tecnología y su Entorno, Desarrollo de Nuevos Productos y Taller de Destrezas Directivas. Actualmente, los proyectos se encuentran en un nivel 6 con prototipos beta, de acuerdo a las etapas de maduración tecnológica, según la metodología "Technology Readiness Level" de la NASA (CONACYT, 2015). Ver figuras 1 y 2
,.



Figura 1 Metodología universitaria para detonar Pymes. Elaboración propia.



Figura 2 Proceso de participación de alumnos. Elaboración propia.

Un paso importante de mencionar dentro del proceso metodológico respecto a las actividades áulicas antes mencionadas, fue la identificación de fortalezas y oportunidades de la región, lo cual permitió generar el desarrollo de nuevos proyectos, productos y servicios, innovando con base en los recursos y características de la zona, factibilidad técnica, económica, social, cultural y política. Se llevó a cabo una investigación documental de la idea de cada proyecto con el fin de conocer la situación actual de proyectos similares, su avance y características, tanto en empresas como en proyectos de emprendimiento, para con ello, aprovechar las áreas de oportunidad sin explotar y que puedan servir de detonantes en el sector comercial, empresarial y económico de la región.

Como paso final, se desarrolló una investigación de mercado, previa identificación de clientes potenciales, para que con el análisis de datos obtenidos se procediera a experimentar y a diseñar el prototipo de cada uno de los proyectos generados. Una vez terminados los prototipos, se realizaron pruebas de mercado, se inició el proceso de registros de patente mediante solicitud ante el programa de apoyo al patentamiento IMPI-FUMEC-

NAFIN. Actualmente este proceso mantiene un estatus en revisión, además, se trabaja en la formalización del proyecto para su implementación.

Resultados y discusión

En el tema del diseño curricular son diversos los cambios que han sido relevantes a lo largo del tiempo. Díaz Barriga (2005), afirma que en la década de los noventa hay un auge en la formación integral, que sirve como base para desarrollo de modelos educativos, en donde, se desconoce la existencia de una estrategia de desarrollo curricular. Con la presente investigación, se responde a la afirmación realizada por Díaz Barriga, ya que sirve como propuesta de metodología para el apoyo universitario. Por ello, se confirma que existe una estrategia definida que aporta al desarrollo curricular a través de la generación de proyectos que coadyuven a la reactivación de la Mypes en la región de Pátzcuaro Michoacán.

Parte fundamental de esta metodología es la fase inicial que consiste en un diagnóstico empresarial. El diagnóstico empresarial, “Es una herramienta de gestión organizacional que su importancia radica en identificar la situación actual del negocio en aspectos administrativos, operativos y financieros” (Bernal, Mora, Arellano &Torres, 2014, 278). Derivado de lo anterior, como segunda fase de esta metodología, se aplica el instrumento de diagnóstico, el cual, recolecto los siguientes aspectos de las Mypes en la región:

Respecto a la cobertura de mercado, el 47.5 % de los negocios venden todos sus productos en un mercado nacional, únicamente un 39.13 % vende en el extranjero. Mas del 87.76 % de las empresas cuenta con cinco empleados fijos por área como máximo. Únicamente el 37.30 % tiene definida su misión y visión, y en la redacción de estas participó todo el personal de la empresa.

Por otro lado, el 56.60% de las Mypes no cuentan con página web corporativa, instrumento que sirve como medio de difusión de la filosofía de la empresa, además de ser una estrategia mercadológica en beneficio de la productividad. Sin embargo, el 18.10% de los encuestados refieren que les gustaría recibir asesoría para el diseño de su página web.

Para la definición de los objetivos y estrategias, el 41.70 % de las empresas no analiza los indicadores de previsiones económicas, demográficas, políticas, tecnológicas, el 22.60 % está interesado en recibir capacitación sobre el tema.

El 48.80 % no elabora una planeación estratégica, no hace reflexiones sobre el futuro de la empresa, sobre las amenazas del entorno y oportunidades de negocio y no existen líneas de actuación a seguir para conducir la empresa a las metas planteadas, no documentan formalmente en los Planes Estratégicos, Planes de Marketing anuales, Planes de Ventas y Presupuestos anuales. El 22.60 % requiere capacitación sobre el tema.

El 47.60 % de los negocios no lleva a cabo estudios de mercado con el personal de ventas y de manera continua, el 19.00 % está interesado a recibir capacitación. El 33.09 % de las empresas tiene en promedio personal con formación profesional bachiller en su área comercial.

Como lo mencionan Lay, Suárez & Zamora (2005), un diagnóstico empresarial es un elemento clave en cuanto a la identificación de necesidades. La tercera fase de esta metodología, es el análisis de los datos para el desarrollo de ideas de negocio, y de acuerdo a las necesidades detectadas se genera como resultado un catálogo de cursos para la capacitación del sector empresarial. Para la implementación de estos cursos se vincula a docentes y alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, con la finalidad de apoyar a los empresarios y a su personal.

Los temas que surgen como necesidad para esta capacitación son de: Administración, uso de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Contabilidad, Mercadotecnia, Calidad, Gestión de procesos de mejoramiento empresarial, específicamente: Uso de las TIC´S como estrategias de optimización de procesos, Formación de líderes de equipo, 7 herramientas estadísticas de la calidad, Administración de almacenes e inventarios, Obligaciones Fiscales, Enfoque estratégico para la generación de grupos de alto desempeño, Modelo Talento Emprendedor, De la Idea al Modelo de Negocio, Introducción a la Educación Financiera, Diseño de Estrategias de promoción de ventas, Manejo del estrés, Taller para la elaboración de reactivos de Ciencias Económico Administrativas, Contabilidad Básica para no Contadores, Interpretación de la Norma ISO 9001:2015

 ISSN 2007-8102

Esta acción tiene como finalidad fomentar en los empresarios y comerciantes un proceso de mejora continua, para su crecimiento y progreso de su situación económica.

De igual manera, derivado de esta fase se desarrollan técnicas para la generación de productos innovadores que vengan a solventar problemáticas identificadas en el objeto de estudio. Estos productos son diseñados por los alumnos y asesorados por los docentes del ITSPA. Es importante mencionar que actualmente estos proyectos se encuentran en una escala de medición TRL 6 como demostración de prototipo en un entorno relevante (Department of Energy Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications, 2015). A continuación se hace referencia a cuatro de los proyectos en escala 6 de medición TRL, con una breve descripción que integra su utilidad y objetivo:

Nombre del producto: D'avocat
Descripción del producto:
D´avocat, es una pasta dental a base del hueso de aguacate, ayuda a la reducción del herpes bucal, a reducir la inflamación de las encías, eliminar las caries y blanqueo de los dientes. El objetivo principal es crear una pasta dental que se diferencie de las demás, siendo un producto natural, con la ventaja competitiva de aprovechar el desperdicio de la semilla de aguacate, ya que se utiliza el hueso en algo que beneficia a la salud bucal.





Nombre del producto: Gluitsi
Descripción del producto:
Bebida para diabéticos a base de extracto de chilacayote y extracto de hoja de higo.
La idea surge con base en conocimiento empírico sobre el contenido de la materia prima que se pretende utilizar en la bebida (extracto de hoja de higo y el contenido del chilacayote), puesto que estas sustancias son naturales y no se comercializan productos para diabéticos de estos insumos. La hoja de higo contiene insulina natural y el chilacayote altos contenidos de hipoglucemiantes, ambos tienen la función de regular el azúcar en la sangre, de esta manera se toma la decisión de crear esta bebida como propuesta para mejorar la condición de las personas diabéticas







Nombre del producto: KUMBIAPP (Innovación social servicio del transporte público)
Descripción del producto:
KUMBIAPP, es una aplicación móvil que muestra la localización aproximada del transporte público, así como la disponibilidad de asientos, se muestran las rutas, tarifas y horarios en que operan las combis, además incluye una sección informativa sobre sucesos relevantes a la vialidad del transporte público. A su vez se vincula con un tablero electrónico que se sitúa en el parabrisas de la combi donde muestra información relevante de la aplicación, como lo es la cantidad de usuarios dentro de esta. En la actualidad existen en el mercado aplicaciones similares, sin embargo, en la etapa de generación de la idea y desarrollo de atributos, se estudiaron las aplicaciones vigentes encontrando áreas de oportunidad que fueron subsanadas con los atributos que ofrece esta aplicación. Es importante señalar, que en el caso de esta innovación para su protección se está buscando el registro ante derechos de autor, ya que por la naturaleza de la misma no puede considerarse una patente.



KUMBIAPP
Es un proyecto que busca mejorar la calidad del transporte público de la región mediante una aplicación móvil.

Nombre del producto: Liry Plast
Descripción del producto:
Liry Plast es un plástico biodegradable hecho a base de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y chilacayote (*Cucurbita ficifolia bouche*), plantas que contienen celulosa, molécula a base de la cual se fabrican los bioplásticos y se obtiene gracias a varios procesos con la extracción de la celulosa, blanqueamiento y degradación alcalina, acetilación de la celulosa. Con este proceso se permite que exista una degradación mas rápida del producto, el cual tarda un máximo de 4 meses en descomponerse después de su uso, además de no afectar al medio ambiente y no generar gases tóxicos a las capas del suelo.
El objetivo es crear un producto biodegradable, cuyo proceso permita que el plástico tenga una degradación mas rápida, además de no afectar al medio ambiente y a la salud de las personas al no generar gases tóxicos y con esto sobrellevar la ley contra el uso de bolsas plásticas.

Liry Plast
BIOPLÁSTICO





Nombre del producto: GANS
Descripción del producto:
Galleta a base de semilla de aguacate, aplicada a la alimentación y salud humana, que permita ser consumido por personas que padecen enfermedades generadas por malos hábitos alimenticios y reducir el índice de deshecho de semilla de aguacate, fortaleciendo su uso. Uno de los objetivos es ayudar a controlar el peso corporal, ya que “El exceso de peso es uno de los problemas de salud pública mas difíciles de nuestro tiempo,

 ISSN 2007-8102

que afecta a casi una de tres personas en el mundo", "México ocupa el lugar 2 con 34.2% de la población de obesidad en el mundo" (IHME, 2017).
Las metas a alcanzar son: mejorar los productos que ofrece el sector agroindustrial, reducir el índice de deshecho de hueso de aguacate, posicionar GANS en el mercado para lograr un cambio positivo en la alimentación de los consumidores, generar nuevos productos relacionados al cuidado de la salud y recursos naturales.







Como cuarta y última fase de esta metodología se tiene la presentación de propuestas y capacitación empresarial. Esta fase se encuentra en una etapa de diseño y gestión, por lo que su ejecución es parte del trabajo futuro de la presente investigación.

Trabajo a futuro

Los alumnos han desarrollado el prototipo de los productos creativos e innovadores, se encuentran en etapa de pruebas de laboratorio y tramites de patentamiento, atendiendo a las sugerencias por parte de asesores del programa IMPI-FUMEC-NAFIN, para una vez subsanada la documentación solicitada se proceda a la firma del convenio necesario para ser beneficiario de dicho programa. Durante este proceso, los alumnos han participado en la convocatoria del Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica 2019, en su etapa local, logrando su pase a la etapa regional tres de los proyectos mencionados. Esta etapa regional se realizará en la Ciudad de Puerto Vallarta Jalisco en el mes de septiembre. Aunado a lo anterior, se presentarán los productos en diversos eventos institucionales con la presencia de empresarios y comerciantes de la región. De igual manera, se mostrarán sus creaciones a diferentes alumnos de instituciones educativas de la región, para incentivar a alumnos de otros niveles escolares a participar en el desarrollo de su talento emprendedor.

Relacionado con la capacitación que requieren los diferentes sectores comerciales y empresariales de la localidad, se registrarán los cursos propuestos en la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, posteriormente serán difundidos en las diferentes organizaciones que agrupan a comerciantes, entre ellas se encuentran la Cámara de Comercio, Servicios y Turismo de Michoacán (Canaco Servitur Pátzcuaro) y la Asociación Ganadera Local de Pátzcuaro. Esta última actividad permitirá vincular a los alumnos y docentes del ITSPA con el sector laboral, para que los alumnos pongan en práctica sus conocimientos teóricos y logren un rápido acceso al campo laboral.

Conclusiones

Con la metodología de apoyo universitario para reactivar mypes en la región, se contribuye en la generación de conocimiento en cada una de sus diferentes fases, permitiendo al alumno pasar del saber al saber hacer y al saber transferir. En la fase 1 y 2 se desarrollaron actividades tales como: diseño y aplicación de instrumentos de recolección de datos, para una vez realizado un análisis minucioso de las necesidades detectadas, se procedió a generar ideas de negocios, en donde, se vio implicada la aplicación de diversas técnicas para la generación de ambientes creativos como parte de la fase 3 de esta metodología. Mientras que en la fase 4, los conocimientos generados son transferidos al sector empresarial a través de la presentación del funcionamiento de las propuestas innovadoras y la capacitación a los empresarios.

A partir de los resultados obtenidos de la recolección de datos se puede concluir que existe interés para recibir capacitación sobre diversos temas relacionados con la actualización y productividad de las empresas. Además, el 87.05 % de los empresarios encuestados están dispuestos a pagar por la capacitación. Parte fundamental de los resultados de esta metodología es la vinculación entre el sector empresarial y el sector educativo, para el ITSPA es un binomio idóneo, en donde, los estudiantes universitarios atienden necesidades empresariales reales del contexto, que son atendidas con propuestas de proyectos o ideas innovadoras en las que aplican el saber hacer y el saber transferir con los conocimientos adquiridos al interior de las aulas. Con este tipo de metodologías universitarias los estudiantes refuerzan sus habilidades emprendedoras, permitiéndoles una eficiente transición a su área laboral profesional.

Por otro parte, los docentes y alumnos pueden construir en el aula un ambiente de aprendizaje significativo a través de la elaboración de prototipos o productos innovadores. Aunado a ello, se contribuye en el cuidado del medio ambiente mediante estrategias sustentables, ya que a partir de los recursos naturales o subproductos de los mismos surgen propuestas para potenciar el desarrollo empresarial de la región de Pátzcuaro, Michoacán. Este tipo de actividades contribuye a la mejora y actualización de sus procesos, sus productos y servicios, generando una diversidad de oferta y competitividad.

De igual manera, se ve reforzado el saber transferir con la propuesta de un catálogo de cursos para la capacitación en diversos procesos administrativos del sector turístico de Pátzcuaro. Sin dejar de lado, que es una oportunidad para impulsar el desarrollo empresarial y económico de la región. Con esta medida se contribuye por parte del ITSPA a consolidar los servicios relacionados con el sector turístico en las áreas de alimentos y hospedaje, generando una posibilidad de crecimiento en los ingresos de los negocios familiares de la región.

Para el ITSPA, los resultados derivados de la presente metodología han sido favorables, y van más allá de una estrategia de aprendizaje. Ya que, gracias a esta metodología desde el año 2018 y a la fecha se ha logrado por primera vez una participación en un concurso de innovación con etapa nacional, participación en convocatorias de iniciativa privada para emprendedores quedando como semifinalistas, convenios con el sector empresarial y la adopción de I+D por profesores y alumnos en todo el proceso formativo.

Referencias

1.- Ayuntamiento Constitucional de Pátzcuaro. (19 de 07 de 2019). *www.patzcuaro.gob.mx.* Obtenido de www.patzcuaro.gob.mx: www.patzcuaro.gob.mx

2.-Bernal Domínguez, D., Mora Palazuelos, C., Arellano Unzaga, G., y Torres Carrillo, K. (2014). La alternativa del diagnóstico empresarial para la gestión directiva en las pequeñas empresas comerciales en Sinaloa. Telos, 16(2), 278–299.

3.- Castillo, R. M. (Diciembre de 2005). https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/administrativas/article/view/9365/8182. Obtenido de https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/

4.- Cervera, L. T., & Zuccolotto, C. M. (Junio de 2008). Obtenido de http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/raites/article/view/55.

5.- CONACYT. (2015). *www.conacyt.gob.mx.* Obtenido de https://www.conacyt.gob.mx:
https://www.conacyt.gob.mx/index.php/sni/convocatorias-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-se-conacyt-innovacion-tecnologica/convocatorias-cerradas-se-conacyt-innovacion-tecnologica/convocatoria-se-conacyt-innovacion-tecnolo

6.- DÍAZ BARRIGA ARCEO, FRIDA. (2005). Desarrollo del currículo e innovación: Modelos e investigación en los noventa. Perfiles educativos, 27(107), 57-84. Recuperado en 14 de septiembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185- 26982005000300004&lng=es&tlng=es.

7.- IHME. (2017). *www.healthdata.org. instituto de métricas y evaluación de salud.* Obtenido de www.healthdata.org

8.- Lay, M. T., Súarez, J., & Zamora, M. (2005). Modelo para gestionar la capacitacion de directivos y reservas en la empresa ganadera cubana. Diagnóstico empresarial y proceso de capacitación. Pastos y forrajes, 28(3), 253-263.

9.- Ramírez, P. M., & Rodríguez, A. R. (09 de Marzo de 2017). *http://acacia.org.mx.* Obtenido de: http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/15_PF415_Despem__o_y_Financimiento_de_las_MIPyMES.pdf

10.- Rositas, M. J. (2014). Los tamaños de las muestras en encuestas de las ciencias sociales y su repercusión en la generación del conocimiento (Sample sizes for social science surveys and impact on knowledge generation) . InnOvaciones de MegOciOs, 235-268.

11.- U.S. Department of Energy Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications. (2015).https://ec.europa.eu. Obtenido de: https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf

12.- Vilalta, J. M. (2013). *http://www.studiaxxi.com/site/wp-content/uploads/00.-Cuaderno-de-trabajo-4-print.pdf. Obtenido de http://www.studiaxxi.com*

Análisis de los procesos de servicio en consultorios dentales de Córdoba Ver.

A. C. Pedraza Boza[1], M. Raygoza Bello[1], G. Cabrera Zepeda[1], E. Romero Flores[1], M. Gallardo Cordova[1].
[1]Maestría en Ingeniería Administrativa, Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación,[3]Licenciatura en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 880, Col. Emiliano Zapata Sur, C.P. 94320, Orizaba Ver, México.
aldo.cpedraza@gmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
Los procesos de calidad en el servicio pueden variar dependiendo el giro del negocio, por ejemplo, un cliente en una agencia de motocicletas es atendido de una manera y un cliente como paciente en un consultorio dental, de otra. El objetivo de este trabajo es la realización del análisis de los procesos de servicios en tres consultorios odontológicos del municipio de Córdoba Ver. La metodología fue desarrollada mediante un estudio de alcance descriptivo en 3 fases, en donde inicialmente se trabajó en conocer los procesos de servicio en consultorios dentales usando herramientas como el modelo Servperf, check list, el ciclo de Demig, después se realizó un análisis usando FODA y PESTEL y por último se presentaron los resultados obtenidos usando el diagrama de Ishikawa. Los resultados fueron muy satisfactorios al entender que las causas de afectación a la calidad en el servicio están relacionadas con los factores económicos, políticos, sociales y legales, pero sobre todo con los factores relacionados con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC´s) que hacen que hoy en día la odontología tenga que satisfacer las necesidades y demandas de sus clientes mediante la adaptación de TIC´S.

***Palabras clave**: Calidad, Servicio, Análisis, Procesos.*

Abstract
The quality of service processes may vary depending on the business, for example, a client in a motorcycle agency is treated in one way and a client as a patient in a dental office, in another. The objective of this work is to carry out the analysis of the service processes in three dental offices in the municipality of Córdoba Ver. The methodology was developed through a study of descriptive scope in 3 phases, where initially we worked on knowing the service processes in dental offices using tools such as the Servperf model, check list, the Demig cycle, then an analysis was carried out using FODA and PESTEL and finally the results obtained using the Ishikawa diagram were presented. The results were very satisfactory to understand that the causes of impact on the quality of the service are related to economic, political, social and legal factors, but above all to the factors related to the use of Information and Communication Technologies (TIC´s) that make dentistry today have to meet the needs and demands of its clients by adapting TIC´s.

***Keywords:** Quality, Service, Analysis, Processes.*

Introducción
De acuerdo con la Asociación Mexicana Dental en México se encuentran activos cerca de 70,000 odontólogos registrados, de los cuales 10,000 odontólogos (14.28%) trabajan en el sector público (IMSS, ISSSTE, Secretaría de salud). Mientras que 60,000 (85.72%) de los odontólogos en México labora en el sector privado, es decir, en clínicas o consultorios odontológicos privados. La atención a la salud bucodental presenta características que la diferencian de otros procesos de salud. Esto debido a que las consultas son privadas e individuales, lo cual hace que el profesional esté aislado y en el recaigan las responsabilidades de atención, gestión administrativa y del personal, los controles de la documentación del paciente (exámenes, historia clínica, radiografías), control de existencias, mantenimiento y esterilización de materiales e instrumental, control de citas, eliminación de residuos, entre otras (Triana, 2014). En México, el proceso de adopción de la digitalización es aún incipiente, debido a la brecha tecnológica, al rezago de conectividad (Internet of Things), así como a los aspectos de ciberseguridad y talento especializado asociado entre otros, por lo que deberán redoblarse los esfuerzos para fomentar su conocimiento e impulsar su implementación.(Córtes, 2017).

 ISSN 2007-8102

Con base en las entrevistas realizadas en los tres consultorios dentales se observa que los problemas dentro de los consultorios dentales entre otros son: carece de una administración adecuada, de igual manera la falta de conocimientos en gestión administrativa, no le permiten ofrecer un servicio adecuado a sus pacientes, no cuentan con conocimientos básicos en TIC´s e innovación por la falta de una formación académica y una falta de interés en capacitarse en estos temas. Dejan de lado la parte de la gestión administrativa y no se invierte en equipos de tecnología de vanguardia, otros problemas que se puede observar es la pérdida de pacientes o la poca captación de nuevos pacientes por el servicio y la competencia que se tiene. Todos los problemas citados anteriormente repercuten en una falta de crecimiento y pérdida de competitividad en los consultorios dentales. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es la realización del análisis de los procesos de servicios en tres consultorios odontológicos del municipio de Córdoba Ver.

Metodología

Durante la investigación realizada en el periodo enero- junio 2019, se usó un estudio de alcance descriptivo con el objetivo de conocer los procesos de servicio en consultorios dentales y describir el análisis de los resultados obtenidos. La metodología para alcanzar el objetivo del trabajo consistió en realizar 3 fases las cuales son las siguientes: Fase 1: Conocimiento de las variables de los procesos de servicio en los consultorios dentales. Fase 2: Aplicación de herramientas. Fase 3: Los resultados obtenidos del análisis.

En la fase 1 se determinaron para el estudio tres consultorios dentales en la ciudad de Córdoba en el estado de Veracruz, ubicados en la colonia centro. Se hizo el estudio en 2 consultorios particulares (que operan con un médico odontólogo) y 1 clínica la cual cuenta con 3 consultorios (2 son para el tratamiento bucal general y uno más para la especialidad de ortodoncia y que es atendida por 7 médicos odontólogos, 2 asistentes y 2 recepcionistas). Se hicieron entrevistas abiertas y generales con cada uno de los dueños de los consultorios con el objetivo de conocer más acerca de su lugar de trabajo, cuáles son sus procesos estratégicos, claves y auxiliares. De igual forma otra actividad fue conocer los procedimientos que realizaban en el día a día para tener una idea clara de cada trabajo realizado y por quien era ejecutado, es decir, si solo lo hacía el odontólogo o alguno de sus asistentes o en su defecto por la recepcionista. Las entrevistas con los dueños fueron para dar a conocer el uso de ciertas herramientas que se iban a aplicar para la obtención de información y que todo les quedara claro y así eliminar todas sus dudas al respecto.

La fase 2 fue la aplicación de las herramientas de geolocalización y de observación en sitio. En esta parte, una de las herramientas usadas fue la de Google maps con la cual fue posible localizar la ubicación geográfica y estratégica de los consultorios en la ciudad. Otra de las herramientas usadas durante esta fase fue el checklist ya que fue necesario tener un registro de todos los requerimientos físicos en los consultorios, así como de las ventajas estructurales o físicas con las que cuentan. Parte de plan consistió en conocer qué tipo de clientes son los que acuden a los consultorios, por lo que fue necesario interactuar con los pacientes para conocer sus percepciones con respecto al servicio que se les ofrecía. El método SERVPERF desarrollado por Cronin y Taylor (1994), es una escala para medir la calidad basada únicamente en las percepciones del cliente sobre el servicio prestado, fue la herramienta usada en esta fase, ya que esté método sirve para conocer las perspectivas que la gente tiene con respecto a un servicio(consultorio) donde es atendida, dicho método cuenta con 25 items que como se mencionó anteriormente ayudan a medir la percepción del cliente y se agrupan en 5 factores los cuales son: Elementos tangibles, fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad y empatía.

Para la fase 3 se utilizaron herramientas de análisis. El análisis FODA, es un proceso que ayuda a poner en claro la situación actual de una organización. A través de este recurso de análisis es posible generar un diagnóstico confiable que posteriormente puede ser utilizado para la toma de decisiones conforme a las necesidades y restricciones de la empresa. FODA son las siglas de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas; o por sus siglas en inglés SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats). A fin de agrupar los conceptos por su naturaleza, se puede decir que las fortalezas y debilidades se encuentran dentro de la organización, las amenazas y oportunidades se encuentran fuera de la organización. Se hizo uso del análisis FODA para poner en claro la situación actual de los consultorios dentales. A través de este recurso de análisis es

 ISSN 2007-8102

posible generar un diagnóstico confiable que posteriormente puede ser utilizado para la toma de decisiones conforme a las necesidades y restricciones de la empresa (Ramírez, 2012).

Otra herramienta usada para la obtención de información fue el análisis PESTEL el cual es una técnica de análisis de negocio que permitirá a la empresa determinar el contexto en el que se mueve y diseñar sus estrategias para poder defenderse, aprovecharse o adaptarse a todo aquello que afecta al sector o mercado. De igual forma es una técnica de análisis estratégico para definir el entorno externo de nuestra empresa a través de los factores siguientes: Políticos, Económicos, Socio-culturales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales (AIDIME, 2013).

También se hizo uso del diagrama de Ishikawa o diagrama causa - efecto el cual es una herramienta de análisis que nos permite obtener un cuadro, detallado y de fácil visualización, de las diversas causas que pueden originar un determinado efecto o problema. Suele aplicarse a la investigación de las causas de un problema, mediante la incorporación de opiniones de un grupo de personas directa o indirectamente relacionadas con el mismo. Es una herramienta muy interesante para analizar todo tipo de problemas producidos en los procesos de producción o de servicio. (Vigo, 2014).

Resultados y discusión.

Lugar de trabajo.
La primera actividad que se realizó fue el reconocimiento de cada uno de los consultorios dentales y la descripción de su ubicación mediante la herramienta google maps. La clínica dental cuenta con más de 37 años de experiencia, actualmente se encuentra ubicado en la ciudad de Córdoba Ver. con dirección en Av 4 y calles 9 y 11. Uno de los consultorios cuenta con poco más de 4 años de experiencia, actualmente se encuentra ubicado en la ciudad de Córdoba Ver. con dirección en Av 3 y avenidas 15 y 17. Por último el otro consultorio cuenta con más de 40 años de experiencia, a lo largo de los años ha cambiado de ubicación en 2 ocasiones, actualmente se encuentra ubicado en la ciudad de Córdoba Ver. con dirección en calle 2 y avenidas 5 y 7.



Figura1: Mapa ubicación de consultorios dentales en la ciudad de Córdoba Ver. Fuente: (Google, 2019)

Tipos de clientes.
Se tuvieron al menos 5 pláticas-entrevistas con cada uno de los dueños de cada uno de los consultorios para que definieran que tipo de cliente es el que acude a su consultorio, los tres coincidieron que generalmente asisten clientes de clase media, ya que de acuerdo a la zona donde se encuentran ubicados (la colonia centro de la ciudad) está habitada y transitada en su mayoría por personas de esta clase. De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en un test realizado en México la clase media es una persona que gana entre $7,561.00 y $20,162.00 pesos mensuales(OCDE,2019).

Desarrollo de Procesos y procedimientos.
Durante las visitas que se realizaron a los consultorios se hicieron observaciones de los procesos, procedimientos y actividades que se realizan en ellos, cabe destacar que todos los procedimientos se hacían de manera empírica por lo que no había ningún registro por escrito, por lo que se procedió a elaborar la tabla 1 identificando 14 procedimientos observados.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Procedimientos de los consultorios dentales.

No	PROCEDIMIENTO
1	Solicitud de cita con el odontólogo por primera ocasión
2	Atención a pacientes pre citados
3	Atención a pacientes con urgencia
4	Solicitud de materiales
5	Control de materiales y equipo
6	Pláticas de orientación de salud bucal
7	Enseñanza a los pacientes de la técnica de cepillado y uso de hilo dental
8	Terminación de tratamiento y programación de próxima cita
9	Cobranza de tratamientos
10	Limpieza de instalaciones
11	Solicitud de material a depósito dental
12	Solicitud de presupuesto
13	Cancelación de cita
14	Canalización con especialista

Fuente: (Elaboración propia)

Aplicación de modelo SERVPERF para determinar la calidad en el servicio

El modelo Servperf utiliza exclusivamente la percepción como una buena aproximación a la satisfacción del cliente, por lo que para analizar lo que percibe el paciente con respecto a un consultorio dental se decidió aplicar esta herramienta realizando 30 encuestas a pacientes con una escala de Likert de 1 a 7. Para validar la encuesta realizada se usó el alpha de Cronbach teniendo los siguientes resultados:

Formula Alpha de Cronbach.

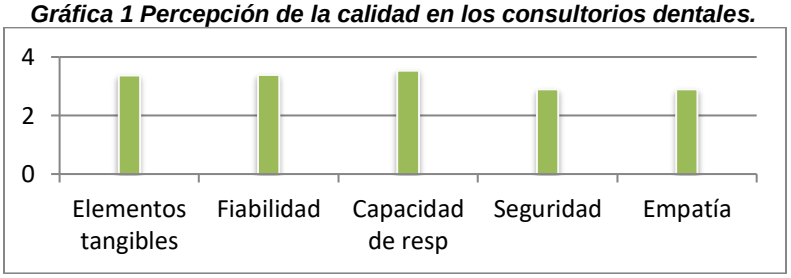
$$\frac{K}{K\ 1} * 1\quad \frac{{}^{2}_{i}S}{S^{2}_{sum}}$$

Donde K = 30
$\Sigma S^2 i$= 27.23
St= 15.62
α= 0.769

El alpha de Cronbach es >0.6 por lo tanto su confiabilidad es aceptable en la encuesta SERVPERF.

Una vez realizadas 5 encuestas piloto y validadas por el grupo de expertos (investigadores del proyecto), se realizaron las 30 encuestas y se procedió a tabular los resultados que se presentan en la Gráfica 1 siguiente:

Gráfica 1 Percepción de la calidad en los consultorios dentales.



Fuente: Elaboración propia.

Los promedios presentados en la gráfica 1 fueron determinados con base en la tabla 2 (tabla de medición del modelo SERVPERF) la cual es la siguiente:

Tabla 2 Tabla de medición del modelo SERVPERF.

FACTORES	ITEMS
ELEMENTOS TANGIBLES	4
FIABILIDAD	5
CAPACIDAD DE RESPUESTA	4
SEGURIDAD	4
EMPATIA	5
TOTAL	22

Fuente: Cronin y Taylor (1994)

 ISSN 2007-8102

Donde los items se refiere al número de preguntas que se deben de considerar para sacar el promedio de cada elemento. Para elementos tangibles corresponde las preguntas de la 1 a la 4, fiabilidad de la pregunta 5 a la 9, capacidad de respuesta de la 10 a la 13, seguridad de la pregunta 14 a la 17 y empatía de la pregunta 18 a la 22 (ver tabla 3). Se saca el promedio de estas preguntas para los 30 encuestados, quedando las calificaciones promedio de la siguiente manera.

Tabla 3 Promedio de las cinco dimensiones del modelo SERVPERF.

Factores	Promedios
Elementos tangibles	3.375
Fiabilidad	3.393
Capacidad de resp.	3.533
Seguridad	2.892
Empatía	2.893

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales se observó en el aspecto tangibilidad que tiene que ver con la apariencia de las instalaciones físicas, equipos, personal y materiales de comunicación.se obtuvo una percepción del 3.375. En el aspecto fiabilidad el cual tiene que ver con la habilidad para realizar el servicio prometido de forma fiable y cuidadosa.se tiene una percepción del 3.393 y en el aspecto capacidad de respuesta que se entiende como la disposición y voluntad para ayudar a los usuarios y proporcionar un servicio rápido se obtuvo una percepción del 3.533. En el aspecto seguridad el cual tiene que ver con el conocimiento y atención mostrado por los empleados y sus habilidades para inspirar credibilidad y confianza. También encierra las dimensiones profesionalidad, cortesía, credibilidad y seguridad se obtuvo una percepción de 2.892. En el aspecto empatía: que tiene que ver con la atención individualizada que ofrecen las empresas a sus consumidores, incorpora las dimensiones accesibilidad, comunicación, comprensión del usuario se tiene una percepción del 2.893.

Con el análisis del promedio de respuesta relacionado con los factores que mide el modelo SERVPERF, se concluyó que la calidad en el servicio proporcionada por los consultorios dentales es regular ya que se obtuvo un promedio de 3.217 sobre 7 que es el valor máximo a obtener obteniendo un 45.96% de aceptación con respecto al servicio que se les proporciona. Los pacientes de los consultorios dentales estudiados en el presente estudio tienen una baja percepción en los atributos que mide el modelo SERVPERF y más aún los atributos que tienen que ver con seguridad y empatía, mientras que en los restantes atributos mostraron un comportamiento similar con una percepción regular.

Inspección visual.

Se hizo a cada uno de los consultorios dentales inspecciones visuales que ayudaron a determinar que otras necesidades o requerimientos los pacientes requieren para poder ofrecer un servicio de calidad, por lo que se procedió a concentrar los resultados del check list en la tabla 4 donde se presentan en la segunda columna las características con las que ya cuentan los consultorios y en la tercera columna los requerimientos del paciente hoy en día.

Tabla 4. Ejemplo de las observaciones de los consultorios dentales.

Consultorio	Características con las que cuenta	Requerimientos
Consultorio odontológico integral de Córdoba	*Espacio para oficina, sala de espera y área de trabajo amplio. *Equipos e instrumentos de trabajo básicos. *Computadora e impresora. *Baño para pacientes. *Muebles en la sala de espera. *Revistas para leer.	*No cuenta con internet en el consultorio. *Sin ayuda de asistente. *Falta de limpieza y pintura en paredes. *Sin reja o cancel que proteja para que sea más seguro el consultorio. *Sin filosofía

Fuente: (Elaboración propia)

Análisis.

Antes de iniciar con el análisis del entorno, se dio una breve capacitación a cada dueño de consultorio a cerca de lo que es el modelo PESTEL y el análisis FODA con la intención de darles a conocer que es lo que se iba a realizar con estas herramientas en los consultorios. Uno de los aspectos fundamentales de la planeación estratégica lo constituye el análisis del entorno, para este análisis se uso el modelo PESTEL para determinar la situación actual de los consultorios, además se le aplicó a este modelo el análisis FODA para poder obtener un diagnóstico objetivo, de igual forma, para saber que tanto influye la calidad en el servicio al momento de realizar estos análisis. En este caso se conjuntaron ambos análisis (FODA-PESTEL) para poder obtener un punto más objetivo de cada uno de los aspectos que manejan estas herramientas logrando así determinar en cuales es necesario trabajo con mayor énfasis para poder obtener un proceso de servicio de mejor calidad para el paciente, (ver tabla 5 siguiente).

Tabla 5. Ejemplo de datos obtenidos del análisis del entorno a un consultorio dental.

Análisis del entorno Consultorio Dra. Guadalupe Boza				
Clasificación	FODA			
	Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Político	*Contactos con políticos de la ciudad. *Invitaciones a mitines.	*Posibles convenios con partidos. *Recibir apoyo.	*Tardan mucho en pagar y tiene mucha desorganización. *Cambia a cada rato de responsable.	*Mal gobierno. *No haya presupuesto.
Económico	*Experiencia de más de 38 años. *Buena ubicación (centro de la ciudad). *Buenos pacientes. *Precios accesibles.	*Apoyo del gobierno. *Convenio con otros odontólogos. *Referencias de pacientes.	*Mucha competencia. *Sin especialidad. *La gente no quiere pagar por consulta. *Los pacientes luego no pagan a tiempo.	*Sin un sueldo. *Pagar renta. *Cada vez hay más competencia en la ciudad. *Falta de actualización.
Social	*Muchas y buenas relaciones con buenos pacientes. *Reconocida por los años de experiencia.	*Trabajar en las comunidades. *Apoyar en brigadas.	*El desempleo. *La falta de dinero de la gente para pagarse un tratamiento. *La falta de responsabilidad de la gente. *Impuntualidad.	*Los robos. *La inseguridad. *Extorsiones. *Pacientes incumplidos.
Tecnológico	*Material de buena calidad. *Equipos de alta calidad.	*Actualizarse. *Aprender a usar las redes sociales. *Inversión en más equipo moderno. *Publicidad en internet.	*Sin equipo de rayos X y cámara intraoral. *No saber usar las redes sociales.	*La competencia actualizada en tecnologia. *Quedar obsoleta con el equipo actual.
Ecológico	*Uso consciente del agua. *Poco consumo de luz. *Sin usar vasos desechables. *Muchas plantas en el consultorio.	*Usar más cosas ecológicas.	*No venden material ecológico cerca. *La mayoria del material de trabajo no es reciclable.	*La contaminación.
Legal	*RFC. *Pagos al corriente. *Sin problemas desde hace más de 38 años. *Buen abogado.	*No tener problemas con los pacientes. *Hacer el trabajo adecuadamente.	*Pagar impuestos. *Facturas.	*Negligencias. *Pacientes inestables que ya llegan enfermos.

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los análisis FODA y PESTEL, la información extraída se uso para poder elaborar un diagrama de Ishikawa, en donde cada uno de los aspectos que conforman el PESTEL se tomaron como las causas de mayor peso que afectan la calidad en el proceso de servicio y al mismo tiempo las debilidades obtenidas en el FODA se coloraron como las causas negativas que dañan la calidad en los procesos de servicio en los consultorios dentales, lo que dio como resultado el diagrama de Ishikawa que se presenta en la figura 2. Como se puede observar en la figura 2, en el aspecto político se puede ver que los cambios de gobierno afectan de manera indirecta ya que se llegan a perder apoyos del gobierno, de igual manera se pierde seguimiento a las campañas de salud o brigadas de salud y existe un mal manejo de los recursos. El aspecto económico, la ubicación del negocio es un arma de dos filos ya que por un lado a pesar de que los 3 consultorios cuentan con una buena ubicación (céntrica) el problema es para los pacientes que usan automóvil, ya que muchas veces no llegan a encontrar lugar para estacionarse o lo encuentran lejos o tienen que pagar parquímetro cosa que afecta en ese aspecto haciendo que los pacientes prefieran ir a otros lugares donde puedan llegar más cómodamente. Lo anterior coincide con lo que dice Canaria (2010), en las zonas céntricas un gran número de establecimientos proporcionan una oferta variada tanto en productos como en precios y el tráfico peatonal y rodado son muy intensos. Sin embargo, los costes por alquiler son muy elevados, es difícil el aparcamiento

 ISSN 2007-8102

y resulta complicado el aprovisionamiento. De igual manera, la competencia representa un problema, ya que es cada vez mayor, y aumenta debido a que los nuevos odontólogos salen más preparados en otras cuestiones modernas (como el uso de las TIC´s). Surge en este análisis la idea e importancia de redoblar esfuerzos en la estrategia de calidad en el servicio.



Figura2. Ishikawa de la calidad en el servicio en los consultorios dentales, Fuente: Elaboración propia

En el aspecto social la delincuencia afecta bastante, hoy en día la inseguridad en los municipios del estado de Veracruz es alarmante y crece cada vez más, y eso aumenta el peligro en las calles por lo que todos tanto sociedad como odontólogos se ven afectados de sus bolsillos, ya que pueden ser víctimas de un asalto o de robo o extorsiones; de acuerdo con Zurita (2016) los delitos más frecuentes en contra de los odontólogos son robo, extorsión homicidio y secuestro. El desempleo de igual manera afecta debido a que los pacientes dejan de pagar sus tratamientos, así como la impuntualidad puesto que muchos pacientes no son responsables con los horarios haciendo que el odontólogo pierda la oportunidad de agendar otra cita en el horario que se perdió. Con respecto al aspecto tecnológico, este se ve afectado por los precios elevados de algunos materiales o equipos, haciendo que el consultorio se vea atrasado u obsoleto por la falta de equipo moderno. Así mismo, la mayoría de los odontólogos no aprovechan el uso de las redes sociales y las TIC´s para mejorar la calidad de sus servicios, ya que muchas veces no saben cómo llevar el manejo de una red social, el uso de una computadora o como tener dentro de sus negocios una red electrónica para manejar la información por falta de conocimientos, esto representa un problema ya que de acuerdo con Maroto (2013) las TIC´s son actualmente una innovación educativa en el campo de la odontología las cuales tratan de obtener el mejor resultado dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje. Aunado a lo anterior los odontólogos consultados en esta investigación opinaron que su trabajo se vuelve cada vez más inestable, debido a la competencia, que es cada vez mayor, las clínicas dentales ofrecen servicios con equipos de alta tecnología y están más incursionadas en cuanto a TIC´s e innovación se refiere. Esto se vuelve un gran reto para ellos ya que de acuerdo con sección amarilla (2018) tan solo en la ciudad de Córdoba Veracruz hay registrados 61 consultorios dentales, para atender a 210,172 habitantes que residen en la Ciudad (SEFIPLAN, 2017). En cuanto al aspecto ecológico, se observa que los consultorios tienden a generar muchos desechos por el manejo de muchos productos desechables (cubre boca, guantes, vasos, cofias), así como el gasto de agua y energía eléctrica, no existe un control sobre este tipo de materiales por lo que el medio ambiente queda de lado, pues, los productos biodegradables son difíciles de conseguir, lo anterior es un gran reto a superar ya que de acuerdo con la Federación Dental Internacional (2017), la odontología como profesión debe incorporar los objetivos de desarrollo sostenible en la práctica diaria, así como a apoyar el cambio hacia una economía verde en pos del bienestar y una vida saludable para todos, en todas las etapas de la

vida. Por último, en el aspecto legal, los odontólogos corren el mismo riesgo que los médicos ya que pueden sufrir de demandas por negligencia y calumnias de ese tipo ya que carece de una hoja responsiva que les deslinda de esos problemas. Así mismo deben de contar con sus papeles en orden ya que deben presentar o rendir cuentas a la secretaría de salud, así como a la secretaría de hacienda y hacer sus respectivos pagos de impuestos para evitar problemas. Todo ello influye en la satisfacción de los pacientes en términos de pago y facturación, así como en asegurar y prevenir riesgos por el servicio que se ofrece a las personas en las cirugías o diversos tratamientos bucales.

Trabajo a futuro.

Se trabaja en el diseño y la implementación de estrategias en los 3 consultorios odontológicos, con la finalidad de crear una ventaja competitiva y ofrecer calidad en un servicio odontológico.

Conclusión.

En términos generales se concluye de acuerdo al modelo SERVPERF que los pacientes tienen una baja percepción en los atributos que tienen que ver con seguridad y empatía, mientras que en los restantes atributos se muestra un comportamiento similar con una percepción regular. El uso de varias herramientas permitió obtener una información más completa la cual contribuyo a realizar un adecuado análisis del entorno y de las fortalezas, debilidades, amenazas y áreas de oportunidad de los consultorios dentales, pero lo más importante fue la combinación FODA-PESTEL que permitió enseguida un análisis causa-efecto interesante. En el presente estudio quedó de manifiesto que es necesario trabajar mucho en la satisfacción del cliente incorporando las TIC´s como herramienta de mejora a la calidad en el servicio.

Referencias.

Arellano, H. O. (2017). La calidad en el servicio como ventaja competitiva. *Revista científica: Dominio de las ciencias*, 72-83.
Arrieta, E. (8 de Noviembre de 2017). *http://www.expansion.com*. Obtenido de http://www.expansion.com: http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2017/11/08/59f8a85922601d1b458b4618.html
Berry, L. &. (1993). *MArketing en las empresas de servicio: compita mediante la calidad.* Bogotá: Grupo Editorial Norma.
Capilla, R. (3 de Octubre de 2017). *http://www.conacytprensa.mx*. Obtenido de http://www.conacytprensa.mx: http://www.conacytprensa.mx/index.php/sociedad/politica-cientifica/18282-la-industria-4-0
Duque, E. (2015). Revisión del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición. *Innovar*, 64 - 79.
Guillén, R. (2017). Las tecnologías de información y comunicación en odontología. *Polo de conocimineto*, 120-128.
Javier de la fuente Hernández, M. A. (2011). Uso de nuevas tecnológias en odontología. *Revista odontológica mexicana*, 157-162.
Loyola, D. F. (19 de Marzo de 2018). Tesis para obtener el titulo de Cirujano Dentista. *Calidad de servicio en la atención odontológica de pacientes que acuden al servicio de estomatología de una institución pública y privada*. Lima, San Martín de Porres, Perú.
mercawise. (26 de Febrero de 2015). *https://www.mercawise.com*. Obtenido de https://www.mercawise.com: https://www.mercawise.com/estudios-de-mercado-en-mexico/estudio-de-mercado-sobre-servicio-de-clinicas-dentales-en-mexico
Ramírez, J. (2012). Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. *Ciencia administrativa*, 54-61.
seccionamarilla. (Enero de 2018).Obtenido de https://www.seccionamarilla.com.mx/resultados/dentistas/veracruz/cordoba/1
Triana, J. (2014). Calidad y seguridad en la atención odontológica, una propuesta educativa. *CONAMED*, 5-9.
Willebaldo Moreno Méndez, C. L. (2010). La calidad de la atención en el servicio odontológico. *Odontología actual*, 52-55.
Canaria, C. d. (2010). *camarafp.org*. Obtenido http://www.camarafp.org/portal/index.php/camarafp/ique-es.html
FDI. (Agosto de 2017). *fdiworlddental.org*. Obtenido de https://www.fdiworlddental.org/es/resources/policy-statements-and-resolutions/sostenibilidad-en-odontologia
Zurita, J. M. (16 de Octubre de 2016). *formato7.com*. Obtenido de formato7.com: https://formato7.com/inseguridad-consultorios-dentales-cierran-coatzacoalcos/
Vigo, U. d. (2014). Obtenido de http://gio.uvigo.es/asignaturas/gestioncalidad/GCal0405.DiagramaCausaEfecto.pdf
Córtes, Y. (2017). El entorno de la industria 4.0: Implicaciones y perspectivas futuras. Conciencia tecnológica, 1-23.
Monsalve, N. (2016). Propuesta de mejora en la calidad de la prestación del servicio en una clínica odontológica de la ciudad de Bogotá. 1-5.
SEFIPLAN. (2017). Sistema de información municipal, cuadernillos municipales 2017. Córdoba, Veracruz, México.
Treviño, M. (2015). Importancia de las TIC´s en estudiantes de odontología. 2-11.
AIDIME. (2013). http://www.aidimme.es. Recuperado el 23 de Noviembre de 2018, de http://www.aidimme.es: http://www.aidimme.es/eco-acv/teoria/Iso14006/2.1.1%20AN%C3%81LISIS%20PESTEL.pdf
Maroto, O. (2010). Nuevas tecnologías de información y comunicación para la enseñanza de la odontología: Algunas consideraciones para los docentes. Odovtos, 107-113.

Análisis de las empresas socialmente responsables bajo la norma ISO26000:2010

D. Juárez López[1], M.T. De la Garza Carranza1, J. P. Gonzales Farias[1].*
[1]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Instituto Tecnológico de Celaya, Av. García Cubas 1200, Esquina Ignacio Borunda, Celaya, Gto. México.
**danalopez1357@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se analizó a través de un estudio cualitativo la información de tres empresas que ostentan el distintivo de responsabilidad social empresarial que otorga la CEMEFI. Las empresas fueron del ramo alimenticio de tamaño pequeña, mediana y grande. La información levantada a través de entrevistas y documental fue analizada mediante el software MAXQDA. Los resultados muestran que las actividades que tiene que ver con el cumplimiento de la ley, el cumplimiento con organismos reguladores, las acciones para prevenir impactos involuntarios, presentaron mayor frecuencia. Las que no presentaron impacto fueron el manejo de ausencia laboral, discapacidades y año sabático en la empresa, así como el uso de imágenes o información que discrimine a la población. Con base en el presente estudio se concluye que existen actividades específicas que las empresas en desarrollo pueden seguir para que en un futuro alcancen el estatus de socialmente responsables.
***Palabras clave**: Responsabilidad Social, MIPYMES, ISO26000:2010.*

Abstract

The information of three companies that hold the corporate social responsibility badge granted by CEMEFI was analyzed through a qualitative study. The companies were of the small, medium and large size food industry. The information collected through interviews and documentary was analyzed using the MAXQDA software. The results show that the activities that have to do with compliance with the law, compliance with regulatory agencies, actions to prevent unintended impacts, were more frequent. Those that did not present an impact were the management of work absence, disabilities and sabbatical in the company, as well as the use of images or information that discriminates against the population. Based on this study, it is concluded that there are specific activities that developing companies can follow so that in the future they reach the status of socially responsible.
***Key words**: Social responsibility, MYPIMES, NOM ISO26000: 2010*

Introducción

La responsabilidad social corporativa, también llamada responsabilidad social empresarial se define como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y su valor añadido. Un proceso de certificación hará que las empresas en México consigan el distintivo de ESR. Este proceso implica el empleo de normas no certificables, como la NOM 8000:2020 y la ISO 26000:2010, que sirven como coadyuvantes en el proceso de obtención del distintivo. Sin embargo, la principal desventaja de obtener una certificación, es la complejidad que estas normas presentan en su empleo, lo que trae consigo el desinterés del empresario por implementar procesos para ser socialmente responsable. Este fenómeno fue reportado en las investigaciones publicadas por Gonzales [2015], donde se contempla la opinión del gremio empresarial que ha obtenido previamente el distintivo. Lo anterior trae consigo que los empresarios no busquen la certificación.

En respuesta a esta problemática, una nueva alternativa ha emergido basada en la recopilación de actividades que las empresas socialmente responsables consideran de mayor significancia y frecuencia, con la finalidad de obtener, en trabajos posteriores un modelo de responsabilidad aplicado a las empresas en expansión.
El presente trabajo, describe los mecanismos protocolarios que las empresas del ramo alimenticio de Celaya, emplean, con la finalidad de cumplir con un sistema de responsabilidad social empresarial, capaz de ejercer una metodología de control y cultura de prevención en el ámbito social, ambiental, y económico de la organización y su entorno.

Metodología

Diseño de la investigación

La presente investigación es un estudio exploratorio cualitativo, que tiene como objetivo, la descripción de particularidades de las empresas en camino de ser socialmente responsables. Es no experimental, de alcance descriptivo, y de tipo, transversal, pues se reunirá información en un mismo momento de tiempo.
De acuerdo a las preguntas de investigación y a los objetivos planteados en el estudio, la investigación se estructuró en tres fases principales.
Fase 1: Diseño de la muestra, incluye la elaboración del instrumento de evaluación.
Fase 2: Análisis estadístico de los datos obtenidos.
Fase 3: Síntesis y estructuración de los datos obtenidos para generar resultados.
Las variables de estudio se establecen en la tabla 1.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Indicador	Actividades /códigos
Rendición de cuentas	Evaluaciones de organismos reguladores
	Planes de contingencia ambiental
	Acciones o protocolos para prevenir impactos involuntarios
	Planes de acción y protocolos por siniestros económicos
	Programas para siniestros ambientales
	Sondeos entre el personal para detecciones inconformidades
	Revelación de información sobre políticas internas y ambientales
Transparencia	Transparencia de decisiones internas de la empresa
	Dar a conocer cantidades y aplicaciones de los recursos financieros
	Localización de la empresa con dirección y correos
	Dar a conocer precios, impuestos y políticas de devoluciones
	Información de los procedimientos de compra de la empresa
	Área encargada de quejas y sugerencias
	Actividades de publicidad y marketing
Comportamiento ético	Control de riesgos para la salud y seguridad en la empresa
	Frecuencia con que se promueve el comportamiento ético
	Estándares de comportamiento ético entre el personal
	Resolución de conflictos éticos entre personal
	Códigos de ética a la vista de los empleados
	Protección de los datos privados de empleados
	Uso de imágenes o información discriminante
Intereses de las partes interesadas	Cuáles son las partes interesadas de la empresa
	Respeto a nuestras partes interesadas y resolución de quejas
	Análisis de riesgo de partes interesadas que pueden afectar la organización
	Manejo de ausencias, discapacidad año sabático en la empresa
	Condiciones de trabajo que cumplen con leyes y normas
Principios de legalidad	Cumplir con todos los requisitos legales y con auditorias
	Actividades que cumplen con el marco legal
	Grado de cumplimiento con la ley.
Normativa internacional de comportamiento	Condiciones de trabajo decentes y seguras para los empleados
	Respetar como mínimo las leyes ambientales de la organización
	Influencia en organizaciones para mejorar conflictos
	Evitar complicidad y corrupción en grupo
Respeto a los derechos humanos	Obligaciones y derechos de los empleados, son conocidas
	Protocolos y leyes de derechos humanos de los empleados
	Áreas destinadas de esparcimiento y descanso en la empresa

	Protocolo o acciones, para el manejo de conflictos y violaciones Reconcomiendo a hombres y mujeres por igual Protección equitativa a trabajadores temporales y de planta Eliminación de estrés laboral y enfermedades psicosociales

Identificación de la muestra objetivo.
La evaluación de las empresas participantes, fue realizada mediante método de muestreo no probabilístico, también llamado muestreo por conveniencia, empleando muestras de expertos del área estrictamente administrativa y con conocimiento profundo de las operaciones específicas y generas de la empresa. La aplicación del instrumento de evaluación, se acompañó de una verificación observacional sistemática de las empresas de giro alimenticio ubicadas en Celaya, Gto.
Una vez identificada la muestra poblacional, está será objeto de estudio para el desarrollo de un modelo sintetizado de convergencia para la obtención del distintivo RSE.

Tabla 2. Datos generales de la población de estudio.

Empresa	Característica	Empleado	Tamaño[1]	Distintivo RSE	Años con RSE	certificaciones
FEMSA	Elaboración De alimentos y bebidas	>251	grande	Si	28	ISO9000:2015. HACCP, BPM.
ASTURIAS	Elaboración de grasas	250	mediana	Si	19	HACCP
Mansión MARISCO(MM)	Restaurant de mariscos	50	pequeña	SI	16	BPM, HASSA

[1]INEGI, 2010

Instrumento de evaluación
Se eligió la entrevista ya que es más íntima, flexible y abierta que la cuantitativa Savin-Baden y col., [2013] y King y col., [2010]. El tipo de entrevista tiene una semiestructura, comprendido de una guía de preguntas abiertas, con margen para ampliar la pregunta por parte del entrevistador, y de preguntas de dualidad (si/no). Compuesta de 40 ítems y 7 materias fundamentales denominada variables. El cuestionario se desarrolló y validó estadísticamente para garantizar su confiabilidad, obteniendo un valor de 0.925 en el coeficiente alfa de Cronbach, lo cual garantiza resultados consistentes. El modelo se considera exploratorio cualitativo, no experimental, de alcance descriptivo y de tipo transversal.

Captura de la información.
La información que se obtuvo de las entrevistas y del grupo focal fue transcrita lo más pronto posible después de haber finalizado cada una de las técnicas. De acuerdo a Rodríguez y col., [1999] y Álvarez-Gayou [2003] las investigaciones cualitativas generan una buena cantidad de hojas escritas, transcripciones de entrevistas, observaciones y otras fuentes, teniendo esta información es necesario darle sentido. Por lo tanto, esto obligó a poner orden a las ideas y plasmar la información en un esquema organizado.

Codificación con software MAXQDA 12.
En este paso, de detalló el proceso de codificación el cual se realizó de forma manual y con el software cualitativo MAXQDA 12. Los códigos fueron un proceso de organización del material dentro de segmentos o textos antes de empezar a describir la información. De acuerdo a Creswell [2009] este paso incluyó ocho especificaciones a realizar: 1) se leyeron las transcripciones cuidadosamente; 2) se clasificó de más a menos interesantes las entrevistas, se razonó acerca de lo que dicen las entrevistas y se escribieron ideas al margen de la hoja; 3) se realizó una lista de todos los tópicos, se identificaron los tópicos similares, los únicos y los sobresalientes; 4) se tomó la lista y se regresó a los datos, se abreviaron los tópicos con códigos y se escribieron los códigos siguientes a los segmentos apropiados del texto; 5) se encontraron los conceptos que mayormente describan los tópicos y se convirtieron en categorías, se redujo el total de la lista de categorías y se agruparon los tópicos que se

relacionaron uno con otro; 6) se realizó la abreviación de cada categoría y se alfabetizó los códigos; 7) se unió el material de los datos pertenecientes a cada categoría en un solo lugar y se realizó un análisis preliminar.

Resultados y discusión

Frecuencia de actividades que realizan las empresas que cuentan con el distintivo ESR.
Con base en el software empleado, se han determinado y recopilado los siguientes patrones de actividades, que las empresas de alimentos consideran de mayor relevancia en materia de responsabilidad social.
En la tabla 3 se muestran la actividades que presentan un mayor grado de repetición o frecuencia de actividad en las respuestas analizadas de las empresas, siendo las actividades de cumplimiento de los requerimientos de ley, cumplimiento de las evaluaciones que realizan los organismos reguladores, que tiene que ver con la obtención de permisos de operación, de uso, de funcionamiento, así como cualquier legislación vigente que permita el trabajo realizado por cada empresa, y a cumplir en tiempo, con las evaluaciones establecidas por organismos como COFEPRIS, Comisión Federal de Electricidad (CFE), SAGARPA, salubridad, y organismos certificadores ISO y NOM, respectivamente, la de mayor frecuencia reportada dentro de sus actividades.

Mientras que las actividades correspondientes a otorgar condiciones de trabajo decentes y seguras para los empleados y generar acciones o protocolos para prevenir impactos involuntarios de la organización, mostraron una similitud de frecuencia entre ambas, esto último, sugiere una relación directamente proporcionalmente entre estos indicados y, por lo tanto, entre sus respectivas variables: rendición de cuentas y principios de legalidad.

Así mismo, la revelación de información sobre políticas internas y ambientales y la transparencia de decisiones internas de la empresa mostraron un porcentaje y frecuencia de operación similar entre ellas, lo que muestra la estrecha relación entre estas actividades, y la importante relación entre ambas actividades dentro de las empresas.
Interesantemente se observa, que las actividades que corresponden a la variable de rendición de cuentas, transparencia, normativa internacional de comportamiento y derechos humanos, presentaron una estrecha relación, con actividades similares de preponderancia jerárquica, con similitud de frecuencia entre estas, para desarrollarse dentro de las organizaciones en expansión.

Tabla 3. Recopilación de actividades grupales que realizan las empresas que cuentan con el distintivo ESR en materia de responsabilidad social empresarial, Frecuencia en que realizan la actividad, porcentaje (%) de frecuencia.

Actividades que realizan las empresas de alimentos en RSE	Frecuencia	% porcentaje
Cumplir con los requerimientos de ley	**39**	7.49
Cumplir con las evaluaciones de organismos reguladores	**29**	5.57
Otorgar condiciones de trabajo decentes y seguras para los empleados	25	4.80
Generar acciones o protocolos para prevenir impactos involuntarios	25	4.80
Eliminar estrés laboral y enfermedades psicosociales	23	4.41
Revelación de información sobre políticas internas y ambientales	20	3.84
Transparencia de decisiones internas de la empresa	20	3.84
Actividades que cumplen con el marco legal	19	3.65
Sondeos entre el personal para detección de inconformidades	17	3.26
Respetar como mínimo las normas y leyes ambientales de la organización	17	3.26
Protocolos y leyes de derechos humanos de los empleados	16	3.07
Dar a conocer cantidades y aplicaciones de los recursos financie	16	3.07
Protección equitativa a trabajadores temporales y de planta	16	3.07
Planes de acción y protocolos por siniestros económicos	14	2.69
Dar a conocer precios, impuestos y políticas de devoluciones	14	2.69
Área encargada de quejas y sugerencias	13	2.50
Condiciones de trabajo que cumplen con leyes y normas	12	2.30
Programas para siniestros ambientales	12	2.30

Cumplir con todos los requisitos legales, con auditorias	12	2.30
Reconcomiendo a ahombres y mujeres por igual	11	2.11
Estándares de comportamiento ético entre el personal	11	2.11
Frecuencia con que se promueve el comportamiento ético	11	2.11
Códigos de ética a la vista de los empleados	11	2.11
Resolución de conflictos éticos entre personal	10	1.92
Planes de contingencia ambiental	10	1.92
Información de los procedimientos de compra de la empresa	10	1.92
Actividades de publicidad y marketing	9	1.73
Cuáles son las partes interesadas de la empresa	8	1.54
Obligaciones y derechos de los empleados, son conocidas	8	1.54
Evitar complicidad y corrupción en grupo	8	1.54
Respeto a nuestras partes interesadas y resolución de quejas o	8	1.54
Influencia en organizaciones para mejorar conflictos	7	1.34
Análisis de riesgo de partes interesadas que pueden afectar	7	1.34
Protocolo o acciones, para el manejo de conflictos y violaciones	7	1.34
Localización de la empresa con dirección y correos	5	0.96
Control de riesgos para la salud y seguridad en la empresa	5	0.96
Áreas destinadas de esparcimiento y descanso en la empresa	5	0.96
Protección de los datos privados de empleados	4	0.77
Manejo de ausencias, discapacidad año sabático en la empresa	4	0.77
Uso de imágenes o información discriminante	3	0.58
TOTAL (válido)	**521**	**100.00**
Datos perdidos	**0**	**0.00**
TOTAL	**521**	**100.00**

La tabla 4 muestra la frecuencia de actividades por empresa, incluyendo la micro empresa de control de comparación. Los resultados muestras mayor incidencia en acciones de RSE centradas en el ámbito laboral, medioambiental y de cumplimiento con las normas y leyes gubernamentales, los resultados mostrados, coindicen con lo reportado por López-Salazar [2013], donde evidencia que las empresas muestran la incorporación de estrategias de manera competitiva en dichos ámbitos.

La variable de rendición de cuentas, mostró una mayor preponderancia en acciones como protocolos para la prevención de impactos negativos involuntarios, y planes de acción y protocolos por siniestros económicos, así como planes de contingencia ambiental este último, de mayor consideración para FEMSA, debido en mayor medida su grado de empresa responsable con el ambiente y al número elevado de protocolos medioambientales que maneja desde hace 20 años.

Así mismo se observa una incidencia prevalente en las actividades de sondeo entre el personal para detección de inconformidades, con un 47% de frecuencia para la empresa Asturias, esto debido al hecho de ser una empresa del ramo técnico-industrial, que maneja un amplio número de empleados bajo un ambiente laborar de presión, por lo que el trato humano puede verse afectado de manera intermitente.

Para la variable de transparencia, se observa un porcentaje de frecuencia de 30 y 40% para las empresas, que incluyen actividades predominantes como transparencia de decisiones internas de la empresa, localización de la empresa con dirección y correos, actividades de publicidad y marketing y control de riesgos para la salud y seguridad en la empresa.

Es interesante la relación que existe para la actividad de localización de la empresa con dirección y correos, pues pesar de que todas las empresas mostraron un porcentaje de frecuencia similar, la empresa de mariscos, denotó mayor incidencia en la isma, debido al hecho de ser un negocio de servicios abierto al público.
Así mismo se observa que las actividades de preponderancia para las variables de comportamiento ético, Intereses de las partes interesadas, principios de legalidad, normativa internacional de comportamiento, y respeto a los derechos humanos, fueron: estándares de comportamiento ético entre el personal, manejo de ausencias, discapacidad año sabático en la empresa, actividades que cumplen con el marco legal, respetar como mínimo las leyes ambientales de la organización y obligaciones y derechos de los empleados, son conocidas, respectivamente.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Recopilación de actividades individuales que realizan las empresas objetivo en materia de responsabilidad social empresarial, porcentaje (%) de frecuencia por cada empresa

	Empresas objetivo frecuencias			
Variable	Códigos/Indicador	ASTURIAS	M.M	FEMSA
Rendición de cuentas	Evaluaciones de organismos reguladores	31.03%	24.14%	34.5%
	Planes de contingencia ambiental	10.00%	30.00%	50.0%
	Acciones o protocolos para prevenir impactos involuntarios	8.00%	20.00%	60.0%
	Planes de acción y protocolos por siniestros económicos	7.14%	21.43%	64.3%
	Programas para siniestros ambientales	16.67%	25.00%	50.0%
	Sondeos entre el personal para detecciones inconformidades	47.06%	17.65%	29.4%
Transparencia	Revelación de información sobre políticas internas y ambientales	30.00%	30.0%	25.00%
	Transparencia de decisiones internas de la empresa	10.00%	35.0%	30.00%
	Dar a conocer cantidades y aplicaciones de los recursos financieros	25.00%	25.0%	37.50%
	Localización de la empresa con dirección y correos	20.00%	40.0%	20.00%
	Dar a conocer precios, impuestos y políticas de devoluciones	21.43%	28.6%	28.57%
	Información de los procedimientos de compra de la empresa	30.00%	10.0%	20.00%
	Área encargada de quejas y sugerencias	25.00%	8.3%	33.33%
	Actividades de publicidad y marketing	11.11%	33.3%	22.22%
	Control de riesgos para la salud y seguridad en la empresa	40.00%	20.0%	25.00%
Comportamiento ético	Frecuencia con que se promueve el comportamiento ético	9.09%	54.5%	9.09%
	Estándares de comportamiento ético entre el personal	27.27%	63.6%	12.30%
	Resolución de conflictos éticos entre personal	10.00%	44.7%	25.30%
	Códigos de ética a la vista de los empleados	27.27%	25.40%	38.40%
	Protección de los datos privados de empleados	20.58%	35.0%	38.40%
	Uso de imágenes o información discriminante	17.96%	25.00%	39.00%
Intereses de las partes interesadas	Cuáles son las partes interesadas de la empresa	12.50%	37.5%	37.50%
	Respeto a nuestras partes interesadas y resolución de quejas	37.10%	20.0%	30.40%
	Análisis de riesgo de partes interesadas que pueden afectar la organización	28.57%	28.6%	29.40%
	Manejo de ausencias, discapacidad año sabático en la empresa	25.00%	50.0%	17.98%
	Condiciones de trabajo que cumplen con leyes y normas	41.67%	25.0%	8.33%
Principios de legalidad	Cumplir con todos los requisitos legales y con auditorias	41.67%	**68.4%**	10.67%
	Actividades que cumplen con el marco legal	5.26%	41.7%	21.05%
	Grado de cumplimiento con la ley.	17.95%	53.8%	20.26%
	Condiciones de trabajo decentes y seguras para los empleados	8.00%	56.0%	12.00%
Normativa internacional de comportamiento	Respetar como mínimo las leyes ambientales de la organización	17.65%	52.9%	11.76%
	Influencia en organizaciones para mejorar conflictos	27.14%	14.3%	30.38%
	Evitar complicidad y corrupción en grupo	37.50%	12.5%	40.0%
Respeto a los derechos humanos	Obligaciones y derechos de los empleados, son conocidas	62.50%	12.5%	12.50%
	Protocolos y leyes de derechos humanos de los empleados	25.00%	37.5%	6.25%
	Áreas destinadas de esparcimiento y descanso en la empresa	20.00%	40.0%	40.00%

ISSN 2007-8102

	Protocolo o acciones, para el manejo de conflictos y violaciones	28.57%	28.6%	28.57%	14.29%
	Reconcomiendo a hombres y mujeres por igual	18.18%	45.5%	18.18%	18.18%

Trabajo a futuro

Dentro de la investigación, se pretende construir un modelo de responsabilidad social sintetizado que permita a las empresas, no exclusivas del sector de alimentos, también de distintos rubros, implementar acciones efectivas que puedan llevarlos a dirigir sus acciones a formarse como empresas socialmente responsables. Por lo que el trabajo a futura, consistirá en la creación del modelo propuesto mediante la síntesis de las actividades que las empresas que ya sustentan el distintivo RSE, sugieren con mayor relevancia

Conclusiones

Se realizo la descripción de las actividades de tres empresas de alimentos que gozan del distintivo ESR.

Se concluye con base a las respuestas de las empresa entrevistadas que las actividades que muestran una estrecha correlación, en cuestión de frecuencia de aplicación son, el cumplir los requerimientos de ley y cumplir con las evaluaciones de organismos reguladores , así mismo, se observa una mayor frecuencia de estas actividades con las empresas La Mansión del Marisco y FEMSA, respectivamente, esto debido al hecho de que la primera es un empresa alimenticia de servicio, cuya complejidad en cuestión de dichas actividades es mayor, en tanto que FEMSA es una empresa grande socialmente responsable que cuenta con actividades complejas y extensas.

Por otro lado, las dos actividades subsecuentes que delimitan una mayor de frecuencia para las empresas responsables son el otorgar condiciones de trabajo decentes y seguras para los empleados y generar acciones o protocolos para prevenir impactos involuntarios, las cuales presentaron, mayor incidencia para las empresas de mariscos (M.M) y FEMSA, respectivamente.

Referencias

1. A. Aguilar. (2013). Panorama de la Responsabilidad Social en México. Responsable.
2. Aguilar Alejandra. (2013). Panorama de la Responsabilidad Social en México. Recuperado el 22 de septiembre de 2018, de responsable: https://www.responsable.net/estudios/mexico/Panorama_Responsabilidad_Social_Mexico_2013_ResponSable.pdf
3. Austin, J. y Coatsworth, J. (2007). Las empresas y el vuelvo político de América Latina hacia la izquierda. Harvard Business Revise, http://sipa.columbia.edu/resources_services/faculty_curriculum/.
4. Barroso, F. (septiembre de 2008). Entrepreneurial Social Responsibility. A study focused in forty enterprises in Merida. Contaduría y Administración, No. 226.
5. Brown, T. J. (1997). The company and the product: corporate associations and consumer product responses. Journal of Marketing, 68-84.
6. Castaño, E. J. (2011). Comunicar la responsabilidad social, una opción de éxito empresarial poco explorada. Revista Lasallista de Investigación, vol. 8, núm. 2, 8(2), 173-186, julio-diciembre. Colombia.
7. CEMEFI. (16 de Julio de 2013). CEMEFI. Recuperado el 02 de noviembre de 2018, de CEMEFI: http://www.cemefi.org/RSE/distintivo-RSE/convocatoria-y-formatos-RSE-2013.html
8. Chunga, C. F. (2017). El estudio y la investigación documental: estrategias metodológicas y herramientas TIC. México, DF.: ISBN: 978-612-00-2603-8.
9. Compact, T. G. (2015). The Global Compact. Recuperado el martes de septiembre de 2018, de https://www.unglobalcompact.org/what-is-gc/mission/principles
10. Cortina Orts, A. (2006). La RSC y la ética empresarial. En L. VARGAS ESCUDERO, Mitos y realidades de la RSC en España (pág. Capitulo 6). THOMSON.
11. Empresarial, A. (2012). ¿Qué es la RSE? htttp:accionrse.cl/contenidos.php?id=44&que-es-la-RSE.htm.
12. ENAPROCE. (2015). INEGI. Obtenido de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/establecimientos/otras/enaproce/default_t.aspx
13. ENAPROCE. (2017). INEGI. Recuperado el 12 de Noviembre de 2018, de Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/establecimientos/otras/enaproce/default_t.aspx
14. Encuesta Nacional de Comercio y Servicios. (2015). LEY PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETITIVIDAD DE LA MICRO, PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA. Mexico: Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2002.
15. Escalante, R. &. (2011). El sector de manufacturas en Guanajuato y su participación en el mercado nacional. Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía, 87-112.
16. Española, R. (2015). PACTO MUNDIAL. Recuperado el junio de 2018, de https://www.pactomundial.org/2015/02/10-principios-del-pacto-mundial/
17. EXPOK. (8 de Junio de 2015). EXPOKNEWS. Recuperado el 11 de octubre de 2018, de EXPOKNEWS: https://www.expoknews.com/estudio-sobre-responsabilidad-social-empresarial-en-mexico-expok-2015/
18. EXPOK. (06 de Junio de 2016). EXPOK. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de https://www.expoknews.com/cuantas-empresas-tienen-el-distintivo-RSE/
19. Gonzalez, E. M. (2015). La Responsabilidad como Factor Competitivo.
20. H., Sampieri, F. Collado, B. Lucio. (2010). Metodología de la investigación. México, D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.

INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

IE01 **Diseño del control de un manipulador con caja de estados** 373
F. Flores Salazar, J. Carro Suárez, I. Flores Nava, R. Hernández Hernández

IE02 **Level monitoring in water tanks of a cooling system with IoT** 381
J. I. Vega Luna, J. F. Cosme Aceves, F. J. Sánchez Rangel

IE03 **Domotización de un hogar mediante el sistema zipato y el protocolo z-wave** 389
E. Hernández Aguirre, C. O. González Morán, J. G. Miranda Hernández

IE04 **Análisis eléctrico de circuitos de iluminación** 397
I. Z. Lara Salazar, J. C. Rodríguez López, C. Fernández Vásquez, M. I. Arias Prieto

IE05 **Identificación de modelos de oscilaciones inter-áreas de sistemas de potencia mediante algoritmos generalizados de Prony** 405
R. F. Uribe Carvajal, L. Hamdan Medina, R. Vargas Salas

IE06 **Prototipo interactivo y didáctico de una banda transportadora para una línea de envasado usando dispositivos programables** 413
S. Olmos Hernández, M. A. García Martínez, V. Hugo Pérez Concha, E. H. Mayoral Arzaba, J. A. Quintana Silva

IE07 **Técnicas de modelación de la transferencia de calor unidimensional en un muro de mampostería** 420
R. D. J. Tejeda Vázquez, K. M. Aguilar Castro, E. V. Macias Melo, L. E. Ángeles Montero, I. Y. Pérez Olan

IE08 **Implementación de módulo didáctico para el estudio del funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos** 428
V. R. Montano Gutiérrez, M. V. Canales, M. O. Cortés Morales, G. Valerio Canales, J. C. Molina Zenteno

IE09 **Aplicación de método geométrico y de ajuste para estimar desviación teórico experimental en curvas VI** 435
M. Espinosa, S. Mansurova

IE10 **Análisis de la transferencia de calor en un muro de mampostería** 442
R. D. J. Tejeda Vázquez, E. V. Macias Melo, K. M. Aguilar Castro, I. A. Hernández Pérez, I. Y. Pérez Olán

IE11 **Desarrollo e historia de la domótica en el Edo. de México utilizando tecnología Open Source** 450
M. T. Chapan, C. O. González Morán

IE12 **Procesamiento digital de imágenes de retina para el realce de lesiones propias de la retinopatía diabética** 458
V. C. Hernández Basilio, A. Catalán Villegas, G. A. Alonso Silverio, A. Alarcón Paredes, A. Feliciano Morales

IE13 **Implementación del modelo electroquímico de una celda de combustible tipo PEM** 466
C. L. Valdez Hernandez, B. L. Reyes García, P. M. García Vite, A. L. Martínez Salazar, R. Castillo Gutiérrez

IE14 **Método acústico para la detección de grietas y fisuras no visibles en recintos cerrados.** 474
B. Volantin, F. Gallegos, F. Pérez

IE15 **Estimación de la viabilidad en la generación de energía eléctrica utilizando celdas de combustible a base de hidrogeno** 482
L. A. Alvarado Delfin, J. F. Ocaña Pimentel, M. C. Torres Maza

IE16 **Control de posición del motor de cd sintonizando las ganancias de un controlador PID** 490
O. Serrano Verdugo, M. R. Lizárraga Ontiveros, A. Ceceña López

IE17 **Reducción de los efectos de las Interferencias Electromagnéticas EMI en las señales de instrumentación** 498
A. Vivaldo Vicuña, L. Cortez Calderón, A. Márquez Vázquez, F. Rodríguez García

IE18 **Prototipo para telemetría satelital de sensores** 506
M. A. Arenas Méndez, A. N. Aradillas Ponce, G. Ruiz Arteaga

IE19 **Sistema de monitoreo visual para el área de producción de maquiladora CONFETEX por red local** 513
Y. Marin, A. Pérez, H. Vicenteño

IE20 **Control por retroalimentación de estados proporcional-integral basado en asignación por eigenestructura aplicado a un cuadrirrotor.** 521
J. A. Vazquez Trejo, J. A. Vazquez Trejo, M. Adam Medina, C. D. García Beltrán, J. Aguayo Alquicira

IE21 **Comparación de colorimetría del Arceuthobium globosum en imágenes de UAV y con iluminación LED.** 529
L. A. León-Bañuelos, G. González-Vázquez

IE22 **Control de variables físicas de una máquina de electrospinning para elaborar microfibras con polímero PVDF** 537
X. López Juárez, C. O. González Morán, J. Vargas Hernández

IE23 **Sistema para control y monitoreo de un brazo robótico en Moodle con fines didácticos** 545
O. A. Martínez, M. T. Ruíz, C. O. González Morán

IE24 **App y Sensor de Humedad hecho de PVDF para monitorear niveles de humedad en Plantas de ornato** 553
L. B. Contreras, H. Herrera, J. C. Belén, O. González and C. O. González Morán

IE25 **Bifurcación en el modelo de Hodgkin-Huxley al variar la intensidad de la corriente aplicada** 561
G. Castillo, C. De Los Santos, E. Gonzaga, A. Cruz Garrido

IE26 **Uso del módulo ESP8266 en aplicaciones IoT utilizando los servicios de PubNub** 569
D. Bertani Hernández, E. Cortés Cruz, C. E. Miranda Medina, G. Ramos Guerrero, A. León Reyes

IE27 **Análisis Térmico de un tubo absorbedor de cobre-alúmina usando perfiles de radiación en Iztapalapa** 577
L. A. Romero Vázquez, A. Torres Aldaco, R. Lugo Leyte, J. Cervantes Ruíz, H. Denise Lugo Méndez

IE28 **Sistema para control y monitoreo de invernadero inteligente** 585
A. D. Martínez, H. Casarrubias, C. O. González Morán

IE29 **Red inalámbrica de sensores para el monitoreo de variables ambientales utilizado tecnologías del IoT** 591
I. G. Rangel Gómez, C. H. Santos, J. I. Hernández Vega, E. J. Rincón Martínez

Diseño del control de un manipulador con caja de estados

F. Flores Salazar[1], J. Carro Suárez[1], I. Flores Nava[1], R. Hernández Hernández[1]*
[1]Programa Educativo de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Tlaxcala, Av. Universidad Politécnica No. 1, San Pedro Xalcantzinco, C.P. 90180, Tepeyanco, Tlaxcala
**Fabiola.flores@uptlax.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

El presente trabajo describe el estudio del control de un robot de 3 GDL por medio de simulación, implementando una interfaz entre Labview y SolidWorks dentro de una celda de manufactura en la se lleva a cabo el proceso de captura de puntos con la cual se inicia el proceso de ingeniería inversa, siendo capaz de realizar el escaneado de una pieza de acuerdo a la figura predominante de la misma, tomando como base; por el momento, tres figuras: triangular, cuadrada o circular. Con base a lo anterior se considera como elemento de captura un Kinect cuya primera imagen sirve como referencia para definir la forma predominante y determinar la trayectoria óptima del manipulador con la que se tenga la menor pérdida de información durante el barrido; estableciendo los movimientos necesarios que debe realizar el robot. Se partió del análisis matemático del robot generando su cinemática y su modelo dinámico; además de corroborar los datos mediante simulaciones en Matlab y programas ejecutables de apoyo como Kitrobot.

Palabras clave**: Robot, control, cinemática, interfaz.**

Abstract

The present work describes the study of the control of a 3 GDL robot through simulation, implementing an interface between Labview and SolidWorks within a manufacturing cell in which the point capture process is carried out with which the Reverse engineering process, being able to perform the scanning of a piece according to the predominant figure of the same, taking as a base; At the moment, three figures: triangular, square or circular. Based on the above, a Kinect is considered as a capture element whose first image serves as a reference to define the predominant shape and determine the optimal trajectory of the manipulator with which there is the least loss of information during scanning; establishing the necessary movements that the robot must perform. It was based on the mathematical analysis of the robot generating its kinematics and its dynamic model; In addition to corroborating the data through simulations in Matlab and executable support programs such as Kitrobot

***Key words**: Robot, control, kinematics, interface.*

Introducción

El incremento en la implementación de la ingeniería inversa en los procesos de investigación e industriales genera la necesidad de estar en mejora continua, por lo que se han enfocado en el elemento de captura de la digitalización de la nube de puntos mejorando y economizando

dichos elementos; sin embargo, se ha dejado que dicha captura dependa de la habilidad del investigador, haciendo la captura de manera manual y marcando la pieza con puntos negros para no perder la referencia, ya que la automatización; aunque existente, es de costos muy elevados. Por lo que se propone diseñar un brazo robot que tenga como elemento terminal un Kinect para la digitalización de piezas y sistema de control capaz de definir la trayectoria óptima para la menor pérdida de información en la captura de la nube puntos, considerando una fotografía que determine la figura predominante de la pieza; circular, cuadrada o triangular, con la que se define la trayectoria. Como primera propuesta se considera establecer la cinemática inversa del manipulador de acuerdo al área de trabajo (Barrientos, 2014), así como la dinámica, y de acuerdo a ambos estudios a través de una caja de estados definir las posibles trayectorias. Este estudio se realizará solo en simulación a manera de prueba y para determinar la mejor opción para una futura construcción del prototipo.

Metodología

Se decidió por un brazo robótico de 3GDL, ya que el área de trabajo de este tipo de brazo se adecúa de mejor manera a las necesidades de movimientos que se necesitan para realizar el proceso de escaneo; lineal y circular; además de sentar las bases del análisis y más adelante establecer el estudio a 6 GDL. La cinemática y dinámica del robot, (Reyes, 2011). se realizarán previamente al desarrollo del entorno de simulación del prototipo, con la conexión de software SolidWorks; simulación del prototipo físico, y LabVIEW; diseño del control, para sustento y fundamento teórico de la trayectoria del sistema, a través del método cuantitativo.

Para realizar la comunicación entre ambos softwares es necesario tener los respectivos módulos instalados. En el caso de SolidWorks es necesario contar con la versión “PREMIUM” para poder contar con el complemento llamado “SolidWorks SOFTMOTION”, el cual permite, tanto realizar el análisis de movimiento en un ensamble como permitir que este mismo pueda ser manejado mediante otro software (LAbView, 2001), en este caso se utilizará LabVIEW. Es necesario activar el complemento “SolidWorks SOFTMOTION” dentro del mismo software.

En el software LabVIEW se requiere cumplir varios aspectos para que se realice la comunicación de software y sea exitoso el control del ensamble de SolidWorks. El software LabVIEW requiere, para comunicarse con el ensamble a mover en SolidWorks, tener instalado el módulo NI SoftMotion (LabView, 2001), el cual agrega, a la librería de bloques utilizables en la programación dentro del VI, los comandos necesarios para relacionar un movimiento a un motor específico en el ensamble seleccionado, previamente diseñado en SolidWorks, ya sea para un movimiento lineal, circular o un espacio coordinado, una distancia uniforme que evite la perdida de información sobre todo en los relieves.

En este proyecto se manejó también un módulo de visión para LabVIEW para la identificación del objeto a escanear por el brazo robótico (Mihura, 2001), para lo cual se utilizarán los módulos:

- NI IMAQ.
- NI VISION module.

La captura de la imagen se realiza mediante una cámara web, y luego esta misma imagen es procesada dentro del módulo de visión de LabVIEW para poder conocer su forma y poder definir los movimientos que realizará el ensamble.

 ISSN 2007-8102

Para iniciar el proceso de comunicación entre ambos softwares fue necesario tener un ensamble de piezas en SolidWorks previamente hecho y guardado en el mismo equipo en el que se planea realizar la comunicación.

Una vez teniendo estos aspectos listos, se procede a programar el control en el software de programación gráfica LabVIEW.

Programación de control en LabVIEW
Siguiendo con la parte de programación de rutinas de movimiento en LabVIEW, primero se debe conocer el bloque de comando necesario, exclusivo del módulo NI SoftMotion, para realizar el envío de datos de posición a un actuador del ensamble.

- Bloque Straight-Line Move: Bloque principal en el intercambio de información de LabVIEW y SolidWorks ya que este bloque es el que recibe directamente los datos de los actuadores previamente cargados en el proyecto del software; puede recibir información tanto de un actuador simple como de un espacio coordinado. Se ponen tantos bloques como movimientos de requieran.

Para este proyecto solamente se utilizó la función de control de posición de este bloque tal como se muestra en la figura 1. Se puede dar la indicación mediante un controlador numérico para un solo actuador del ensamble, o con una matriz de datos si es un espacio coordinado, agregando las posiciones requeridas.

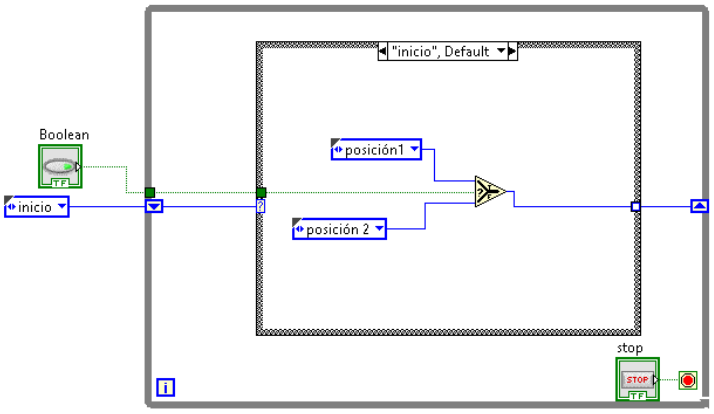


Figura 1. Modelo básico de una máquina de estados

Diseño de control de rutinas para el movimiento del robot manipulador
Para la realización de las secuencias de movimiento se decidió utilizar una Máquina de Estados, la cual es una configuración utilizada para el planteamiento de procesos repetitivos, pero en los cuales las variables deciden la secuencia de las actividades declaradas dentro de cada uno de los casos, pudiendo así ir desde el primer estado/caso al último sin tener que pasar por los que se encuentran en el medio. Teniendo estas características en cuenta, la versatilidad de este tipo de sistema es muy conveniente para el desarrollo de este proyecto ya que permite la realización de diferentes secuencias de movimiento sin importar en qué

 ISSN 2007-8102

estado/caso se programó un cierto movimiento ya que puede ir a cualquier caso declarado dentro de la “Máquina de estados”.

Dentro de cada uno de los casos de la Máquina de Estados se programó un movimiento del ensamble, es decir todas las posiciones que el ensamble necesarias para poder realizar una simulación de acuerdo a como se tendría que mover el manipulador con respecto a todas las posibles dimensiones de la pieza en el área de trabajo que detecte la cámara. Esta selección se realizará mediante la comparación del valor arrojado de las medidas que detecte la cámara y un rango de medidas que se establecerán de acuerdo a las actividades definidas del ensamble, apoyados de un sensor

Se tiene que declarar un caso de “Inicio” en la Máquina de Estados, estableciendola como la posición HOME del brazo robótico, asimismo, al final de cada una de las rutinas programadas siempre se regrese al estado HOME, permitiendo así al brazo volver a dicha posición. Se debe tomar en cuenta que cada que se realiza un movimiento del ensamble mediante un bloque “Straight-Line Move”, este mismo queda en estado “Ejecutado” lo cual no permite que el ensamble repita esa posición.

Creación de una máquina de estados
Para esto se debe crea una estructura “While”, junto con el control de paro, con una estructura “Case” dentro. Esto para poder crear una ejecución constante de los estados que se van a declarar en la estructura “Case”. Además de colocar una constante de enumeración conectada al controlador de casos de la estructura “Case”,

Una vez teniendo lista la máquina con los estados deseados ya es posible programar la forma en la que se van a comportar y relacionar los casos. Esto con la ayuda de un “Selector” con el cual, mediante una señal booleana, se puede seleccionar el caso al cual se va a dirigir el programa dependiendo si la señal es “True” o “False”, como se muestra en la siguiente figura 2.

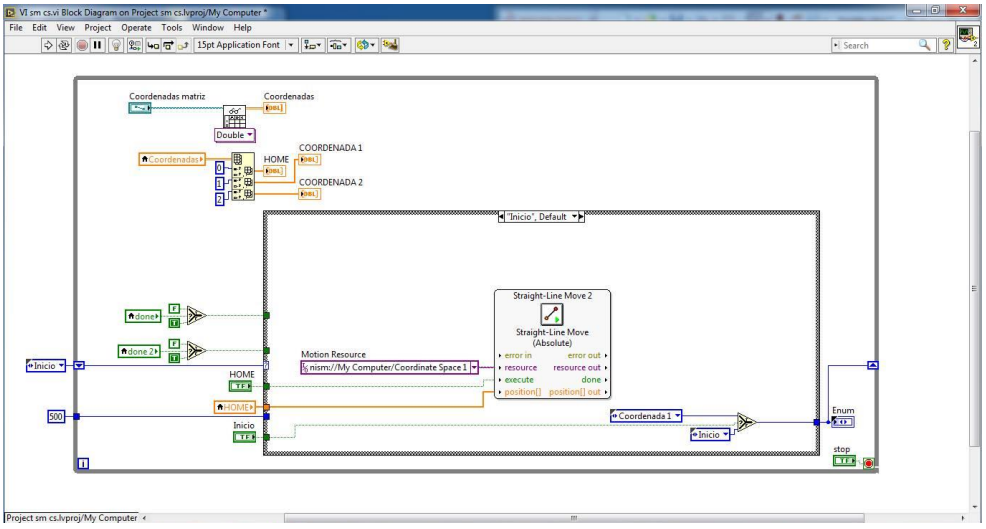


Figura 2. Pantalla de programación del control de movimiento del robot.

 ISSN 2007-8102

En la figura anterior se muestra el modo de conexión del primer caso de una máquina con 3 estados. Es necesario declarar la ruta que va a continuar en cada caso, de lo contrario el software LabVIEW no permitirá la ejecución del programa. Cada una de las constantes numéricas dentro de cada uno de los casos son copias directas de la primera constante que se colocó dentro del programa.

Máquina de estados de rutinas del robot

Una vez creada la máquina de estados, con todos los casos necesarios, se incorporó junto a los bloques de movimiento del módulo de conexión de LabVIEW con SolidWorks,". Estos bloques de movimiento se deben colocar dentro de cada uno de los casos en los que se desea que el robot tenga movimiento.

Para una mayor comodidad al editar los movimientos de cada uno de los grados de libertad de robot se optó por un archivo externo al software de control de movimiento del ensamble, como se muestra en la figura 3. Ya que el modelo robótico cuenta con 3 grados de libertad es necesario que, en el archivo, separe cada valor para que el software LabVIEW pueda crear de forma correcta el "Array" de dato que va a ingresar al espacio coordinado de movimiento del ensamble.

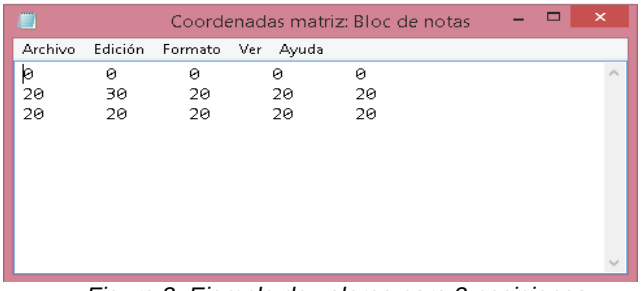


Figura 3. Ejemplo de valores para 3 posiciones.

Las primeras coordenadas hacen referencia a la posición inicial de robot, a la que se le llamará posición casa. Esta posición es la base en la que el robot estará cuando ninguna rutina se esté ejecutando, y es definida moviendo directamente el ensamble del brazo desde el software de diseño SolidWorks (Figura 4), esto mismo facilita el acomodo del brazo en la posición inicial que se desee para cada situación.

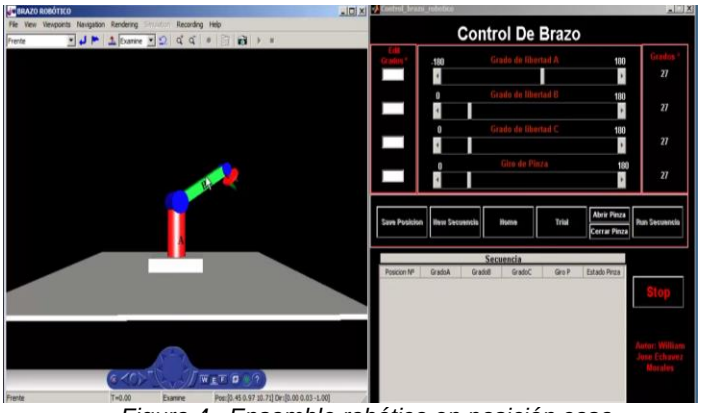


Figura 4. Ensamble robótico en posición casa.

 ISSN 2007-8102

Una vez definido el número de posiciones en la que el ensamble va a poder moverse, se definen estos valores dentro de la “matriz” de datos creada en el archivo de texto; en este caso se utilizarán 3 posiciones para demostrar el control de una rutina mediante la máquina de estados creada previamente en el software LabVIEW. Se muestran dos posiciones del ensamble en las figuras 5 y 6.

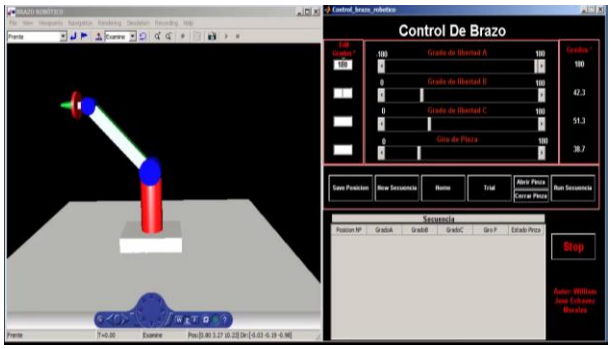


Figura 5. Ensamble robótico posición 2

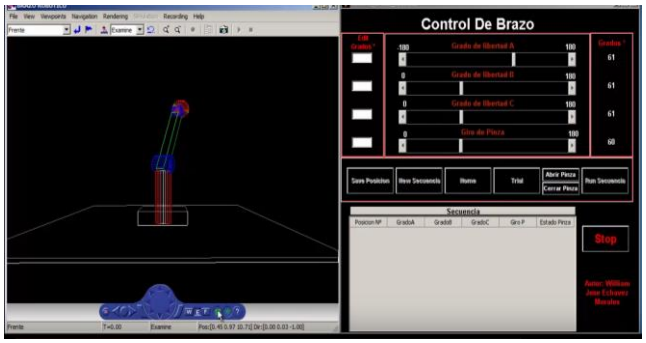


Figura 6. Ensamble robótico posición 3

Resultados

Los resultados del estudio se pueden observar en la imagen 7, ya que muestran los componentes utilizados para el diseño y programación del control de movimiento del robot, en el cual se observa la forma en la que la rutina es activada mediante una señal booleana (Inicio) proporcionada por un botón virtual dentro del mismo software. Se colocó un botón virtual ya que, el simular el sistema de reconocimiento de formas junto con el control de movimiento del ensamble robótico en SolidWorks, consume demasiados recursos de la computadora y frena el desarrollo y velocidad de las pruebas de funcionamiento cuando únicamente se comprueba que los movimientos se realicen de forma correcta.

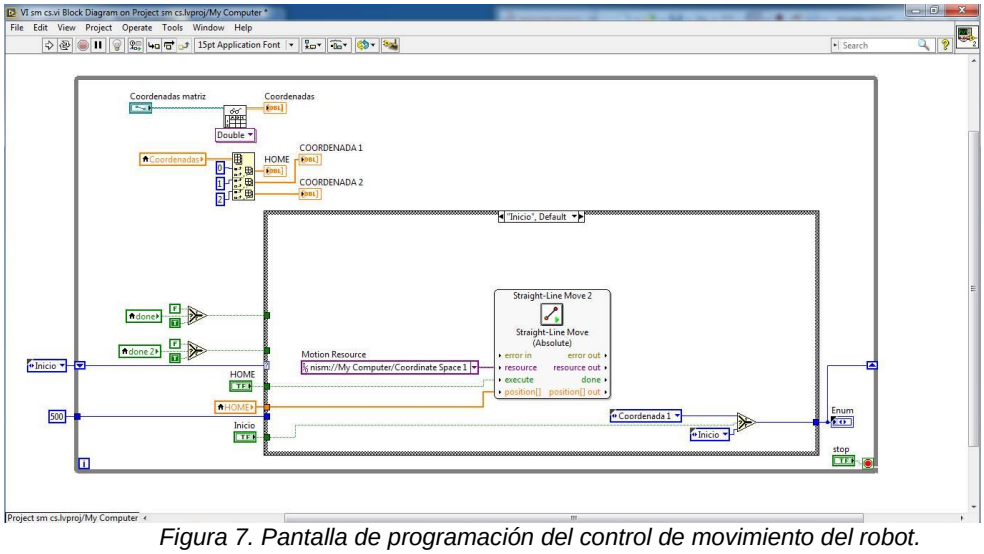


Figura 7. Pantalla de programación del control de movimiento del robot.

 ISSN 2007-8102

La coordenada en el caso “default” no necesita tener reset para poder realizarse nuevamente dentro de una sola ejecución del programa, por lo que no es necesario colocar indicador alguno en la salida “done” o “active” de este bloque.

Se deben crear tantas configuraciones de reseteo como bloques de movimiento se estén utilizando (Figura 8, dos condiciones de reseteo en indicadores booleanos).

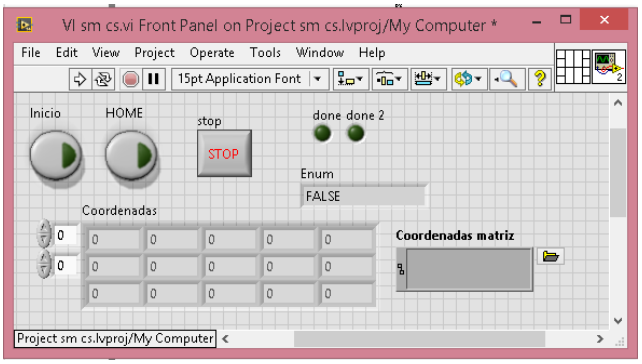


Figura 8. Pantalla frontal del programa de control de movimiento del ensamble para 1 rutina.

Conclusiones y trabajo a futuro

La caja de estados resultó una buena opción para control de 3 GDL; la simulación resultó exitosa dentro de los parámetros establecidos al inicio del proyecto, ya que se logró que el manipulador definiese la trayectoria cuando la pieza era claramente predominante ante las figuras establecidas (triangular, cuadrada o circular). Sin embargo, el control se mostró insuficiente cuando se trata de piezas con relieves curvos y combinaciones de cara planas, incrementando este problema se añade la limitación de alcance que tiene al contar solo con 3GDL. No obstante, en términos generales se logra el control del manipulador propuesto, se pretende realizar el control para un robot de 6 GDL con la finalidad de contar con un mayor alcance del dispositivo de captura de la nube de puntos.

Cabe resaltar que la captura de la primera imagen puede determinar la figura predominante de la pieza, pero se debe buscar la adaptación del manipulador a cada cara, pasando cada captura a su forma matricial y poder seleccionar a través del control la trayectoria óptima para la captura de la nube de puntos y con ello determinar la orientación del manipulador que no se permite a través de la cinemática o dinámica.

Por otro lado, se pretende realizar el prototipo de manera física; además de seguir probando mejoras en la etapa de control explorando la posibilidad de implementar control difuso e incluso una red neuronal que no solo determine la figura predominante, sino que se adapte a las figuras de cada cara de la pieza analizada.

Referencias

1. Balachandran B. “Vibraciones”, Thomson, México, 1ª Edición. 2006.
2. Barrientos, A., Peñin, L., Balaguer, C. and Aracil, R. (2014). *Fundamentos de robótica*. 2a ed. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
3. Boltton W. *“Ingeniería de Control”,* Alfa omega, México, 2ª edición, 2011.
4. Cai, L., & Song, G. (1994). *Joint stick-slip friction compensation of robot manipulator by using smooth robust controllers.* Robotic Systems.
5. Calero R, Carta J. “Fundamentos de Mecanismos y Máquinas para Ingenieros”. Editorial McGraw-Hill, 1ª Edición, 1998
6. Denavit, J., & Hartemberg, R.S. (1955). A Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanism Based on Matrices. *Journal of Applied Mechanics*. Vol. 22.
7. Fernandez, W. (2016). *Cinematica de robots industriales*. 1st ed. [Place of publication not identified]: Createspace Independent p.
8. Ibarra Zannatha, J. (2012). *Visión Artificial para robots*. 1st ed. EAE Editorial Academia Espanola.
9. LabView. (2001). User Manual National Instruments Corporation 2001. USA: National Instruments.
10. Mihura, B. (2001). *LabVIEW for data acquisition*. 1st ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR.
11. Ollero Baturone, A. (2011). *Robótica*. 2nd ed. México: Alfaomega.
12. Pérez R. “Análisis de Mecanismos y Problemas Resueltos”, Alfa omega, México, 2ª Edición. 2006.
13. Reyes Cortes, F. (2011). *Robótica Control de robots manipuladores*. 1ª ed. Alfaomega Grupo Editor.
14. Reyes F., Barahona, J. & Espinosa, L. (2002). Trigonometric Saturated Controller for robot manipulators. WSEAS
15. Yin Y. & Yosuda K. (1998). Similarity coefficients methods applied to the cell formation problem: an taxonomy and review”. Industrial and Management Science.
16. http://www.cecytech.edu.mx/Pdf/manualblocks

Monitorización de nivel en depósitos de agua de un sistema de enfriamiento con IoT

J. I. Vega Luna[1], J. F. Cosme Aceves[1], F. J. Sánchez Rangel[1]*
[1]Departamento de Electrónica, Área de Sistemas Digitales, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa, C.P. 02200, Ciudad de México, México
**vlji@azc.uam.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se presenta un sistema de monitorización de nivel en depósitos de agua en un centro de datos usando una plataforma de IoT. El sistema está compuesto por una red de cuatro dispositivos Bluetooth LE (BLE) que reporta periódicamente a un servidor en la nube el nivel de tres tanques de almacenamiento de agua. El nivel de los tanques puede visualizarse en línea e históricamente en la interfaz de usuario. Cuando el nivel alcanza el mínimo configurado se transmite un SMS de alerta. La originalidad del sistema es el uso de una tarjeta ESP32, transceptores BLE de bajo consumo de energía y largo alcance y plataformas de IoT en la monitorización de un proceso de un centro de datos. La red puede crecer hasta 8 dispositivos BLE, el alcance logrado fueron 75 metros con línea de vista y la exactitud de la medida de nivel fue ±0.01%.

***Palabras clave**: Bluetooth LE, ESP32, IoT, nivel de agua.*

Abstract

This paper presents a level monitoring system in water tanks is presented in a data center using an IoT platform. The system consists of a network of four Bluetooth LE devices (BLE) that periodically reports to a server in the cloud the level of three water storage tanks. The level of the tanks can be viewed online and historically in the user interface. When the level reaches the configured minimum, an alert SMS is transmitted. The originality of the system is the use of an ESP32 card, BLE transceivers of low energy consumption and long range and IoT platforms in the monitoring of a data center process. The network can grow up to 8 BLE devices, the reach achieved was 75 meters with line of sight and the accuracy of the level measurement was ± 0.01%.

***Key words**: Bluetooth LE, ESP32, IoT, water level.*

Introducción

En los centros de datos se alojan equipos de cómputo y telecomunicaciones cuya disponibilidad debe ser continua. Es indispensable mantener seguro este equipo ya que de él depende la productividad de clientes y usuarios. El equipo en estas instalaciones genera calor disipado por sistemas de enfriamiento y ventilación. Si la cantidad de calor es excesiva, los equipos se calientan, se alarman y pueden apagarse. En caso extremo, el calor puede generar fuego, extinguido por sistemas anti incendios, que puede dañar el equipo e instalaciones [Wang y col., 2016]. Tanto los sistemas de enfriamiento como los de anti incendios se alimentan por agua almacenada en depósitos y tanques. Estos sistemas son auditados periódicamente por organizaciones que certifican la operación de los centros de datos para garantizar el servicio proporcionado al usuario. Una medida que incluyen las certificaciones es la monitorización continua de nivel de los depósitos de agua [Futawatari y col., 2016].

Los avances tecnológicos de los últimos años han propiciado que la monitorización remota de variables en los centros de datos sea desde la Internet para poder reaccionar de forma temprana ante cualquier eventualidad. Este requerimiento se resuelve con el desarrollo soluciones y aplicaciones que usan Internet de las Cosas (IoT-Internet of Things) [Sato y col., 2015]. La IoT es un concepto con el cual la información leída por sensores electrónicos usados en hogares, oficinas, industrias, laboratorios, teléfonos móviles, automóviles, infraestructura de ciudades y centros de datos, se transmite a un dispositivo central de monitorización. El dispositivo central

está ubicado en la Internet, permitiendo la conexión digital de objetos de uso cotidiano a la misma, esto es, conectar el mundo físico con el digital por medio de computadoras y plataformas web en la nube que almacenan y procesan la información transmitida por sensores. Esta conexión digital de objetos cotidianos con la Internet forma el concepto de IoT. La IoT es una infraestructura de red inteligente que permite realizar la monitorización de variables de forma eficiente [Spachos y col., 2018].

Los dispositivos digitales y de comunicaciones desarrollados recientemente han impulsado la creación de aplicaciones de IoT. Con esta tecnología, hoy se tienen sensores más compactos y tarjetas con microcontroladores e interfaces de conexión inalámbrica a la Internet. Su desarrollo ha sido fortalecido con la disponibilidad de proveedores de servicios de almacenamiento para análisis de información en la nube que hasta hace unos pocos años no existían. Estos servicios permiten recibir información de variables para realizar una acción sobre un proceso remotamente. Adicionalmente, existen servicios mediante los cuales se puede transmitir mensajes de alerta de voz, texto o video a un teléfono móvil para notificar un evento.

El objetivo del trabajo aquí presentado fue transmitir periódicamente a un servidor ubicado en la nube el valor del nivel de tres depósitos de agua instalados en un centro de datos. Los valores de nivel, almacenados por el servidor, deben visualizarse en línea e históricamente desde una interfaz de usuario accedida desde la Internet. Cuando el nivel de agua de un depósito alcance el valor mínimo configurable, se debe enviar un SMS de alerta al teléfono móvil del administrador del centro de datos y encender un indicador luminoso tipo torreta instalado en el depósito correspondiente. En la oficina de control del centro de datos se encuentra un punto de acceso WiFi para la conexión a la Internet. La distancia del depósito más lejano a la oficina de control son 40 metros. La solución propuesta consistió de una red de monitorización compuesta por cuatro módulos: tres módulos de medida y un módulo colector. Los módulos se desarrollaron usando la tarjeta HUZZAH32-ESP32, la cual integra un transceptor Bluetooth Low Energy (BLE) y un transceptor WiFi. La comunicación de los módulos de medida con el modulo colector se realiza usando Bluetooth. Tres módulos de medida, configurados como servidores Bluetooth, se instalaron en los depósitos de agua y el módulo colector, configurado como cliente Bluetooth, se instaló en la oficina de control del centro de datos. El módulo colector recibe los valores de nivel de los depósitos de agua para transmitirlos al servidor en la nube. La conexión del módulo colector a la Internet se lleva cabo a través del punto de acceso WiFi del centro de datos. Se utiliza el proveedor de servicios de Internet ThinkSpeak para almacenar la información transmitida por los módulos de medida, así como el proveedor de servicios Twilio para transmitir el SMS de alerta de nivel mínimo.

En la actualidad, existen diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica como ZigBee, LoRa, WiFi y Bluetooth. Usando principalmente las dos primeras, continúa realizándose una cantidad importante de trabajos e investigaciones que tienen como fin monitorizar y controlar remotamente variables y procesos en diferentes ambientes. Estos trabajos usan estas tecnologías y aprovechan los avances recientes de hardware y software para resolver una necesidad [Li y col., 2017], utilizándose para monitorizar el nivel de agua en sistemas de: detección de fugas [Fikejz y Rolecek, 2018], distribución y registro de consumo [Masia y Erasmus, 2013], identificación de la calidad de agua [Kashid y Pardeshi, 2014] a través de procesamiento de imágenes [Yan y col., 2018], aprovechamiento en hogares [Gokilapriya y Bhuvaneswari, 2017], ciudades inteligentes [Manoharan y Rathinasabapathy, 2018], calefacción de industrias [Wang y col., 2018] y control de flujo en lagos [Yue y col., 2016]. Estas aplicaciones no se consideran aplicaciones de IoT ya que transmiten la medida de nivel a una computadora instalada localmente en el proceso monitorizado.

Por otra parte, dado el crecimiento de la IoT en los últimos años, se han integrado capacidades remotas a las aplicaciones [Shankar y Dakshayini, 2018], desarrollando diversos sistemas de monitorización de niveles de agua con IoT para: regular el consumo ciudades [Suresh y col., 2015], edificios [Perumal y col., 2015] y hogares inteligentes [Shah y col., 2017], entre otras. Estas aplicaciones de IoT reportan la información colectada a una computadora ubicada en la Internet cuya instalación, mantenimiento, programación y costo es parte de la implantación. La mayoría no utiliza proveedores de servicios en la nube para disminuir costos con lo cual se puede obtener una aplicación más eficiente.

No se ha usado hasta ahora BLE para desarrollar aplicaciones de monitorización como la realizada en este trabajo. En la red implantada, se utilizó esta tecnología de comunicación por las siguientes razones: el alcance de BLE es alrededor de 100 metros, suficiente para cubrir la distancia del módulo colector a los módulos de medida y los dispositivos BLE son de bajo consumo de energía los cuales se pueden configurar y acceder

 ISSN 2007-8102

fácilmente con bibliotecas de funciones de código abierto. Originalmente, Bluetooth se diseñó para transmitir cantidades grandes de información a distancias cortas, usándose en audífonos, teléfonos, altavoces e impresoras, entre otras aplicaciones. La versión más reciente de Bluetooth es la 5.1. Las versiones más utilizadas hoy en día son la 4 y la 5. En la versión 4 se introdujo el sub-estándar Bluetooth Low Energy, también conocido como Bluetooth LE o BLE.

El BLE es un subconjunto del Bluetooth v4.0, siendo la opción ideal para aplicaciones donde no se requiere transferir cantidades grandes de información como audio y video. BLE es la variante de la tecnología de radio Bluetooth clásico que usa dispositivos de bajo consumo de energía y baja potencia, empleando el mismo sistema de portadora y protocolo de Bluetooth clásico. Está diseñado para implantar aplicaciones de IoT alimentadas por baterías que transmiten cantidades pequeñas de información y, a diferencia de un dispositivo Bluetooth clásico que siempre está activo, un dispositivo BLE permanece casi todo el tiempo en estado de bajo consumo de energía, o modo de reposo, excepto cuando inicia una conexión. Existen tres clases de dispositivos Bluetooth, clase 1, clase 2 y clase 3, cada una tiene una potencia de salida y alcance diferentes. El alcance de la clase 3 es aproximadamente 5 metros, el de la clase 2 es de 20 a 30 metros y el de la clase 1 es alrededor de 100 metros. Bluetooth 4 elimina la limitación del alcance, permitiendo que tanto la potencia de la señal como la sensibilidad del receptor determinen el rango sin exceder la potencia permitida de la señal de radio frecuencia.

Tomando en cuenta lo anterior, los beneficios y aportaciones de este trabajo son las siguientes: 1) La programación se desarrolló bajo un ambiente de código abierto, como el IDE de Arduino, usando bibliotecas de libre acceso que disminuyeron el tiempo, complejidad y costo del sistema, 2) Se usó una tarjeta HUZZAH32-ESP32 de última tecnología cuyo precio accesible proporciona mayor cantidad de recursos que otras de su tipo como la PyBoard, Arduino o Raspberry, 3) Se utilizaron plataformas de IoT en la nube de bajo costo y reciente creación para almacenar la información colectada por el sistema y transmitir el SMS de alerta y 4) El administrador es notificado inmediatamente de la alerta de nivel mínimo de agua, permitiéndole reaccionar rápidamente antes de una posible contingencia.

Metodología

La metodología utilizada en el desarrollo de este trabajo consistió dividir la red de monitorización en tres componentes: los módulos de medida, el modulo colector y la interfaz de usuario. Posteriormente fueron seleccionados los elementos de acuerdo a la función realizada por cada componente del sistema. En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques del sistema.

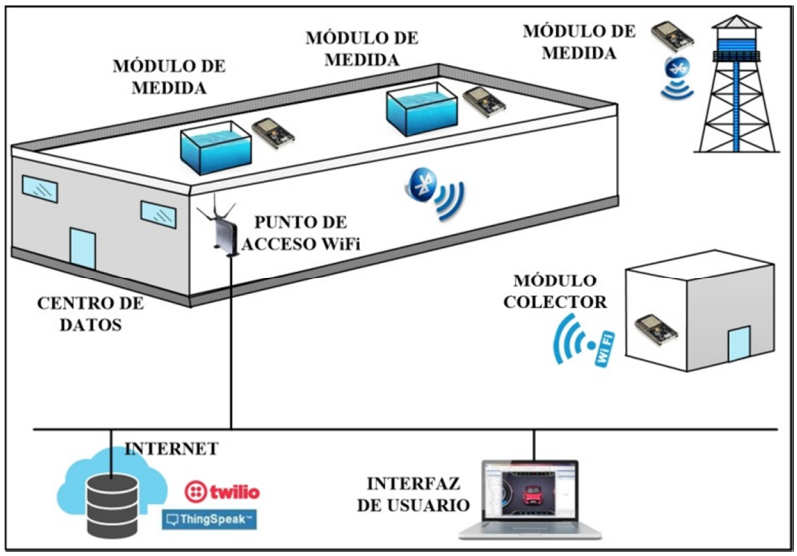


Figura 1. Arquitectura funcional del sistema.

Los módulos de medida

 ISSN 2007-8102

Se realizaron tres módulos de medida, todos con la misma arquitectura como la mostrada en la Figura 2.

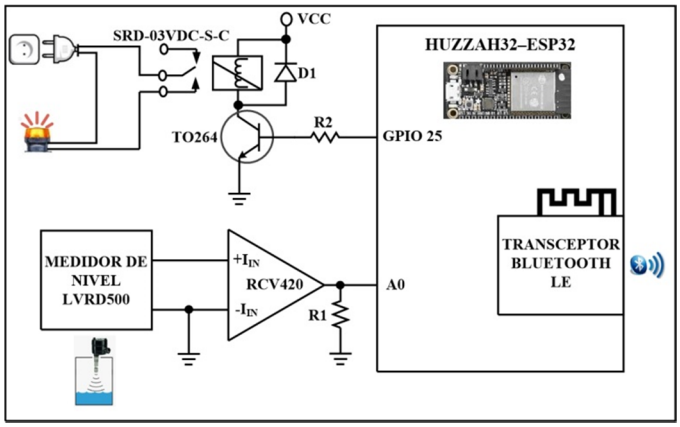


Figura 2. Arquitectura de los módulos de medida.

Los módulos de medida están compuestos por la tarjeta HUZZAH32-ESP32, el medidor de nivel y la interfaz del indicador luminoso tipo torreta. La HUZZAH32-ESP32 es una tarjeta de desarrollo de ultra bajo consumo de energía que incorpora un SoC ESP32 el cual cuenta con los siguientes recursos hardware: microcontrolador Tensilica LX6 de dos núcleos y 240 MHz, memoria SRAM de 520 KB, memoria flash de 4 MB, transceptor HT40 WiFi 802.11b/g/n con antena integrada, convertidor analógico/digital (ADC) de 12 canales de 12 bits, transceptor Bluetooth clásico y BLE, conector USB, 3 puertos UART y terminales de entrada salida de propósito general o GPIO.

El medidor de nivel de líquido usado es el dispositivo LVRD500. Este dispositivo electrónico es un medidor de nivel continuo de líquidos almacenados en tanques o depósitos. Utiliza tecnología de radar de no contacto para obtener la medida y se considera una extensión lógica de los medidores ultrasónicos, ya que es inmune a las propiedades del líquido, temperatura, vapor, polvo y espuma de la superficie que impiden la medida con dispositivos ultrasónicos. Integra un procesador de señales que transmite pulsos de microondas en la punta de la antena los cuales son reflejados al interior del tanque. El nivel del líquido es proporcional al tiempo transcurrido desde el envío de la señal hasta su retorno a la antena. Se eligió usar en los módulos de medida el dispositivo LVRD500 porque su rango de medida es de 0.254 a 15 metros y los tanques del centro de datos tienen una altura de 5 metros. Las características principales de operación del LVRD500 son las siguientes: alimentación de 12 a 30 VDC, exactitud 0.25%, temperatura de trabajo de -40 a 60 °C y salida analógica de 4-20 mA. La salida del medidor se conectó al canal 0 del ADC de la tarjeta HUZZAH32-ESP32 a través de un convertidor de señal RCV420. Debido a que el nivel de voltaje de la señal de entrada de los canales del ADC no debe ser mayor a 3.3, se utilizó el circuito RCV420 para convertir la señal de salida de 4-20 mA del medidor de nivel a un nivel de voltaje de 0 a 3.3 V. El indicador luminoso tipo torreta de los tanques de almacenamiento se conectó a la terminal GPIO 36, configurada como salida, de la tarjeta HUZZAH32-ESP32 a través de un relevador SRD-03VDC-S-C. El transceptor BLE de la tarjeta HUZZAH32-ESP32 de los módulos de medida se configuró como servidor punto a punto.

La programación de la tarjeta HUZZAH32-ESP32 se realizó usando el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino. Se utilizó el módulo software ESP32 y la biblioteca de funciones de código abierto Bluetooth LE de ESP32 para implantar el protocolo en el intercambio de información entre servidores y clientes BLE. Algunas de estas funciones se invocan pasándoles como argumento un apuntador a una función denominada función de regreso de llamada, de retro-llamada o función callback. Esta función se ejecuta cuando sucede un evento asíncrono. Una de estas funciones es la que espera en un dispositivo BLE servidor la conexión o desconexión de un cliente. El programa que se ejecuta en los módulos de medida lleva a cabo las siguientes acciones: 1) Configura la terminal GPIO 36 e inicializa el transceptor BLE como servidor y el medidor de nivel, 2) Crea el dispositivo BLE, 3) Establece la función de regreso de llamada del servidor BLE, 4) Crea el servicio del perfil de la jerarquía GATT, 5) Establece la característica BLE del servicio creado para transmitir en ella el nivel de agua leído asignándole la propiedad de tipo notificación, 6) Arranca el servicio GATT, 7) Arranca la propagación del servidor BLE para anunciar su existencia y poder ser encontrado por el módulo cliente y 8) Entra a un ciclo

donde espera la conexión del cliente. La función de regreso de llamada espera la conexión del cliente y retorna al ciclo indicando este evento. Al conectarse el cliente, el programa lee el nivel de agua del depósito, asigna el valor de la medida a la característica BLE del servicio y la notifica al cliente. En la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo usado para realizar la programación anterior.

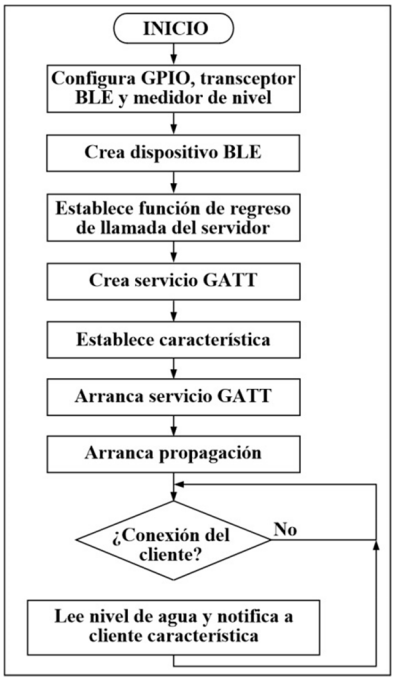


Figura 3. Diagrama de flujo del programa de los módulos de medida.

El módulo colector

El módulo colector se desarrolló usando la tarjeta HUZZAH32-ESP32 y realiza dos funciones: A) Conectarse periódicamente, cada 60 segundos, a los servidores BLE para recibir los valores de nivel de agua y transmitirlos al servidor de ThinkSpeak y B) Implantar la interfaz de usuario. Estas funciones se ejecutan simultáneamente, razón por la cual se usó el sistema operativo de tiempo real FreeRTOS. El FreeRTOS es una implantación de un sistema operativo multitareas para microcontroladores de código abierto que se usa a través de una biblioteca de funciones desde el IDE de Arduino. El calendarizador de FreeRTOS se diseñó para proporcionar un patrón de ejecución de tareas predecible o determinístico, permitiendo a los usuarios asignar una prioridad a cada hilo de ejecución, llamada tarea en este ambiente. Las tareas pueden ejecutarse en paralelo, en diferentes núcleos del sistema independientemente. El SoC ESP32 contiene dos microprocesadores: el núcleo 0 y el núcleo 1, y puede ejecutar tareas simultáneamente en ambos núcleos. Para asignar la ejecución de una tarea a un núcleo en el ESP32 usando FreeRTOS, se crea la tarea, indicando la prioridad y el núcleo, y posteriormente se define la función que contiene el código de la tarea.

La programación del módulo colector que implanta las funciones del mismo lleva a cabo las siguientes acciones: 1) Inicializa el transceptor WiFi y el transceptor BLE como cliente, 2) Crea el dispositivo BLE, 3) Crea el servicio de barrido que explora los servidores BLE, 4) Establece la función de regreso de llamada del barrido de servidores, 5) Crea la tarea para conectarse a los servidores BLE, indicando el núcleo 0 y prioridad 1, 5) Crea la tarea que implanta al servidor web indicando el núcleo 1 y prioridad 1 y 6) Define las funciones a ejecutar por las tareas anteriores. La función que implanta la conexión del cliente a los servidores BLE se ejecuta en el núcleo 0 y consiste de un ciclo donde periódicamente realiza el barrido de servidores esperando el retorno de la función de regreso de llamada. Esta última función retorna cuando recibe la notificación de los servidores encontrados y con el que se conectó el cliente. A continuación, el cliente BLE recibe de los servidores las características, o valores de nivel de agua, e invoca la función que los transmite al servidor de ThinkSpeak usando la biblioteca de funciones de comunicación con ThinkSpeak instalada en el IDE de Arduino. Esta biblioteca usa las REST API de escritura de ThingSpeak para trasmitir el mensaje de información. ThingSpeak

 ISSN 2007-8102

usa canales para el intercambio de mensajes con las aplicaciones de IoT. Se usa una REST API para crear un canal y obtener el identificador del mismo y las claves de las REST API para escritura y lectura de datos. Una vez creado el canal, se intercambian mensajes que contienen: la ruta de la REST API a usar, la clave de la REST API y hasta 8 campos que pueden tener cualquier tipo de dato, como por ejemplo el valor de una variable leída desde un sensor. Los mensajes usados en este trabajo tienen 3 campos: el identificador del módulo de medida, el valor de nivel de agua, la fecha y la hora. El intercambio de mensajes entre el módulo colector y la plataforma ThinkSpeak se realiza a través del protocolo HTTP. Tanto los módulos de medida como el módulo colector se alimentan con un batería LiPo de 3.7 V. La tarjeta HUZZAH32 integra un regulador de 3.3 V y un cargador para la batería con led indicador del estado de la carga.

La interfaz de usuario

La función que implanta la interfaz de usuario se ejecuta en el núcleo 1 del SoC ESP32 y está compuesta por el servidor web y la página del mismo. A través de la interfaz de usuario se visualiza en línea e históricamente los valores de nivel de los depósitos de agua. Cuando el nivel de alguno de los depósitos alcanza el mínimo configurado, se invoca la función que transmite el SMS de alerta al teléfono móvil y enciende el indicador luminoso tipo torreta del depósito correspondiente. Para transmitir el SMS se usa la petición GET de HTTP a ThingSpeak que invoca la REST API de Twilio de transmisión del SMS. En la Figura 4 se muestra la pantalla principal de la interfaz de usuario realizada.

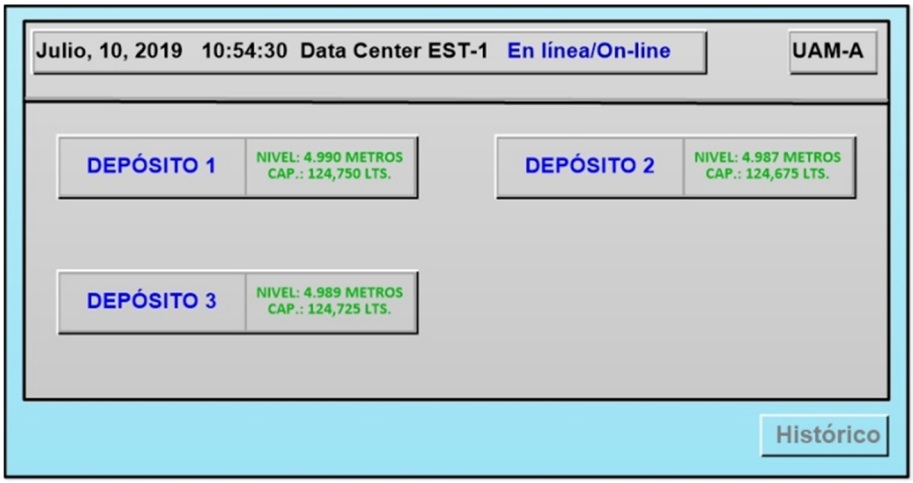


Figura 4. Interfaz de usuario.

Resultados y discusión

Se realizaron cuatro grupos de pruebas. El primer grupo tuvo como objetivo determinar el rango de medida del sistema. Considerando que los tres depósitos de agua del centro de datos tienen una altura de 5 metros, para realizar estas pruebas se llenaron los tres depósitos a diferentes alturas. Los valores mostrados en la interfaz de usuario indicaron que el nivel mínimo medido fue 0.150 metros y el máximo 5.010 metros. El nivel mínimo fue ligeramente diferente al mínimo del rango de medida de 0.254 a 15 metros del dispositivo LVRD500, lo cual se considera aceptable ya que no es grande la desviación.

El segundo grupo de pruebas tuvo como objetivo determinar el alcance de la red BLE. Para llevar a cabo estas pruebas se ubicó un módulo de medida a diferentes distancias respecto al módulo colector con línea de vista y se ejecutó un programa en el módulo de medida para transmitir un archivo de 10 MB al módulo colector. En el módulo colector se ejecutó un programa que recibe el archivo y determina el tiempo y velocidad de transmisión. Los resultados mostraron que la mayor velocidad, 57.1 KB/s, se obtuvo a una distancia de 5 metros. A una distancia de 40 metros, donde se ubican los depósitos en el centro de datos, se logró una velocidad de 55.8 KB/s, la cual disminuyó conforme aumentó la distancia. El alcance logrado fue 75 metros ya que después de esta distancia el enlace entre los módulos se pierde, tal como se indica en la gráfica de la Figura 5.

 ISSN 2007-8102

Teóricamente la velocidad que puede lograr BLE son 3 Mbps, aproximadamente 375 KB/s, la cual disminuye dependiendo de factores tales como la interferencia ambiental, el tamaño de unidad máxima de transferencia (MTU-Maximum Transmission Unit) y el desempeño de los transceptores. El fabricante del SoC ESP32 especifica que la velocidad máxima del transceptor BLE es 90 KB/s. En las pruebas realizadas en este grupo se utilizó un MTU de 512 bytes, el máximo que se puede configurar en el ESP32, por lo que la velocidad máxima lograda de 57.1 KB/s es menor a la que indica el fabricante del ESP32 aún a una distancia pequeña de 5 metros.

El tercer grupo de pruebas tuvo como objetivo determinar cómo afecta la temperatura de los depósitos en la medida de nivel reportada por el sistema. En teoría, el comportamiento del medidor de radar LVRD500 no se ve afectado por factores como el vapor y polvo, y su rango de operación es de -40 a 60 °C. Este grupo de pruebas se realizó durante los meses de Junio y Julio y consistió en llenar los tres depósitos a su nivel máximo de 5 metros, observando en la interfaz de usuario el nivel reportado cada 30 minutos en días diferentes, desde las 5:00 Hrs., cuando la temperatura del agua marcó 12 °C, hasta las 13:00 Hrs. cuando la temperatura alcanzó su valor máximo de 32 °C. Los resultados indicaron que durante las primeras horas de la mañana, el nivel reportado fue 4.988 metros y aumentó conforme lo hace la temperatura hasta mostrar 4.990 metros en la interfaz de usuario a las 13:00 Hrs. A pesar de que el medidor teóricamente es inmune a la temperatura del agua, existió una pequeña diferencia de 0.002 metros en promedio metros en la medida reportada a diferentes horas del día. En el cuarto grupo de pruebas se abrió la válvula ubicada en el fondo de uno de los depósitos para vaciarlo y verificar las medidas de nivel reportadas en la interfaz de usuario. El resultado de estas pruebas indicó que el depósito tarda en vaciarse 1,180 segundos, casi 20 minutos, como se muestra en la gráfica de la Figura 6.

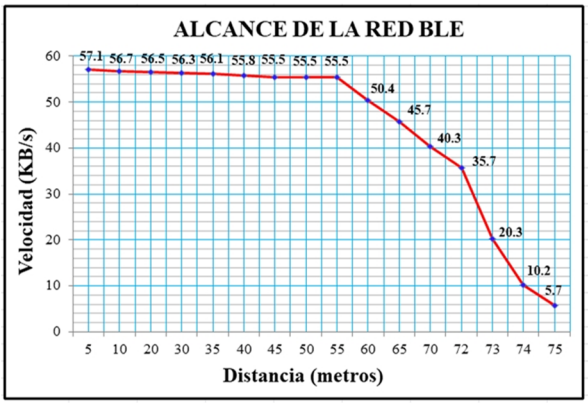


Figura 5. Alcance de la red BLE.

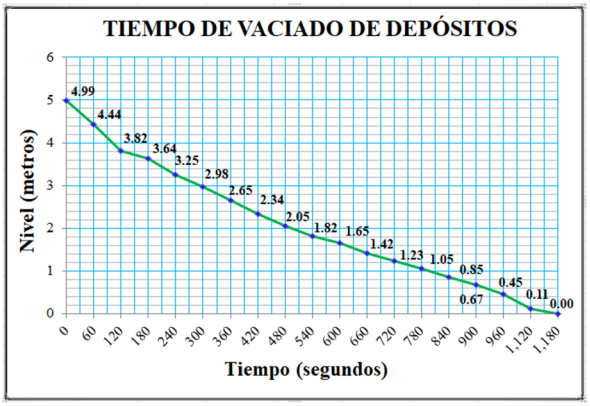


Figura 6. Nivel medido en el vaciado de depósitos.

Trabajo a futuro

Los responsables del centro de datos han solicitado integrar tres tipos de sensores: un sensor de nivel en un tanque de combustible para el sistema de alimentación eléctrica de respaldo y sensores de apertura y de flujo de aire en racks de equipo de cómputo. El primer tipo de sensor trabaja de manera similar al usado en este trabajo, solo que físicamente es diferente. La tarjeta HUZZAH32-ESP32 cuenta con terminales de entrada suficientes para realizar esta modificación. El trabajo a desarrollar es modificar la programación de los módulos del sistema y la interfaz de usuario, lo cual puede llevarse a cabo de forma sencilla ya que la programación se realizó de modularmente en MicroPython.

Conclusiones

Se obtuvo un sistema que reporta periódicamente a un servidor en la Internet el nivel de agua de tres depósitos de agua usando tecnología BLE y una plataforma de IoT. La interfaz de usuario muestra en línea e históricamente los niveles de agua medidos y cuando el nivel de uno de los depósitos es el mínimo transmite un SMS. El sistema puede usarse para monitorizar otro tipo de variables conectando a las terminales GPIO o a los canales de ADC de la tarjeta HUZZAH32-ESP32 el medidor o sensor adecuado, realizando cambios mínimos

en la programación de los nodos. El alcance del sistema es 75 metros con línea de vista. Si es necesario incrementar el alcance, puede incorporarse en los nodos de la red un transceptor inalámbrico de otra tecnología como por ejemplo LoRa, cuyo alcance es mayor a 10 Kilómetros. Se utilizó la tarjeta HUZZAH32-ESP32 porque existen bibliotecas de código abierto para configurar y usar el transceptor BLE del SoC ESP32, los cuales se usan desde el IDE de Arduino. La HUZZAH32-ESP32 y otras de su tipo como por ejemplo la PyBoard y la WiPy pueden programarse en un lenguaje sencillo y poderoso como MicroPython, sin embargo, en la actualidad MicroPython no soporta el uso de BLE y la tarjeta PyBoard no cuenta con transceptor BLE. Finalmente, esta aplicación transmite un mensaje cada 60 segundos al servidor del proveedor de servicios ThinkSpeak, 565, 600 mensajes anuales. Para esta cantidad de mensajes, el uso de ThinkSpeak no tiene costo. Para cantidades mayores a 3 millones de mensajes por año, ThinkSpeak ofrece diferentes tipos de licencias de uso. Si este sistema se usa para transmitir al servidor en la nube mayor cantidad de mensajes debe contemplarse el costo de la licencia de ThinkSpeak u otro proveedor.

Referencias

1. Fikejz, J. and Rolecek, J. (2018). Proposal of a smart water meter for detecting sudden water leakage. ELEKTRO. 1-4.
2. Futawatari, N.; Tsukimoto, H. and Kohata, Y. (2016). Packaged air conditioner incorporating free cooling cycle for data centers. *IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC)*. 1-6.
3. Gokilapriya, V. and Bhuvaneswari, P. T. (2017). Design and development of SoC based residential water meter monitoring system. *International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*. 2163-2166.
4. Kashid, S. G. and Pardeshi, S. A. (2014). Intelligent water metering system: An image processing approach (MATLAB simulations). *First International Conference on Networks & Soft Computing (ICNSC2014)*. 289-294.
5. Li, Y.; Yan, X. and Zeng, L. (2017). Research on water meter reading system based on LoRa communication. *IEEE International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC).* 248-251.
6. Manoharan, A. M. and Rathinasabapathy, V. (2018). Smart Water Quality Monitoring and Metering Using Lora for Smart Villages. *2nd International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC).* 57-61.
7. Masia, O. A. and Erasmus, L. D. (2013). Smart metering implementation for enabling Water Conservation and water demand management: An investigation in Gauteng. *Africon*. 1-5.
8. Perumal, T.; Sulaiman, N. and Leong, C. Y. (2015). Internet of Things (IoT) enabled water monitoring system. *IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*. 86-87.
9. Sato, F.; Kawano, H. and Kobayashi, N. (2015). An air conditioning control method for peak power reduction using heat capacity based room temperature constraints. *IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC)*. 1-4.
10. Shah, P. P.; Patil, A. A. and Ingleshwar, S. S. (2017). IoT based smart water tank with Android application. *International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*. 600-603.
11. Shankar, S. and Dakshayini, M. (2018). IoT-Mobile Enabled Smart Water Level Controlling System to Regulate Water Wastage, *International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*. 2045-2048.
12. Spachos, P.; Papapanagiotou, I. and Plataniotis, K. N. (2018). Microlocation for Smart Buildings in the Era of the Internet of Things: A Survey of Technologies, Techniques, and Approaches. *IEEE Signal Processing Magazine.* **(35)** 140-152.
13. Suresh, M.; Muthukumar, U. and Chandapillai, J. (2015). A novel smart water-meter based on IoT and smartphone app for city distribution management. *IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP).* 1-5.
14. Wang, Y. K.; Wang, J. S. and Gao, X. P. (2018). Design of water level control system high pressure heater in power plant based on Honeywell TPS. *Chinese Control And Decision Conference (CCDC).* 3612-3617.
15. Wang, Z.; Zhao, Q. and Li, M. (2016). The importance of refrigeration system backup for high power density data centers. *IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC).* 1-5.
16. Yan, G.; Sun, J. and Lu, T. (2018). Research on Monocular Vision Positioning Technology Used in Water Meter Verification. *3rd International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE)*. 60-64.
17. Yue, H.; Liu, Y. and Wang, H. (2016). Dynamic analysis of water level and area of typical lakes in qinghai-tibet plateau. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. 6807-6810.

Domotización de un hogar mediante el sistema zipato y el protocolo z-wave

E. Hernandez Aguirre[1], C. O. González Móran[1], J. G. Miranda Hernández[1]
Laboratorio de investigación de materiales y procesos inteligentes del Centro universitario UAEM Valle de México, Blvd. Universitario s/n Predio San Javier Atizapán de Zaragoza, C.P 54500, Edo. De Mex., MÉXICO
[1]ernestoh.a@hotmail.com
Área de participación: ingeniería eléctrica y electrónica

Resumen

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la implementación y configuración de un sistema que cumpla con las necesidades de cualquier hogar dispuesto a su control y automatización (dispositivos o elementos conectados a internet), para tener una mejor interacción con su casa, para lograr la domotización del hogar esta se hizo con el sistema ZIPATO y con dispositivos compatibles con el protocolo Z-WAVE este sistema es una plataforma de automatización que incluye controladores locales , servidores en la nube, aplicaciones de usuario y administración, las controladoras pueden ser de 2 tipos zipatile (parecido a una Tablet) o zipamicro (un cubo pequeño), este sistema no solo se puede manipular desde la zipatile sino que existe una aplicación que se puede encontrar en tiendas virtuales, Z-WAVE es un protocolo de comunicación inalámbrico visualizado como una red en malla que utiliza microondas de radio para comunicarse entre un aparato a las controladoras o de un aparato a otro permitiendo el control de iluminación, puertas, electrodomésticos, etc.

Palabras clave: *zipato, zipatile, zipamicro z-wave.*

Abstract

The objective of this work is to present the implementation and configuration of a system that meets the needs of any home willing to control and automate it (devices or elements connected to the Internet), to have a better interaction with the home, to achieve Domotization of the home was done with the ZIPATO system and devices compatible with the Z-WAVE protocol. This system is an automation platform that includes local controllers, servers in the cloud, user applications and administration, the controllers can be of 2 types zipatile (similar to a Tablet) or zipamicro (a small cube), this system can´t only be manipulated from the zipatile but there is an application that can be found in virtual stores, Z-WAVE is a wireless communication protocol visualized as a mesh network that uses radio microwaves to communicate between a device to the controllers or from one device to another allowing control of lighting, doors and appliances.

Key words: *zipato, zipatile, zipamicro, z-wave*

Introducción

El increíble avance tecnológico en los últimos años ha provocado el desarrollo de nuevos sectores como el de la domótica permitiendo una gran cobertura de toda esa teoría tecnológica de las automatizaciones industriales, pero ahora aplicadas en el hogar.

el origen de la ola de la domótica se encuentra en los años 70s cuando aparecieron los primeros dispositivos de automatización basados en la tecnología x-10, (protocolo de comunicaciones para el control remoto de dispositivos eléctricos que utiliza la línea eléctrica (220V o 110V AC), para transmitir señales de control entre equipos de automatización del hogar en formato digital.) Años después la comunidad internacional mostro un gran interés por mejorar estas ideas a partir de los años 90s la automatización destinada solo a edificios u oficinas se fue empezando a aplicar en viviendas particulares iniciando la domótica, (ENERGY MANAGEMENT AGENCY, 2007).

La domotización contribuye a mejorar la comodidad la seguridad y el bienestar dando una nueva y mejor experiencia en el día a día automatizando nuestro hogar permitiéndonos controlar cosas como la gestión de la climatización, mejorando la seguridad, reduciendo el consumo de energía eléctrica mediante sistemas de

 ISSN 2007-8102

iluminación, mejorando redes de comunicaciones o simplemente más comodidades como lo sería encender o apagar objetos sin la necesidad de tocarlos o de estar cerca.

Cada vez son más los instaladores, arquitectos, diseñadores e ingenieros que buscan especializarse en este sector y en este mercado, pero sin embargo pasa algo en México que la domotización no es muy popular, no está al alcance de todos los sectores. Se puede justificar quizá por la falta de dinero, pero si tomamos en cuenta que algunas personas se pueden comprar un celular de $23,000.00 pesos o pagar un carro de agencia con un costo de $200,000.00 entonces lo que falta es la difusión de esta nueva tecnología para la comodidad del hogar.

La falla está en la falta de conocimiento de este tipo de sistemas a la gran parte de la población mexicana y en todos los mitos o ideas que se han generado gracias a series o películas (Figura 1).



Figura 1. Representación sobre los mitos o ideas falsas de la domotización en México (2019 autoría propia)

Metodología

Para el sistema y proceso a utilizar en la domotización del hogar es necesario tener en cuenta el tipo de casa que es para instalar el sistema zipato ya que cada casa es muy diferente, además adaptarse al presupuesto de cada cliente

Las opciones y herramientas dentro de la aplicación zipato son variadas como lo son las formas de añadir un dispositivo, crear una escena, crear una regla, crear una alarma, agregar aplicaciones a dispositivos similares a una Tablet, navegar por internet, ver vídeos, escuchar música, jugar en el dispositivo, hacer vídeo llamadas, poder ver redes sociales, poder ver cámaras de vídeo, controlar termostatos, etc.

El modelo que se usó para este proyecto es el llamado modelo cascada, ya que ordena todas las etapas de los procesos con la peculiaridad de que no podemos avanzar a otra etapa si antes la anterior no se haya completado además de haber realizado una revisión final por parte de arquitectos, ingenieros y residentes encargados del proyecto para cumplir con los tiempos estimados (Figura 2).

 ISSN 2007-8102

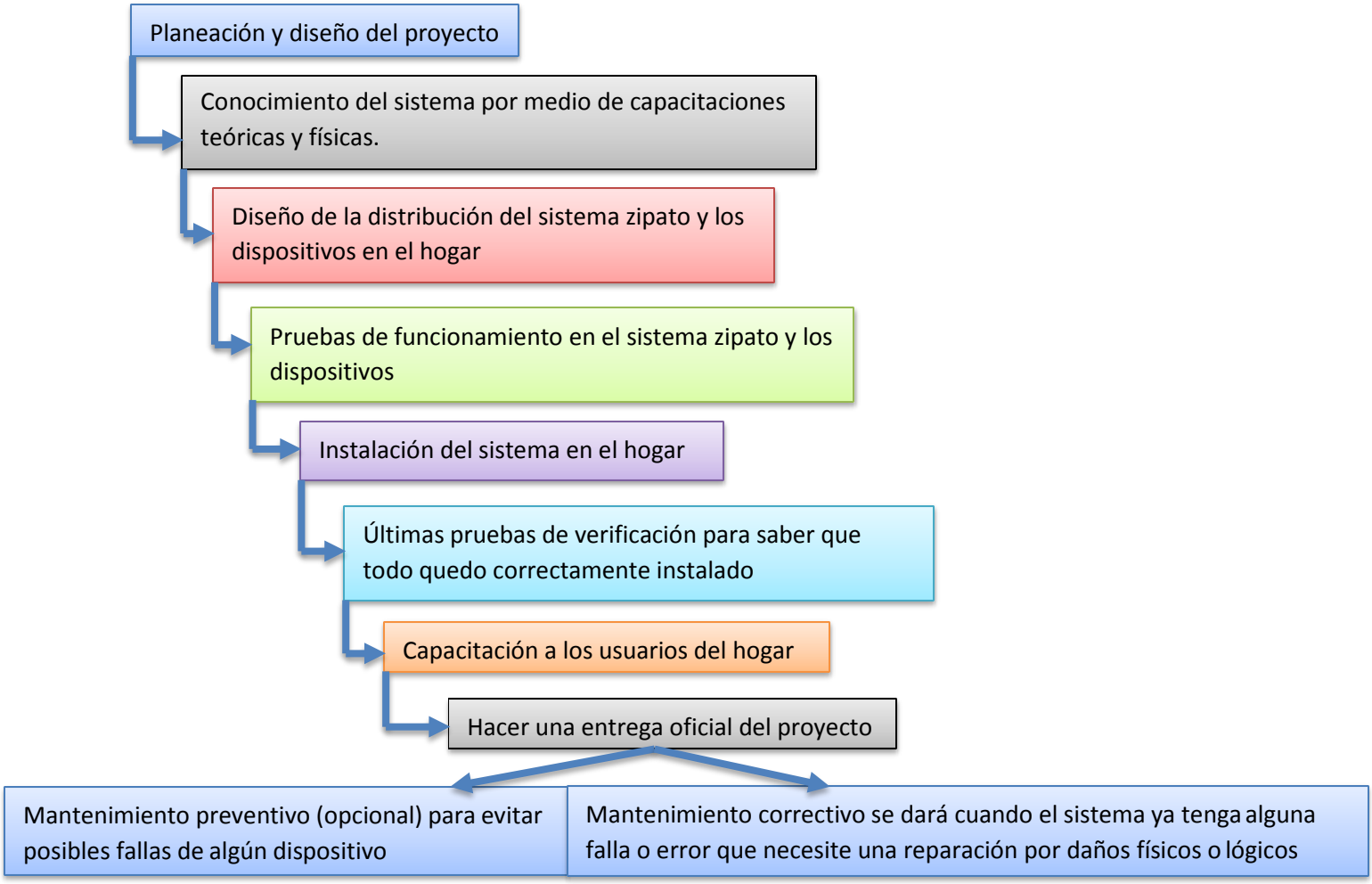


Figura 2. metodología usada en el proyecto de domotización

Marco teórico:

Es normal que sobre la automatización de una casa recaiga la incredulidad pues es una tecnología que se ve muy del futuro, parece imposible de implementar en el hogar. Lo cierto, es que estas funciones y adecuaciones llevan más de 20 años en el mercado y se han probado en distintos hogares alrededor del mundo. Existen eventos como el **CES,** (El Consumer Electronics Show) que es el evento que marca las tendencias que se verán en el sector de la tecnología de consumo durante cada año. (CES, 2018)

Las más importantes empresas de tecnología y electrónica aprovechan este encuentro para presentar sus nuevos productos, prototipos y futuros equipos. Que año con año el más grande escaparate de productos que existen para hacer la vida en el hogar más fácil. Se celebra desde 1995 una única versión en Las Vegas. Si bien es cierto que en los niveles académicos por lo menos aquí en México hace falta la especialización de ingenieros y arquitectos que estén preparados para los retos que la automatización supone, también es cierto que existen empresas en las que la promoción del conocimiento y la capacitación son un eje constante. Por otro lado, es una realidad que, aunque se puede hablar de cierto rezago tecnológico en nuestro país, la penetración de internet y servicios Smart es cada vez más grande ya que como lo mencioné antes al mexicano ya se le hace común el uso de un Smartphone para su vida diaria.

Al primer trimestre de 2017 la cifra de Smartphone en México aumentó en un 14.3% con respecto al año anterior según datos de The Competitive Intelligence Unit (CIU), con lo cual se puede hablar de una penetración cada vez mayor de tecnologías cada vez más amigables con las necesidades humanas. Esto demuestra la tercera de esas verdades: la automatización ha sido probada y comprobada, el problema está en un rechazo a ese progreso que

 ISSN 2007-8102

tanta cosa buena puede traer a una sociedad. En parte también por el gobierno que nos ha tocado estos últimos años (CAHUN, 2017).

Descripción de los trabajos hechos

Topología

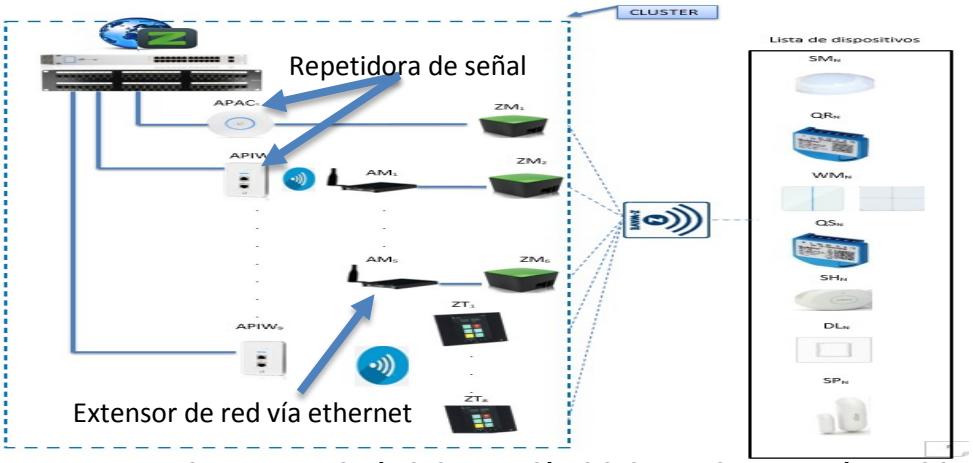


Figura 3. Topología de la conexión del sistema (2019 autoría propia)

Protocolo z-wave: Z-Wave se basa en una topología de red de malla. Significa que cada dispositivo (sin batería) instalado en la red se convierte en un repetidor de señal cuantos más dispositivos se tenga en el hogar, más fuerte será la señal de red. las señales Z-Wave viajan fácilmente a través de la mayoría de las paredes, pisos y techos, además los dispositivos también pueden enrutarse de manera inteligente alrededor de los obstáculos para lograr una cobertura perfecta y sólida para toda la casa. Si bien Z-Wave tiene un alcance de 100 metros al aire libre, los materiales de construcción reducen ese alcance, por lo que se recomienda tener un dispositivo Z-Wave aproximadamente cada 10 metros o más cerca para obtener la máxima eficiencia. las redes Z-Wave se pueden unir para implementaciones aún más grandes. Cada red Z-Wave puede admitir hasta 232 dispositivos Z-Wave, lo que le permite la flexibilidad de agregar tantos dispositivos como desee para asegurarse de que su Smart Home esté funcionando mejor (zwave safer smarter página oficial, 2018).

Controladoras del sistema zipato

1. Zipatile: Es el sistema central de control para la casa. Este debe estar conectado al suministro de energía eléctrica y al internet todo el tiempo via wi-fi. (zipato, 2019)



Figura 4. Zipatile Sistema central de control 2017 obtenido de zipato.com

2. Zipamicro: Es un controlador de conexión y gestión de los dispositivos domésticos inteligentes, este al igual que la zipatile, requiere de conexión fija a la electricidad y el internet vía ethernet o wi-fi



Figura 5. Zipamicro Controlador de conexión y gestión de dispositivos 2017 obtenido de zipato.com

 ISSN 2007-8102

Agregar un dispositivo

1. Entrar a la página my.zipato.com con usuario y contraseña correspondiente, seleccionar el botón administrador de dispositivos
2. Dar click en añadir nuevo dispositivo y elegir el protocolo compatible a los dispositivos
3. Se desplegará una lista de controladoras (zipatiles y zipamicros se deberá seleccionar el que se encuentre más cercano al dispositivo (su s/n se encuentra en la parte de atrás de cada controladora)
4. Comenzará un proceso llamado exclusión e inclusión del dispositivo este proceso se realiza para vincular todos los dispositivos como sensores y Qubinos
5. Aparecerá una pantalla indicando que el dispositivo ya se añadió y se le podrá asignar un nombre, para ver el dispositivo añadido ir a la pestaña administración de dispositivos –seleccionar el nombre de la controladora y hacer click en z-wave donde desplegará una lista de todos los dispositivos añadidos

Creación de escenas

Una escena es todo lo que tiene una representación sobre un escenario en este caso el escenario es la casa y la representación es la programación de 2 o más luces para crear un entorno de ambiente especifico a un evento (Figura 10)

1. Entrar a la plataforma my.zipato.com
2. En el submenú que se encuentra del lado derecho de la pantalla seleccionar el botón escenas
3. Dar clic en el botón crear nuevo
4. Asignarle un nombre a la escena
5. Añadir el dispositivo (este dispositivo puede ser añadido tanto en estado on como en estado off, para añadirlo seleccionar el botón añadir
6. Hacer clic en guardar para que la escena ya se quede guardada

Creación de reglas

Todas las reglas se hicieron utilizando la programación lógica controlada muy similar a la programación en c, pero con una interfaz más sencilla de comprender ya que el entorno de programación es muy gráfico y en español. Usa reglas sencillas como If, If/else, Repeat y operadores como are +, -, *, /, =! =, <, <=, >, <=, and, or, between, not. Las reglas se crean combinando bloques de control y dispositivos que se van añadiendo al sistema ya sea un sensor, un dispositivo para controlar la iluminación etc. Los bloques que tenemos para la creación de reglas son los de Control, Acción, Sensor, Operador, Variable y Avanzado (Figura 11) (zipato, myzipato, 2019).

Esquema de conexión de la sirena: (alarma)

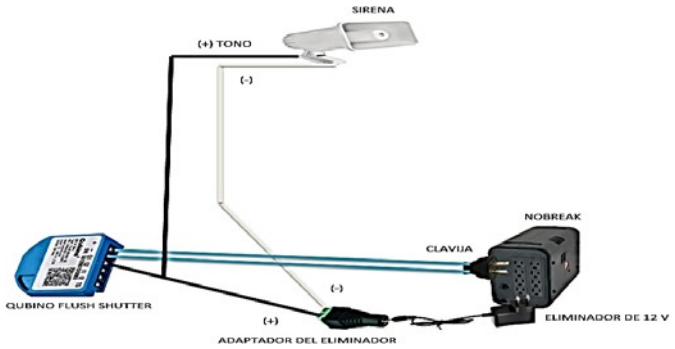


Figura 6. Esquema de conexión de la sirena con Qubino Flush 1d relay 2019 autoría propia

 ISSN 2007-8102

Esquema de conexión del Qubino para apagador sencillo: (control de la iluminación)

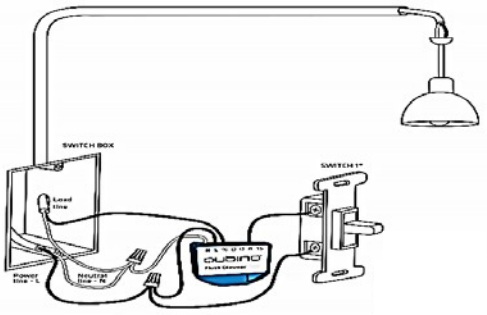


Figura 7. Conexión de un Qubino 1d relay (obtenido de Qubino Wireless Smart 2019 home página oficial)

Conexión de sistemas de cortinas y persianas con Qubino

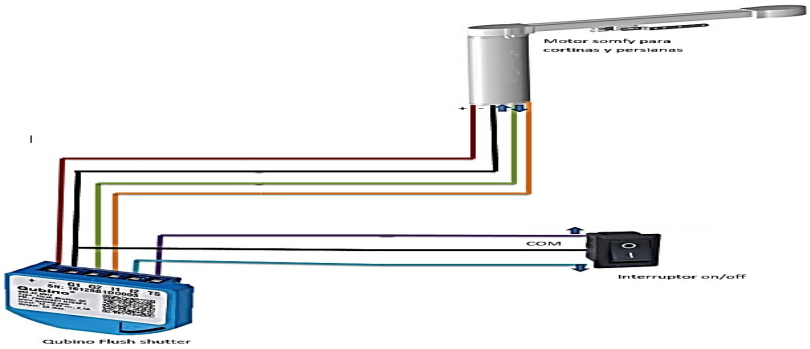


Figura 8. conexión de persianas y cortinas (2019 autoría propia)

Resultados

Los resultados al instalar el sistema zipato fueron:

- Control de todo el sistema de iluminación en la casa individualmente o en conjunto (escena)
- Control del sistema de apertura y cierre de cortinas/persianas motorizadas
- Control de apertura de puertas de la casa individualmente o en conjunto (regla) desde las zipatiles y aplicación móvil para celular
- Control de una alarma mediante sensores de puerta y movimiento colocados en toda la casa y una sirena

Todos estos resultados se dieron gracias a la creación de escenas y reglas en el sistema para que los dispositivos instalados funcionaran, los dispositivos que tienen que ver con iluminación, cortinas/persianas etc. como se mostró en los esquemas anteriores utilizan un Qubino (relay compatible con el protocolo z-wave para poder añadir los dispositivos a las zipatiles o a los zipamicros) este puede ser de 2 tipos:

- Flush relay 1 or 2 relay (1 or 2 significa cuantos apagadores puede controlar el Qubino): para iluminación
- Flush shutter: para control de puertas, cortinas y persianas

- En total se instalaron 15 controladoras distribuidas en
- 8 zipatiles (controladoras en forma de tablets)
- 6 zipamicros (estos se instalaron en los lugares más lejanos donde la señal zwave de zipatile no llegaba con suficiente fuerza o de plano no llegaba.

Para el control de la alarma virtual se instalaron:
- 24 sensores de puerta/ventana distribuidos por todas las puertas y ventanas de la casa
- 9 sensores de movimiento distribuidos en puntos clave como entradas de la casa, entrada a los cuartos y pasillos
- 1 detector de humo
- 1 detector de humedad

 ISSN 2007-8102

- 1 sirena inalámbrica que funciona añadiéndola a una controladora por medio del protocolo z-wave
- Para el control de persianas y cortinas desde la app oficial de zipato se utilizaron
- 6 Qubinos Flush Shutter (este dispositivo sirve para poder añadir las cortinas y persianas a la plataforma zipato mediante el protocolo z-wave).

Para el control de la iluminación de toda la casa se usaron Qubinos 1d relay (para un solo apagador), y el Qubino 2d relay para 2 apagadores. De igual manera este dispositivo por medio del protocolo z-wave se añadió a las controladoras donde se crearon escenas y reglas para que, desde la zipatile, la app del celular, el apagador común o el apagador táctil se puedan controlar.

Para el control de la puerta se usó un Qubino Flush shutter y una chapa de pistón electromagnética, se creó una regla para poder abrir la puerta desde la App o la zipatile y otra regla para negar el acceso a otra zona hasta que la puerta de la zona anterior esté cerrada, en caso contrario no se permitirá el acceso.

Para el control de acceso se instaló un vídeo timbre y unas bocinas inalámbricas dentro de la casa, se instaló la aplicación a las zipatiles y a los celulares a si cuando una persona toque a la puerta además de que se va a escuchar en toda la casa mandara una alerta de vídeo a los celulares (como una vídeo llamada) y en conjunto con el control de las puertas se le puede permitir o negar el acceso a la casa ya que permitirá ver quién está tocando el timbre, esta función sirve también de forma remota. A continuación, se podrán ver ejemplos de la creación y configuración de escenas, reglas y la alarma (figs. 9-12). En la Figura 9 se puede observar del lado izquierdo todas las escenas creadas y del lado derecho la creación de una escena añadiendo el dispositivo (esto puede ser estando on/off. En la Figura 10 del lado derecho se pueden observar las reglas creadas y del lado izquierdo la creación de una regla (se utilizan bloques de control, acción, sensor, operador, variable y dispositivos). En la Figura 11 se puede observar del lado derecho los sensores de puerta y de movimiento que componen la alarma, y del lado izquierdo en la parte inferior el pin de 4 dígitos para activarla. En la Figura 12 se puede observar el control de las cortinas y persianas, (para accionarla solo se necesita deslizar el dedo en la posición que queramos del 0 al 100 %.

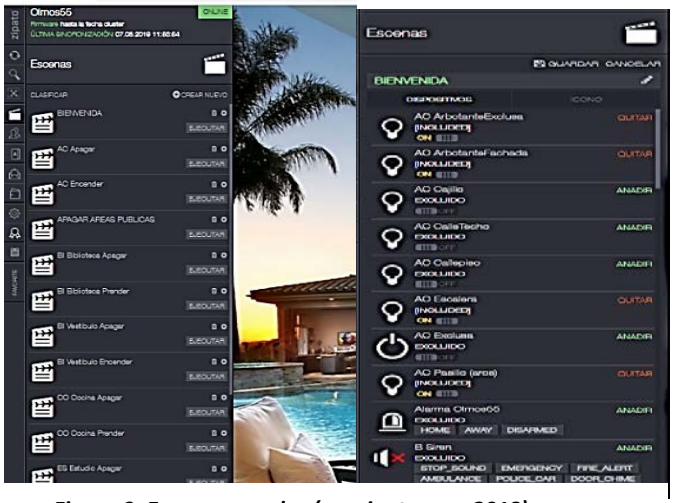


Figura 9. Escenas creadas (my.zipato.com 2018)



Figura 10. reglas creadas (my.zipato.com 2018)



Figura 11. Alarma creada (my.zipato.com



Figura 12. visualización de cortinas y persianas (my.zipato.com

Trabajo a futuro

La idea es abrir este mercado a más gente, especialmente a la mayoría de las personas que habitan la ciudad y el estado de México utilizando sistemas que se puedan ajustar a la economía de cada familia explicándoles las ventajas que podrían tener con una casa domotizada ya que actualmente este mercado es muy escaso y poco conocido.

Conclusiones

Con el sistema descrito lo primordial es tener una casa segura. Ya que se controla todo lo que ocurre dentro de la casa con la zipatile o vía remota gracias a la aplicación para móviles donde se activa y desactiva el sistema de alarma, en caso de robo, los sensores de puerta / ventana, de movimiento mandan una alerta vía correo electrónico o mensaje de celular, además de hacerle llegar a las casetas de vigilancia, policía en general, estación de bomberos o a algún centro de salud en su caso. Si ocurre un incendio, inundación o escape de gas, los sensores de humo y de humedad, también enviarán alertas. En el caso de consumo energético, se puede ahorrar energía eléctrica teniendo el control de aparatos sin uso. Si le agregamos al sistema paneles solares el ahorro será aún mayor. Otra forma de ahorrar es en la iluminación de la casa, gracias a los Qubinos (relay) se puede controlar, bajar o aumentar el brillo y la intensidad de la iluminación, generando comodidad al hogar. Con estos sistemas se generan escenas (el caso de las vacaciones, sin habitantes), que crean la ilusión de que la casa no está sola, o escenas de iluminación con música para alguna fiesta, algo tranquilo para dormir o al momento de despertarse, la escena encienda las luces de la habitación, abra las persianas o cortinas y la cafetera se active, mientras escuchas alguna canción o ves la televisión. Las desventajas de esto sistemas son: La dependencia de la conexión y la velocidad del servicio de internet, la forma en que se encuentra construida la casa, es por ello por lo que se tiene que hacer un estudio para asegurar que las paredes o puertas no interfieran con la señal, además de los errores físicos o en programación que podrían surgir durante la instalación, es por ello que al cliente se le sugiere un mantenimiento preventivo al sistema domótico instalado.

Referencias

1. Estampaciones (7 de abril del 2016) obtenido de METAL STAMPING SERVICES JOM http://estampacionesjom.com/importancia-de-la-automatizacion-industrial-dentro-del-panorama-actual/
2. William Crespo (9 de febrero 2011) obtenido de wordpress.com https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/
3. Zipato (2019) obtenido de zipato página oficial https://www.zipato.com/
4. Qubino (2019) obtenido de Qubino Wireless Smart home página oficial https://qubino.com/
5. ZWAVE (2019) obtenido de zwave safer smarter página oficial https://www.z-wave.com/
6. ENERGY MANAGEMENT AGENCY (2007) La domótica como solución del futuro Editorial APIEM, Madrid
7. Cahun, A. (2017, 5 de octubre). Los mexicanos ya gastaron más de 3,000 pesos en promedio por un teléfono inteligente, la mayoría de Samsung. Consultado el 12 de julio de 2019, de https://www.xataka.com.mx/celulares-y-smartphones/los-mexicanos-ya-gastan-mas-de-3-000-pesos-en-promedio-por-un -smartphone-la-mayoría-de-Samsung
8. CES (2018) obtenido de ces página oficial https://www.ces.tech/

Análisis eléctrico de circuitos de iluminación

J. C. Rodríguez López[1], I.Z. Lara Salazar[2], M. I. Arias Prieto[3], C. Fernández Vásquez[4]*
[1]Departamento de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja, Loc. Dos Caminos, CP.94910, Cuitláhuac, Veracruz.
[2]ignacio.lara@utcv.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se midieron los armónicos en los tableros de los circuitos de iluminación que implementan lámparas fluorescentes y lámparas LED en los salones de clases de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, con la finalidad de revisar la calidad de energía en dichos espacios. Así mismo, se observaron y se registraron los parámetros eléctricos en dichos circuitos con ayuda de un analizador de redes, potencia, voltaje, corriente, factor de potencia y distorsión armónica total, para realizar una comparación entre ambos tipos de luminaria. Finalmente, con ayuda del software Mutisim y Labview se simuló el comportamiento del voltaje distorsionado aplicado a la lámpara LED, con una finalidad académica para demostrar el comportamiento no ideal de los sistemas eléctricos.

***Palabras clave**: armónicos, iluminación, distorsión armónica, led*

Abstract

The harmonics were measured in the electric board of the illumination circuits that use fluorescent and LED lamps in the classrooms of the Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, with the purpose of observing the energy quality in these places. By another hand the electrical parameters were observed and recorded in such circuits as power, voltage, current, and total harmonic distortion, to make a comparison between both types of lamps. Finally with de help of the software Multisim and Labview the behavior of the distorted voltage applied to the LED lamp to demonstrated the no-ideal behavior of electrical systems.

***Key words**: Harmonics, illumination, harmonic distortion, LED*

Introducción

Las lámparas LED (Ligth Emmting Diode) por sus siglas en inglés, se están utilizando más en varias aplicaciones. Estas lámparas funcionan con un controlador, que es un dispositivo de conmutación. Por lo tanto, las lámparas LED serán una fuente de armónicos en el sistema eléctrico. Estos armónicos, si no son tratados, pueden causar severos problemas de desempeño y operación. Las lámparas LED tienen el potencial para jugar un mayor rol en el desarrollo de instalaciones comerciales, residenciales y públicas, como lo hicieran las lámparas fluorescentes compactas hace tres décadas. Esto es porque las lámparas LED,

 ISSN 2007-8102

obviamente ofrecen un potencial ahorro de energía ya que su eficiencia excede 100 lúmenes por watt (Akila y col., 2017).

Atendiendo el desarrollo de la tecnología en el área de iluminación, es necesario conocer su impacto en una instalación eléctrica moderna, sin dejar a un lado los sistemas convencionales porque de éstos depende saber si el desarrollo tecnológico ha sido positivo o se encuentran más áreas de mejora.

En las instalaciones eléctricas industriales los circuitos que siempre estarán presentes y a los que comúnmente no se le presta mayor importancia, son los circuitos de iluminación. Ya sea para una empresa, el sector educativo o una vivienda la iluminación es de vital importancia para desarrollar las actividades cotidianas e inclusive actividades especializadas. Las cargas de iluminación no son consideradas de gran impacto en la facturación y la tecnología LED ha demostrado propiciar ahorros significativos, sin embargo, se ha descuidado cómo su implementación puede afectar la calidad de la energía en una instalación, principalmente en aquellas en las que el número de luminarias supera los cientos y operan por más de doce horas continuas.

En el presente trabajo se muestra los resultados de medición de circuitos de iluminación fluorescente y led, tomados con un analizador de redes Hioki PW3198, los cuales revelan los parámetros del circuito en tiempo real y permitirán realizar las comparaciones de los dos tipos de iluminación y discutir las observaciones. Finalmente se simula por medio de software la distorsión del voltaje aplicado a un circuito.

Metodología

Materiales

Se realizó la conexión del analizador de redes Hioki PW 3198 mostrado en la figura 1, seleccionando un circuito monofásico a un tablero secundario en un circuito de iluminación que emplea 18 luminarias fluorescentes y otro que tiene 18 luminarias led. Dicho analizador permite determinar en tiempo real los valores RMS de voltaje, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, valores pico, armónicos de voltaje y corriente y la distorsión armónica total (THD).

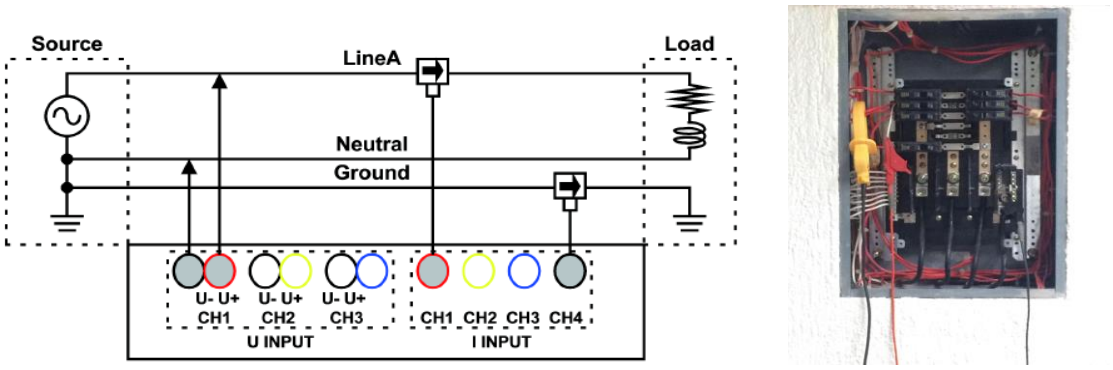


Figura 1. Esquema y conexión del Analizador de redes a tablero de iluminación.

 ISSN 2007-8102

Además, se empleó un watthorímetro en los dos tipos de lámparas. Individualmente la lámpara fluorescente presenta un factor de potencia elevado, mientras que el de la luminaria LED oscila entre 6 y 6.5 cabe mencionar que el fabricante no hace tal indicación.

Conexión al circuito de iluminación fluorescente y LED

La tabla 1 muestra los parámetros eléctricos más representativos de los circuitos de iluminación obtenidos con el analizador de redes, alrededor de 18 lámparas cada uno. En las lámparas fluorescentes se puede destacar un factor de potencia cercano a la unidad a consecuencia del uso de balastros electrónicos y también un factor elevado para las LED. En la figura 3 se muestran los armónicos para voltaje y corriente del circuito de las mismas, como se puede observar los armónicos de voltaje son de 3ro, 5to, 7mo y 9no orden los más significativos, entretanto la THDv es del 1.28%. En cuanto a los armónicos de la corriente son más notables, siendo la THDi de 8.46%. “Por definición la distorsión armónica (THD) de una corriente o voltaje es igual al valor eficaz de todos los armónicos dividido entre el valor eficaz del fundamental (Wildi, 2006, p.849).

Tabla 1. Parámetros eléctricos más comunes de los circuitos de iluminación monofásicos.

Fluorescente		LED	
V_{rms}= 128.52 V	I_{rms}= 7.098 A	V_{rms}=127.78 V	I_{rms}= 3.108 A
P= 0.909 kW	S= 0.912 kVA	P=0.380 kW	S= 0.397 kVA
Q= 0.077 kVar	F.p.= 0.9964	Q=0.114 kVar	F.p.=0.9579

.

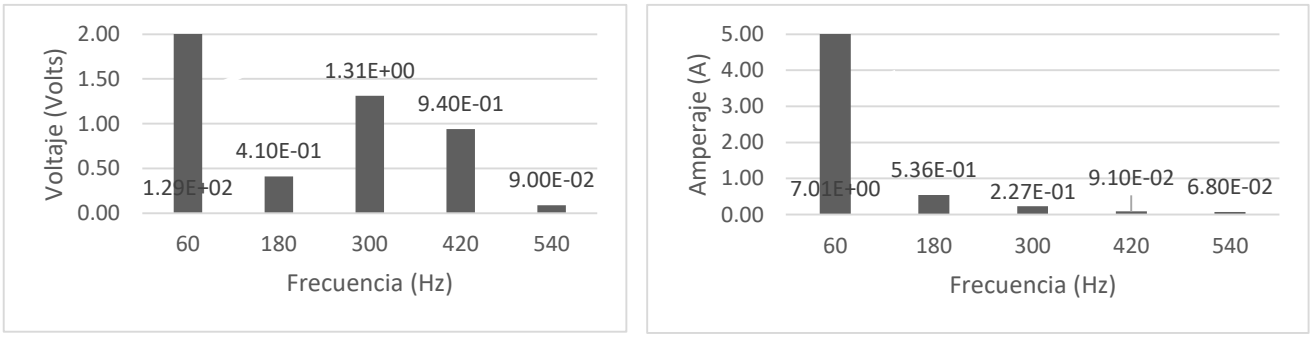


Figura 3. Armónicos de voltaje y corriente de las lámparas fluorescentes.

De igual manera que en el procedimiento anterior se conectó el analizador Hioki PW3198 al tablero que contiene el circuito de luminarias LED. En la figura 2 se muestran los parámetros eléctricos del circuito, resaltando a la vista una demanda de potencia de alrededor del 40% y

 ISSN 2007-8102

una disminución del amperaje lógicamente en la misma proporción, la figura 4 muestra los armónicos de voltaje y corriente del circuito mencionado.

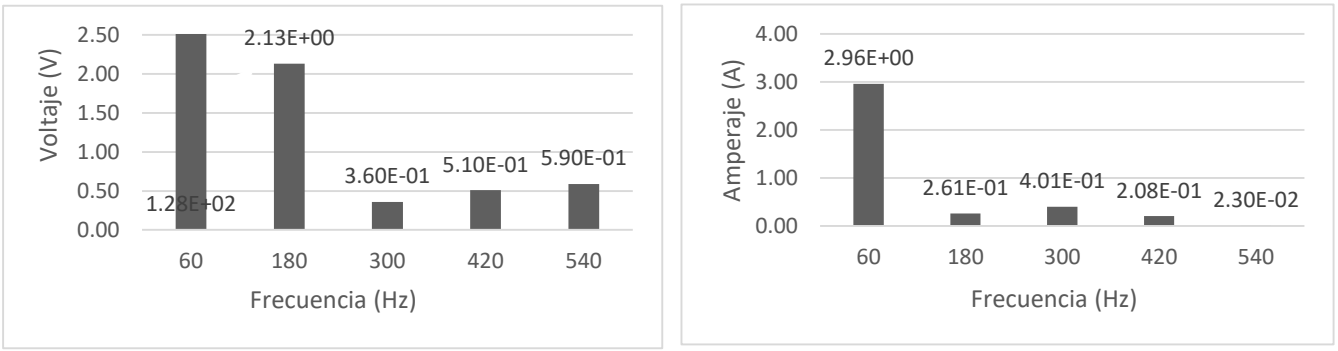


Figura 4. Harmónicos de voltaje y corriente de las lámparas LED.

En la figura 4 se muestran los gráficos de los armónicos para el circuito de luminarias LED, los armónicos del voltaje evidentemente abarcan un amplio espectro inclusive hasta el orden 49, con una THDv de 2.14%. En este sentido la corriente para este mismo circuito de tiene armónicos significativos hasta el 30avo orden, siendo su THDi de 17.92%.

Simulación en software

Una vez obtenidos los datos que arrojó el analizador de redes se procedió a realizar la simulación en el software de National Instruments, Labview y Multisim, ya que es importante poder reproducir los fenómenos eléctricos que ocurren en la realidad para poder manipular las variables a través de estas herramientas y poder así predecir comportamientos como el aumento o disminución de la carga de la iluminación o el cambio de fabricante de las luminarias.

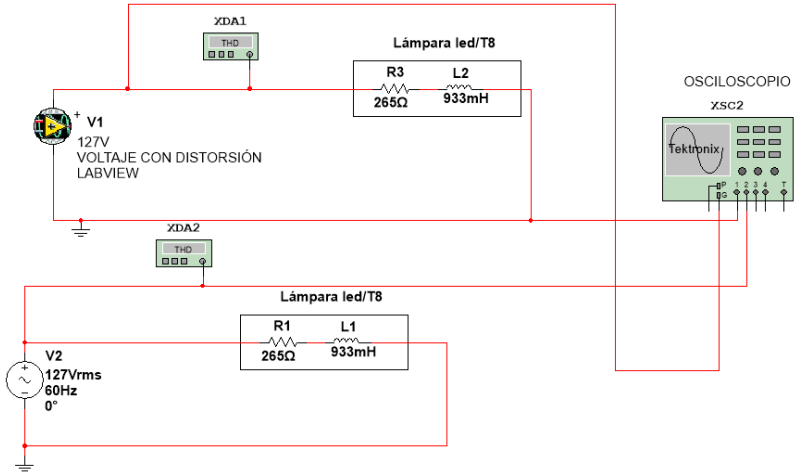


Figura 5. Circuito para la simulación de voltaje distorsionado e ideal.

 ISSN 2007-8102

En la figura 5 se muestra el circuito simulado de una lámpara LED con el voltaje distorsionado (‘’real’’) obtenido a partir de los datos y elaborado mediante una programación en Labview y el voltaje ‘’ideal’’ representado por una onda senoidal perfecta utilizando el software Multisim. En la figura 6 se notan las ondas de voltaje simuladas, aunque no es muy perceptible la onda amarilla se aprecia distorsionada mientras que la azul es una onda ideal sin distorsión; también se colocó un analizador de distorsión armónica, el cual detecta una distorsión armónica, dando como lectura 3.6%, mientras que para el voltaje ‘’ideal’’ marca 0.

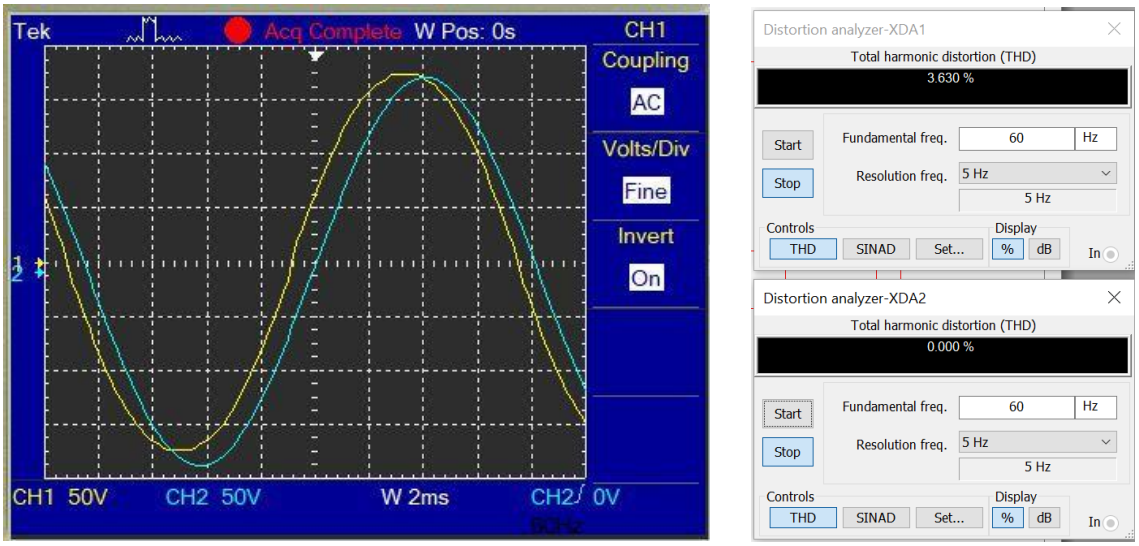


Figura 6. Ondas de voltaje simuladas (derecha) y distorsión medida en el circuito simulado

Resultados y discusión

Por lo mostrado en las figuras 3 y 4 se puede afirmar que la utilización de lámparas led requiere mayor atención ante un proyecto de iluminación. Respecto a las posibles corrientes que podrían ser inyectadas en la red circundante la utilización de lámparas LED tienen valores altos de distorsión armónica total. Las lámparas fluorescentes compactas (CLF’s) tienen valores de THD más bajos, que indican una menor generación de armónicos en comparación con las lámparas LED. Esto contradice la creencia general que las lámparas del LED son mejores en término de contenido armónico (Ogunjuyigbe y col., 2017).

En la tabla 2 se muestran los valores de los armónicos de voltaje de las luminarias LED y la distorsión armónica total de voltaje y corriente de la medición directa realizada con el analizador. En el Título 4 apartado 4.3.2 de la Norma Oficial Mexicana Nom-001-SEDE-2012, que trata de la naturaleza de la demanda, se menciona que los circuitos derivados de iluminación se deben determinar para condiciones especiales tales como las armónicas; en ese mismo título en el apartado 4.3.4 se menciona la prevención de los efectos nocivos en materiales y equipos eléctricos, incluyendo la influencia de las armónicas (SENER,2012). Finalmente, el apartado 4.10.1 dicta que en el diseño de la instalación eléctrica se tomen en cuenta las características de compatibilidad que incluyen las corrientes armónicas entre otras.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Armónicos de orden 0 a 50 de voltaje y distorsión armónica total de voltaje y corriente conectado al circuito de luminarias fluorescentes.

Orden	(V)	Orden	(V)	Orden	(V)	Order	(V)
0	-0.19	16	0.15	32	0.29	48	0.15
1	127.59	17	0.05	33	0.29	49	0.12
2	0.04	18	0.13	34	0.29	50	0.14
3	2.16	19	0.47	35	0.13	**THDv**	2.14 (%)
4	0.06	20	0.09	36	0.21	**hharm**	2.21 (V)
5	0.33	21	0.33	37	0.24		
6	0.04	22	0.08	38	0.1	**THDi**	18.43(%)
7	0.6	23	0.42	39	0.19	**hharm**	0.660(A)
8	0.06	24	0.09	40	0.08		
9	0.57	25	0.14	41	0.16		
10	0.09	26	0.17	42	0.13		
11	0.32	27	0.16	43	0.09		
12	0.12	28	0.24	44	0.18		
13	0.32	29	0.3	45	0.04		
14	0.14	30	0.27	46	0.18		
15	0.46	31	0.23	47	0.06		

Skvarenina (2004) menciona que los efectos nocivos producidos por el flujo de armónicos son cada día más significativos en los sistemas eléctricos, dependiendo de la intensidad relativa de las fuentes emisoras estos pueden ser:

- Aumento en las pérdidas de los conductores por el efecto Joule (i^2R), afectando la distribución de energía hacia las cargas.
- Mal funcionamiento en el neutro de un alimentador trifásico de 4 hilos. Ya que, al generarse corrientes armónicas, en el neutro se puede exceder su corriente permisible, y al no estar protegido por un interruptor, se puede ocasionar un daño mayor.
- Las corrientes armónicas causan daños adicionales a los transformadores por las altas frecuencias de éstas, provocando, generalmente, calentamiento.
- Afectación del factor de potencia del sistema eléctrico.
- Amplificación de la corriente armónica en bancos de capacitores, debido a la resonancia, causando caídas de voltaje y distorsión.

(Adhigunarto y col., 2018), afirman que los efectos negativos de los armónicos tienen un impacto directo en los tableros de distribución provocando vibraciones, así mismo en los medidores (de kWh) del tipo mecánico, los que utilizan discos de inducción

Por otro lado, la norma NOM-031-ENER-2012 en el apartado 6 correspondiente a especificaciones, menciona en el artículo 6.6 que el factor de potencia de un luminario LED debe ser de al menos 0.9 y en el artículo 6.7 menciona que la distorsión armónica total de corriente no debe superar el 20% y en el apéndice A normativo de la misma indica que la tensión de alimentación no debe exceder el 3% de la suma de las componentes armónicas considerando hasta la 49 (SENER,2012).

En esta investigación y haciendo referencia a las normas mencionadas se puede expresar además que ambos tipos de luminaria no superan los valores establecidos, sin embargo, para el caso de la distorsión armónica de corriente en las luminarias LED se puede observar que se acerca demasiado al límite con un 18.43%, esto hace pensar que pueda seguir incrementando y provocando afectaciones a las cargas más susceptibles. Es necesario por lo tanto implementar medidas para la mitigación de armónicos en aquellos lugares donde se vuelve significativo el uso de iluminación. Existen varias soluciones para la corrección de la corrección de la distorsión armónica, unas son para bloquear el paso de armónicos que fluyen a los equipos sensibles y otra opción es absorberlos y se mantengan en la misma red que los genera (Esparza y col., 2006).

En este sentido una vez obtenido las lecturas lo recomendable sería conveniente eliminar el armónico más alto, con un filtro pasivo adecuado. El filtro pasivo se compone por inductor en serie con un capacitor formando un circuito LC, esta topología no requiere una fuente para eliminar el armónico (Sarwono y col., 2017).

Trabajo a futuro

Con la demostración de esta problemática, se seguirá haciendo investigación para desarrollar las soluciones más pertinentes, en las que se destaca por su puesto filtros de armónicos y banco de capacitores especialmente para circuitos de iluminación, ya que comercialmente se venden para cargas mayores y generalmente son de carácter industrial, lo que limita un tanto la adquisición por parte de clientes que presentan cargas más bajas.

Se pretende realizar el monitoreo del circuito de iluminación en tiempo real, sin la necesidad de realizar la conexión del analizador de redes u otro tipo de equipo de medición portátil, en todo momento mostrará el nivel de contenido armónico.

Conclusiones

Con la implementación de luminarias led en centros educativos e industriales es necesario realizar un análisis más profundo de las consecuencias que conlleva instalar estas nuevas tecnologías, debido a que se puede estar afectando la calidad de energía de la red eléctrica en toda la instalación.

Con el presente trabajo se demuestra evidentemente que las luminarias LED producen más armónicos en comparación con las lámparas fluorescentes y es necesario considerar estos problemas porque la carga de iluminación representa un gran porcentaje del consumo total del usuario. Sin embargo, las lámparas LED tienen ventajas como lo es el ahorro de energía que

se puede dar en un momento dado, variando desde un 40 hasta un 70% de ahorro energético, aunado el hecho de que bajo las normas mexicanas las lámparas led utilizadas en esta indagación, cumplen las condiciones que se exigen.

Finalmente se pudo hacer uso de la tecnología para simular el fenómeno eléctrico producido por los armónicos en la onda de voltaje de la red y aunque el valor de distorsión no corresponde exactamente con el valor medido real, se puede decir que la utilización de un voltaje distorsionado para la simulación sería más conveniente ya que se apega más a un problema real, favoreciendo todo esto a la elaboración de propuestas más planificadas, cálculos correctos o identificación de fallas en las instalaciones eléctricas.

Referencias

1. Adhigunarto, S. & Mulyana, E. & Surya, W. (2018). The Analysis of Harmonics on LED Lamps. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 384. 012061. 10.1088/1757-899X/384/1/012061.
2. Akila, Abdelrahman & Youssef, Kamelia & Yassin, Ibrahim. (2017). Harmonics Monitoring Survey on LED Lamps. Renewable Energy and Sustainable Development. 3. 39-45. 10.21622/resd.2017.03.1.039.
3. Esparza González, Mario Salvador; Mata Guerrero, Jesús Alejandro; Castañeda Ramos, Luis Antonio (2006). Las cargas no Lineales, su Repercusión en las Instalaciones Eléctricas y sus Soluciones. Conciencia Tecnológica, 6. ISSN: 1405-5597
4. NOM-031-ENER-2012 “Eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz (leds) destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. Especificaciones y métodos de prueba.” Secretaría de energía. 2012. DOF: 06/11/2012.
5. Ogunjuyigbe, A. & col. (2017). Effect of Lamp Technologies on the Power Quality of Electrical Distribution Network. *PowerAfrica*.
6. Sarwono, Edi & Facta, Moch & Handoko, Susatyo. (2017). Investigation of Passive Filter for LED Lamp. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 190. 012019. 10.1088/1757-899X/190/1/012019.
7. Secretaría de Energía. (2012). NOM-001-SEDE-2012 “Instalaciones eléctricas (utilización)”. México: LIMUSA.
8. Skvarenina T. L., (2001). The Power Electronics Handbook. CRC Press. ISBN 0-8493-7336-0
9. Wildi, T. (2006). Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. México: Pearson Educación.

Identificación de modelos de oscilaciones inter-áreas de sistemas de potencia mediante algoritmos generalizados de Prony

R. F. Uribe Carvajal[1], L. Hamdan Medina[1**], R. Vargas Salas[1]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna, Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n Col. Centro, C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México
*m.rfuribec@correo.itlalaguna.edu.mx, **lhamdanm@correo.itlalaguna.edu.mx
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica*

Resumen

Los sistemas de potencia presentan disturbios debido a la demanda, pérdida de carga o fallas en el sistema; a veces existen pequeños disturbios en los flujos de potencia causados por pequeñas perturbaciones, en algunos casos, éstas presentan oscilaciones de baja frecuencia las cuales pueden amortiguarse hasta desaparecer o incrementarse con el paso del tiempo. Este artículo aplica el método de Prony en un sistema de dos áreas propuesto por P. Kundur para encontrar los eigenvalores del sistema y determinar la inestabilidad del sistema.

***Palabras clave**: PMU's, Algoritmo de Prony, Modos de Oscilación, Eigenvalores.*

Abstract

The Power Systems presents disturbances due to demand, loss of loads or failures in the system, sometimes there are small disturbances in the power flows caused by small disturbances, in some cases, these small, these small disturbances have low frequency oscillations which can be damped up to disappear or increase with the passage of time. This article applies the Prony analysis in a two-area system proposed by P. Kundur to find the eigenvalues of the system and determine the instability of the system.

***Key words**: PMU's, Prony Analysis, Oscillation Modes, Eigenvalues.*

Introducción

Los sistemas eléctricos de potencia (SEP) no dejarán de crecer, los usuarios cada vez demandan más cantidad de energía y por ello son muy importantes las interconexiones de áreas en los SEP para aumentar la confiabilidad, la calidad y la economía.

Es muy común que los sistemas de potencia presenten disturbios debido a la demanda, pérdida de carga o fallas en el sistema; por ello es importante monitorear los flujos de potencia ante estos disturbios y realizar análisis preventivos y/o correctivos por problemas de estabilidad. Entre esos disturbios existen unos denominados de pequeña señal que se detectan en los flujos de potencia causados por pequeñas perturbaciones, en algunos casos, estas perturbaciones presentan oscilaciones de baja frecuencia las cuales pueden amortiguarse hasta desaparecer o incrementarse con el paso del tiempo (dependiendo de los instrumentos del sistema de potencia y su naturaleza), ocasionando un estado de inestabilidad de ángulo en el sistema (Graham 2000). Para un estudio de oscilaciones en pequeña señal de un sistema de potencia, se utilizan diversos métodos de estudios, como el análisis de flujos de carga, simulaciones dinámicas de estabilidad y técnicas de análisis modal.

Las técnicas de análisis modal determinan los modos característicos de oscilación del sistema de potencia mediante un modelo lineal del sistema, con este análisis se puede determinar a naturaleza de las oscilaciones y de esta manera poder evaluar la estabilidad de este.

El sistema de potencia está compuesto por elementos que tienen una característica no lineal, como son los generadores, sistemas de excitación, controles de velocidad y cargas. Para el análisis de un sistema de potencia puede utilizarse una representación lineal del mismo, tomando como principio que el sistema es lineal si se opera en un punto de equilibrio. Es decir, si el sistema de potencia es perturbado por un disturbio de pequeña señal, el nuevo estado de operación del sistema no difiere mucho del original (Kundur 1994). Lo anterior significa que los parámetros de las variables de estado del sistema no tendrán gran cambio que dificulte el análisis.

El análisis modal utiliza técnicas de eigenvalores para determinar la estabilidad por pequeños disturbios. El análisis modal, ampliamente conocido como análisis de valores propios o eigenvalores, es una técnica usada para el análisis del comportamiento oscilatorio de los sistemas de potencia, el cual tiene las siguientes ventajas:

- Los modos débilmente amortiguados e inestables son seleccionados y pueden analizarse en detalle, lo que permite identificar el patrón de oscilación.
- Se proporcionan índices para ubicar medidas amortiguadoras atenuantes tales como dispositivos estabilizadores de potencia.

El análisis modal es ideal para la investigación de problemas asociados con oscilaciones. La estabilidad de cada modo está claramente identificada y separada por los eigenvalores correspondientes. Lo eigenvalores de la matriz del sistema y de la señal de potencia, determinarán la estabilidad del sistema ante pequeños disturbios, se puede resumir el análisis de la siguiente manera:

a) Cuando los eigenvalores tienen parte real negativa, el sistema original es asintóticamente estable.
b) Cuando al menos uno de los eigenvalores tiene una parte real positiva, el sistema original es inestable.
c) Cuando los eigenvalores tienen parte real igual a cero no es posible concluir algo en concreto con base en la primera aproximación.

Un método muy utilizado para el análisis de pequeña señal es el Método de Prony y Multi-Prony.

Metodología

El método de Prony es ampliamente conocido para la estimación de información modal como frecuencia, amortiguamiento, fuerza y fase relativa (Hauer, Demeure, and Scharf 1990). El método de Prony es un análisis que extiende el análisis de Fourier y tiene la habilidad para extraer la información modal proveniente de programas de simulación de estabilidad transitoria y/o de pruebas o perturbaciones a sistemas de gran escala, por lo tanto, es bien conocido y sumamente usado en aplicaciones de sistemas de potencia para estudios de estabilidad por ingenieros de sistemas eléctricos (Hauer 1991).

Para estimar varios parámetros de una función, el método de Prony utiliza una aproximación de una función exponencial:

$$\hat{y}(t) = \sum_{i=1}^{n} A_i e^{\sigma_i t} \cos(\omega_i t + \phi_i) \tag{1}$$

a una medición observada por $y(t)$, donde $y(t)$ es un N número de muestras

$$y(t_k) = y(k), \qquad k = 0, 1, \ldots, N-1$$

los cuales están uniformemente espaciados por un intervalo de tiempo Δt. Ahora, ya que la señal medida puede contener ruido o una señal extra de CD, ésta debe considerarse o filtrarse antes de aplicar el método.

Se puede resumir el método de Prony como sigue:

1. Construir un modelo de predicción lineal discreta a partir de las muestras.
2. Encontrar las raíces del polinomio característico.
3. Usando las raíces como las frecuencias modales complejas de la señal, se determina la amplitud y la fase de los modos.

Estos pasos se realizan en dominio-z, y en el paso final, los eigenvalores se trasladan al dominio-s.

 ISSN 2007-8102

Como se explicó anteriormente, la ecuación (1) puede expresarse de forma exponencial de la forma:

$$\hat{y}(t) = \sum_{i=1}^{n} B_i e^{\lambda_i t} \tag{2}$$

$$\hat{y}(t) = \sum_{i=1}^{n} B_i z_i^k \tag{3}$$

donde,

$$z_i = e^{\lambda_i \Delta t} \tag{4}$$

Los eigenvalores del sistema (λ) pueden encontrarse en los modos discretos, mediante,

$$\lambda_i = \frac{\ln(z_i)}{\Delta t} \tag{5}$$

Los z_i son las raíces del polinomio de orden n,

$$z^n - (a_1 z^{n-1} + a_2 z^{n-2} + \cdots + a_0 z^0) \tag{6}$$

donde los coeficientes a_i se desconocen y deben ser calculados a partir del vector de muestra de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} y(n-1) & y(n-2) & \cdots & y(0) \\ y(n-0) & y(n-1) & \cdots & y(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y(N-2) & y(N-3) & \cdots & y(N-n-1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(n) \\ y(n+1) \\ \cdots \\ y(N-1) \end{bmatrix} \tag{7}$$

Cabe señalar que es un sistema con N número de ecuaciones y n incógnitas y, por lo tanto, debe usarse un método matemático de mínimos cuadrados para encontrar el mejor ajuste (L. Crow 2010).

Una vez calculado z_i por medio de las raíces de la ecuación (6), los eigenvalores λ_i pueden ser calculados por medio de la ecuación (5). El siguiente paso es encontrar B_i que produzca $\hat{y}(k) = y(k)$ para cualquier k, lo que conduce a la siguiente relación:

$$\begin{bmatrix} z_1^0 & z_2^0 & \cdots & z_n^0 \\ z_1^1 & z_2^1 & \cdots & z_2^0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_1^{N-1} & z_2^{N-1} & \cdots & z_n^{N-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ \cdots \\ y(N-1) \end{bmatrix} \tag{8}$$

La cual puede representarse como,

$$ZB = Y \tag{9}$$

Para realizar un análisis más detallado en pequeña señal, para analizar varias señales, un método convencional para encontrar el vector a de una variedad de señales de manera simultánea ha sido desarrollado en (Trudnowski, Johnson, and Hauer 1999).

Suponga que se tiene un número m de señales medidas, por ejemplo, por PMU's; ahora, cada serie de dato de la señal se toman en un mismo periodo de tiempo (Ordonez et al. 2017). Un análisis linear, mostrará la ecuación (3) de la siguiente forma:

$$\hat{y}_m(t) = \sum_{i=1}^{n} B_{mi} z_i^k \tag{10}$$

Para cada canal del PMU es posible formular una matriz D y un vector Y. Los cuales se pueden denominar como D_i y Y_i por cada *i*-ésimo canal de medición.

$$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{bmatrix} a = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_1 \\ \vdots \\ Y_m \end{bmatrix} \tag{11}$$

En este caso, por ejemplo, los m canales pueden ser de un simple PMU o de múltiples PMU, es decir, que puede tener múltiples canales para mediciones como: frecuencia, voltaje, potencia real o reactiva. Los datos no necesariamente deben ser del mismo tipo.

 ISSN 2007-8102

Un factor para considerar es el número señales, si el número de señales aumenta, la estimación de mínimos cuadrados tendrá que manejar una matriz de gran tamaño. El tamaño de la matriz será muy grande si se considera, además, un largo periodo de tiempo con señales recopiladas de varias ubicaciones (Fan 2017).

Resultados y discusión

Caso de estudio

El sistema de dos áreas mostrado en la Figura 1 está formado por cuatro generadores idénticos, 11 nodos, dos cargas y dos capacitores. Es un caso completamente hipotético y fue desarrollado con el objetivo de determinar cuáles son los factores que afectan la formación de un modo inter-área. Para lograr esto, el sistema fue desarrollado de tal manera que su estructura es simétrica y consiste en dos áreas idénticas e interconectadas a través de un enlace relativamente débil. Cada área cuenta con dos unidades generadoras que suministran la misma potencia de 900 MVA a 20 kV y, para asegurar un adecuado perfil de voltaje, se agregó un capacitor en cada área.

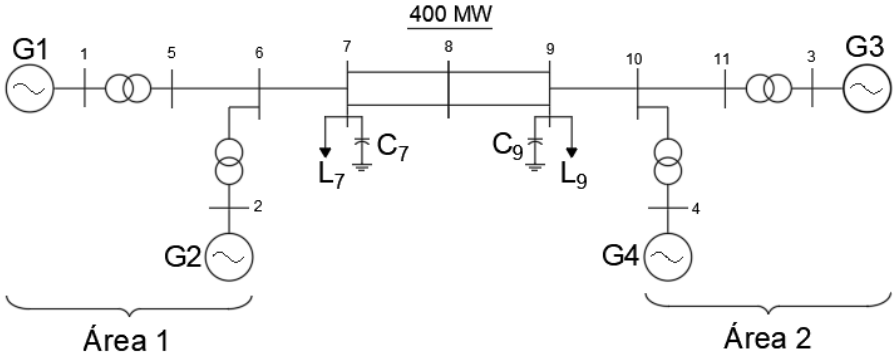


Figura 1. Sistema de dos áreas

Los modelos de los generadores se analizan de tal manera que se utilizan los parámetros fundamentales de los mismos para su posterior linealización por medio del programa PSS/E.

Con el objetivo de mejorar el comportamiento dinámico del sistema relacionado con el devanado de campo, se utilizó un excitador de corriente alterna modelo AC4A mostrado en la Figura 2 en cada uno de los generadores del sistema de dos áreas.

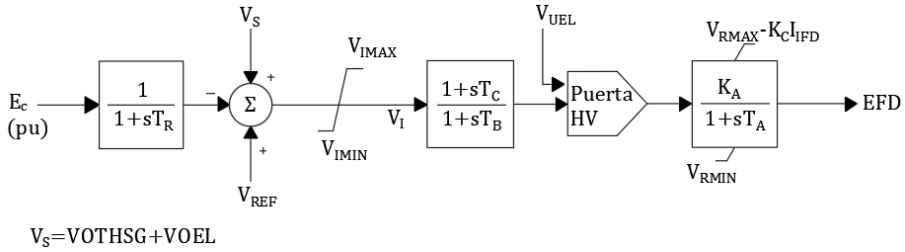


Figura 2. Modelo del excitador de corriente alterna

Este sistema de excitación es considerado como de alta respuesta inicial, para lo cual utiliza un puente de tiristores de onda completa a la salida de la excitatriz. En este sistema de excitación, el regulador de voltaje es el que controla el disparo de los puentes de tiristores. A su vez, el alternador de la excitatriz usa un regulador de voltaje independiente para controlar su salida de voltaje a un valor constante (IEEE Standards Board 1992).

Todos los parámetros de los generadores y de los excitadores, así como las líneas de transmisión y las cargas fueron modelados en el PSS/E y se realizó una corrida de flujos de potencia para obtener los resultados de la solución de flujos.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Resultado de la solución de flujos del sistema de dos áreas

Nodo	V (p.u.)	Ángulo (δ)	Generación		Cargas		Capacitores
			P_G (MW)	Q_G (MVAR)	P_C (MW)	Q_C (MVAR)	Q_{sh} (MVAR)
1	1.03	27.06	700	185.00	0.0	0.0	0.0
2	1.01	17.30	700	234.58	0.0	0.0	0.0
3	1.03	0	719.09	175.99	0.0	0.0	0.0
4	1.01	-10.19	700	202.04	0.0	0.0	0.0
5	1.00	20.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.97	10.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.96	2.11	0.0	0.0	967	100	200
8	0.94	-11.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.97	-25.35	0.0	0.0	1767	100	350
10	0.98	-16.93	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1.00	-6.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Resultados de la señal de potencia con varias perturbaciones.

El primer caso de estudio consistió en aplicar una falla trifásica en el bus 7. Como se observa en la Figura 3-(a), la señal de potencia en la línea es afectada debido a la falla trifásica, es por ello por lo que la potencia desciende abruptamente durante el tiempo que dura la perturbación. Al liberar la falla, la señal de potencia tiende a regresar a su estado inicial, pero se observa, que, al pasar un tiempo determinado, las oscilaciones de la señal de potencia comienzan a incrementarse en amplitud, lo que demuestra el comportamiento inestable del sistema.

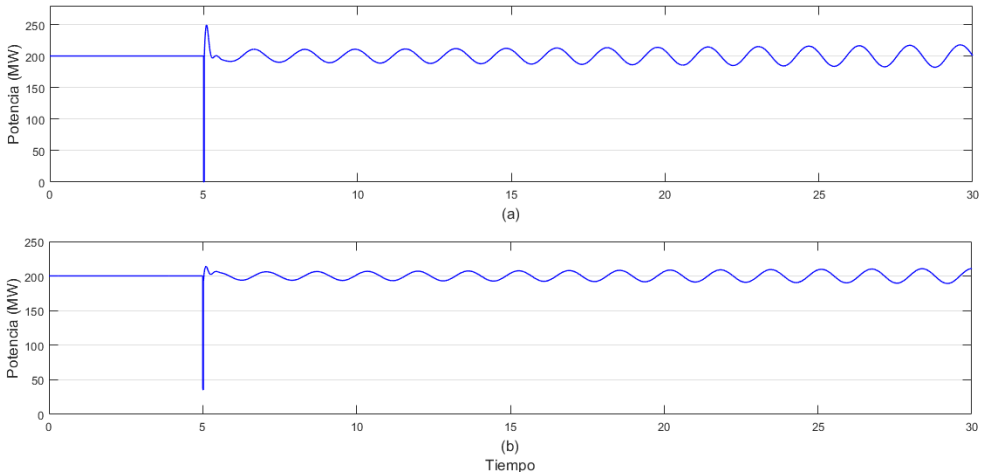


Figura 3. Flujo de potencia en línea de transmisión de enlace 7-8 durante falla en el nodo 7 (a) y nodo 8 (b)

El segundo caso de estudio consistió igual en una falla trifásica, Figura 3-(b), pero ahora en el bus 8. De igual manera que en la imagen anterior, la potencia real de este caso en la línea de enlace que une el bus 7 con el bus 8 decae súbitamente al segundo en que se simula la falla debido a que esta está en un nodo directamente relacionado con la medición de la potencia, posterior a la falla se observa un incremento en las oscilaciones que tienden a incrementarse respecto al tiempo.

 ISSN 2007-8102

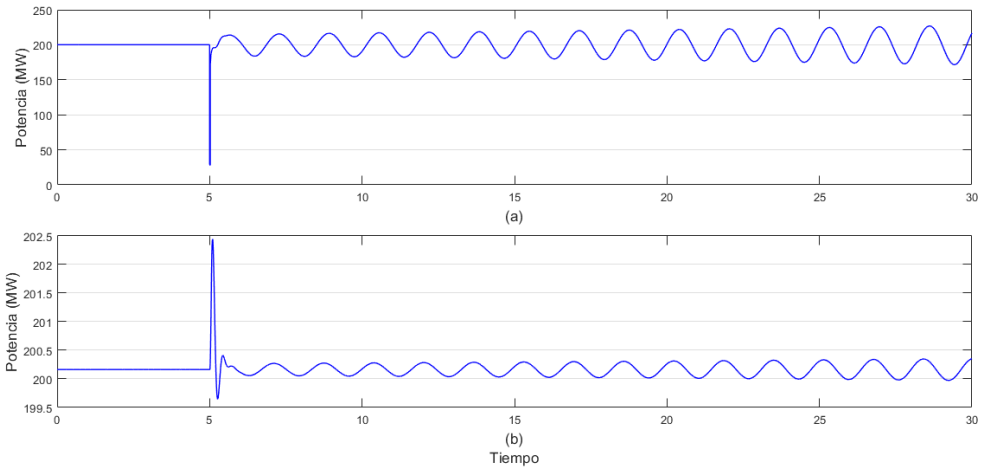


Figura 4. Flujo de potencia en línea de transmisión de enlace 7-8 durante falla en el nodo 9 (a) y cambio de voltaje de referencia de los excitadores (b)

El tercer caso de estudio consistió en una falla trifásica en el bus 9, Figura 4-(a). De igual manera que en las señales anteriores, el comportamiento de la potencia real en la línea de transmisión en el enlace presenta un comportamiento oscilatorio después de un tiempo determinado después de la falla.

El último caso de estudio consistió en un cambio de voltaje de referencia de los excitadores de corriente alterna al mismo tiempo. La Figura 4-(b) muestra un incremento en la potencia al inicio del cambio de referencia de los voltajes de los excitadores, de igual manera con los casos anteriores, la señal de potencia comienza a oscilar a mayor amplitud conforme avanza la simulación.

Resultados de modos de oscilación utilizando el algoritmo de Prony.

Para analizar las señales de potencia que se obtienen debido a las diversas perturbaciones en el sistema de potencia, se utiliza el algoritmo de Prony, por medio de una rutina en MATLAB. Esta rutina detecta la cantidad de señales que se desean analizar y crea una ventana de datos igual a N/3, ya que dicha ventana de datos es útil como predeterminada para obtener una mejor identificación modal. Por medio de cada señal se crea una matriz basado en (11) y de esta manera, usando (5) se pueden calcular los eigenvalores de cada señal.

Para la señal de potencia en el primer caso estudiado, se puede aplicar el análisis de Prony para obtener los eigenvalores de la señal completa, de esta manera se encuentra un par de eigenvalores positivos, el cual es $\mathbf{0.02 \pm 3.83i}$ el cual representa un modo de oscilación inter-área con una frecuencia de oscilación cercana a $0.6\ Hz$.

Realizando el mismo análisis para la señal de potencia en el segundo caso de estudio, obtendremos los eigenvalores totales por medio del método de Prony. Al igual que en el primer caso de estudio, se encuentran dos eigenvalores positivos que hacen que el sistema sea inestable cuando se produce una falla. Lo eigenvalores de la señal están asociados a un modo de oscilación que corresponde aproximadamente al modo de oscilación inter-área $\mathbf{0.02 \pm 3.83i}$.

El tercer caso de estudio es el análisis de la señal con una falla trifásica en el BUS 9, con la señal de potencia de esta falla se aplica el algoritmo de Prony y en este caso en particular, debido a que la lectura de flujos es en una línea cercana a donde se aplica la falla trifásica, el algoritmo de Prony encuentra el modo de oscilación inter-área como en los dos casos anteriores, pero de igual manera calcula un modo de oscilación extra el cual no está relacionado con una oscilación inter-área o que se haya encontrado como en los casos anteriores. Los modos calculados con el algoritmo son $\mathbf{0.02 \pm 3.83i}$ y $\mathbf{0.04 \pm 7.66i}$, el primero es parecido a los modos de oscilación calculados anteriormente, mientras que el segundo, aunque igual es un modo de oscilación que indica que el sistema se volverá inestable, se tendría que analizar de manera profunda para comprobar si es un modo inter-área.

 ISSN 2007-8102

Para el último caso de estudio con cambio de voltaje de referencia de los excitadores, se obtiene un par de eigenvalores asociados a un modo de oscilación que corresponde al modo de oscilación inter-área, éste par de eigenvalores positivos es $\mathbf{0.02 \pm 3.83i}$.

La Tabla 2 muestra un resumen de los eigenvalores calculados en los casos de estudio para su mejor interpretación, de esta manera podemos observar que los eigenvalores calculados mediante el algoritmo de Prony son muy cercanos.

Tabla 2. Eigenvalores calculados con el análisis de Prony

Caso de Estudio	Eigenvalor Obtenido
Falla en nodo 7	$0.02 \pm 3.83i$
Falla en nodo 8	$0.02 \pm 3.83i$
Falla en nodo 9	$0.02 \pm 3.83i$ y $0.04 \pm 7.66i$
Cambio de Voltaje de Referencia	$0.02 \pm 3.83i$

Como se mencionó anteriormente, de una falla se pueden tomar distintos tipos de mediciones y aplicar el algoritmo de Prony para analizar varias señales al mismo tiempo e identificar los modos de oscilación del sistema de dos áreas de Kundur. La Figura 5 muestra las señales de potencia real, potencia aparente y voltaje en p.u. de la línea de enlace 7-8, con la cual se utilizará el algoritmo de Multi-Prony para obtener los eigenvalores del sistema.

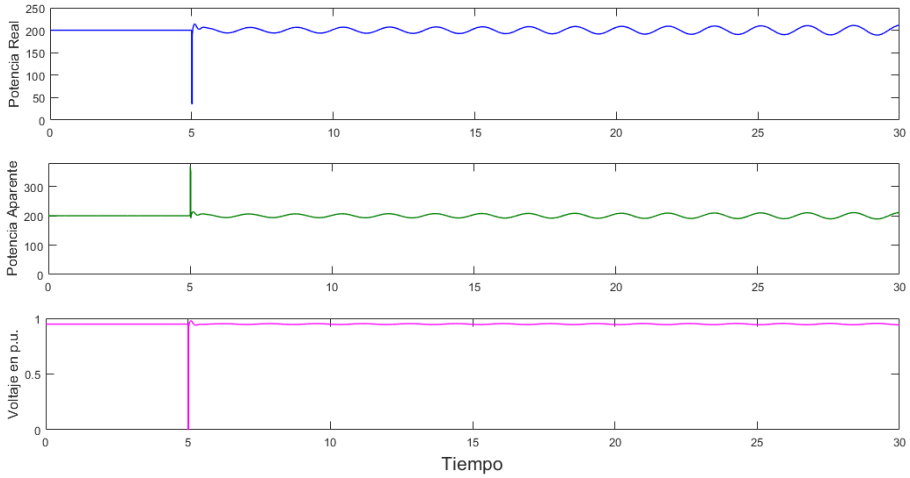


Figura 5. Flujo de potencia real, potencia aparente y voltaje en la línea de transmisión de enlace 7-8

La Tabla 3 muestra los resultados de aplicar el algoritmo de Multi-Prony a las señales mencionadas anteriormente y, remarcado, se muestra el eigenvalor común que se encontró en los casos anteriores, el cual es el eigenvalor que indica un modo de oscilación inter-área.

Tabla 3. Uso del Algoritmo de Multi-Prony con varias señales

Número	Eigenvalor
1,2	$0.06 \pm 3.81i$
3,4	$0.02 \pm 3.83i$
5,6	$0.05 \pm 7.66i$
7,8	$0.05 \pm 11.49i$

Trabajo a futuro

Dados los resultados, conclusiones y aportaciones de este trabajo se pueden complementar en futuros trabajos con:

- Rutinas con el método de Prony usando señales con ruido y filtros para mejorar la estimación del modo.
- Rutinas para realizar acciones que detecten y mejoren el amortiguamiento de los modos de oscilación que desestabilizan la señal.

- Integración de Método de Prony para realizar pruebas con señales reales de potencia del SEN.

Conclusiones

Es muy común que los sistemas de potencia presenten disturbios debido a la demanda, pérdida de carga o fallas en el sistema; por ello es importante monitorear los flujos de potencia ante estos disturbios y realizar análisis preventivos y/o correctivos por problemas de estabilidad. Existen disturbios pequeños en los flujos de potencia causados por pequeñas perturbaciones, en algunos casos, estas pequeñas perturbaciones presentan oscilaciones de baja frecuencia las cuales pueden amortiguarse hasta desaparecer o incrementarse con el paso del tiempo (dependiendo de los instrumentos del sistema de potencia y su naturaleza), ocasionando un estado de inestabilidad de ángulo en el sistema.

Un método viable para hacer un análisis de eigenvalores y calcular los modos de oscilación de una señal de potencia es el método de Prony. El método de Prony puede ser aplicado ya sea a una medición real o a los resultados de simulaciones en el tiempo de forma indistinta. Al aplicar el análisis de Prony es difícil definir un período de tiempo de aplicación ideal que pueda ser utilizado en cualquier sistema y ante cualquier condición. Debido a la naturaleza del análisis, el cual es por aproximaciones, se debe evitar en general los períodos de tiempo cercanos o que contengan el punto de la perturbación, ya que son altamente no lineales y producen errores en el método.

Para obtener los resultados se logró implementar el método de Prony para analizar las señales de potencia del sistema de dos áreas de Kundur, para el cual se realizaron 4 casos de estudios con perturbaciones diferentes con un tiempo de análisis de 30 segundos. En cada señal obtenida se observó que los modos inter-áreas tendían a oscilar a una frecuencia alrededor de $0.6\ Hz$ y que sus amplitudes incrementaban con el tiempo, demostrando un comportamiento inestable de la señal. Por medio del análisis de Prony, se obtuvieron los modos de oscilación de las señales, los cuales fueron aproximadamente $0.02 \pm 3.83i$

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por apoyarme en todo momento y cuidar de mi sin importar las distancias, a mi asesora de tesis, la M. C. Lamia Hamdan Medina por su paciencia, sus enseñanzas y consejos, a los catedráticos del Instituto Tecnológico de la Laguna por sus enseñanzas durante toda mi formación; a mis compañeros de maestría; agradezco de igual manera al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Secretaría de Energía y al propio Instituto Tecnológico de la Laguna.

Referencias

1. Fan, Lingling. 2017. “Data Fusion-Based Distributed Prony Analysis.” *Electric Power Systems Research* 143: 634–42. http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2016.10.052.
2. Graham, Rogers. 2000. *Power System Oscillations*. Springer.
3. Hauer, J. F. 1991. “Application of Prony Analysis to the Determination of Modal Content and Equivalent Models for Measured Power System Response.” *IEEE Transactions on Power Systems* 6(3): 1062–68.
4. Hauer, J. F., C. J. Demeure, and L. L. Scharf. 1990. “Initial Results in Prony Analysis of Power System Response Signals.” *IEEE Transactions on Power Systems* 5(1): 80–89.
5. IEEE Standards Board. 1992. 2005 IEEE Std 421.5-1992 *IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies*.
6. Kundur, Prabha; 1994. *Power System Stability and Control*. New York: McGraw-Hill.
7. L. Crow, Mariesa. 2010. *Computational Methods for Electric Power Systems*. CRC Press.
8. Ordonez, Camilo A. et al. 2017. “Prony-Based on-Line Oscillation Detection with Real PMU Information.” *2016 IEEE Colombian Conference on Robotics and Automation, CCRA 2016 - Conference Proceedings*.
9. Trudnowski, D. J., J. M. Johnson, and J. F. Hauer. 1999. “Making Prony Analysis More Accurate Using Multiple Signals.” *IEEE Transactions on Power Systems* 14(1): 226–31.

Prototipo interactivo y didáctico de una banda transportadora para una línea de envasado usando dispositivos programables

S. Olmos Hernández[1], M. A. García Martínez[1], V. H. Pérez Concha[1], E. H. Mayoral Arzaba[2] y J. A. Quintana Silva[1]*
[1]Departamento de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba Ver. México.
[2]Taller de Robótica Eboot, Oriente 7 No. 763, Centro, Orizaba Ver. México.
**gmmario55@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Electrónica*

Resumen

En el presente trabajo se reporta el diseño, ensamble y programación de un prototipo de banda transportadora para una línea de envasado, cuya función principal es mostrar el proceso de envasado de manera interactiva, a través del cual profesionales, estudiantes y profesores puedan desarrollar habilidades que les permitan adquirir competencias específicas en el área de automatización de procesos industriales, y además que sirva como introducción a la industria 4.0. Dicho proceso basa su operación en una unidad de procesamiento constituida por una tarjeta de desarrollo Arduino. Este dispositivo es utilizado ampliamente para la implementación de prototipos interactivos y durante los últimos años se ha incrementado su demanda en proyectos embebidos facilitando la integración de una diversidad de aplicaciones industriales. Cabe mencionar que Arduino cuenta con su editor de código, de fácil programación basado en el lenguaje C, el cual a través de sensores y actuadores lleva a cabo el proceso de automatización de envasado en la banda transportadora.

***Palabras clave**: Banda transportadora, Arduino.*

Abstract

In the present work, the design, assembly and programming of a conveyor belt prototype for a packaging line is reported, whose main function is to show the packaging process in an interactive way, and through which professionals, students and teachers can develop skills that allow them to acquire specific competences in the area of automation of industrial processes, and also to serve as an introduction to industry 4.0. This process bases its operation on a processing unit constituted by an Arduino development card. This device is widely used for the implementation of interactive prototypes and during the last years its demand has increased in embedded projects facilitating the integration of a diversity of industrial applications. It is worth mentioning that Arduino has its code editor, which is easy to program based on the C language, which, through sensors and actuators, carries out the process of packaging automation in the conveyor belt.

***Key words**: Conveyor belt, Arduino.*

Introducción

Dentro de la industria de transformación de materia prima en producto terminado, existen elementos dentro del proceso de automatización que son fundamentales para el óptimo funcionamiento de esta industria. Uno de los elementos más importantes dentro del proceso industrial que tiene que ver con el manejo y traslado de los materiales son las bandas transportadoras. Su funcionalidad en el proceso de automatización es relevante ya que reduce costos en cuanto a mano de obra y eficiencia de trabajo [Pirelly, 1992]. Estos sistemas de manejo de materiales industriales pueden clasificarse en tres tipos: sistemas manuales, mecanizados y automatizados [Langford, 2007], [Hiregourdar y Reddy, 2007]. Según Fonseca, Uppal y Greene (2004), las bandas transportadoras son definidas como: “Aparatos fijos y portables utilizados para transportar materiales entre dos puntos fijos a través de movimientos intermitentes o continuos”. Por su parte, Langford (2007), lo describe como: “Equipo de manejo de materiales, que permite mover el producto sobre una ruta fija”. El uso de los diferentes

 ISSN 2007-8102

tipos de bandas transportadores puede depender de las necesidades operacionales, capacidad de inversión, diseño y disponibilidad de tecnología de la empresa. La llamada cuarta revolución industrial y el desarrollo de nuevas tecnologías de la información, así como el internet de las cosas, demandan personal capacitado en dichas disciplinas. Combinar los procesos industriales con las tecnologías de la información ha llevado a un término dentro de la industria denominado *Industria 4.0* [grupogaratu, 2019].

Existen en el estado del arte diversas propuestas de diseño de bandas transportadoras. En [López, 2014] se presenta el diseño de una banda transportadora con motivos didácticos usando la herramienta Guide de Matlab, pero no se implementa físicamente. En [Martínez, 2018] se ha implementado una banda haciendo énfasis en las características mecánicas principalmente, sin considerar la automatización. En [Heras 2014] se describe la implementación de una banda de transporte utilizando la herramienta AutoCad con todas las especificaciones, pero quedando solo en la propuesta de construcción. Por su parte, Hernández [2011] propone una plataforma de software para el diseño y modelado de una banda transportadora. En [Avila y Pulido, 2015] se reporta la construcción y automatización de una banda con propósitos didácticos utilizando PLC´s. En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un prototipo interactivo y didáctico de una banda transportadora para una línea de envasado, que es controlada con un dispositivo programable de uso específico como lo es una tarjeta Arduino. Se describe el proceso de diseño y construcción usando la herramienta SolidWorks y se muestra la implementación del prototipo con todos sus componentes, lo que ha de permitir una comprensión más clara del proceso de diseño para quienes se acercan al tema de la Industria 4.0.

Metodología

Diseño con SolidWorks

El software utilizado para el diseño del prototipo fue SolidWorks, el cual es una aplicación de automatización de diseño mecánico que permite a los diseñadores implementar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, y producir modelos y dibujos detallados [SolidWorks, 2019]. Para la construcción del prototipo se seleccionó como material principal MDF con espesor de 3 milímetros, el cual su duración y resistencia es el material con un mayor rendimiento para el funcionamiento del prototipo de la banda transportadora y la tolva de vaciado. La figura 1 muestra el dibujo en 2D creado para que la máquina laser corte la banda transportadora y el dibujo correspondiente al prototipo final.

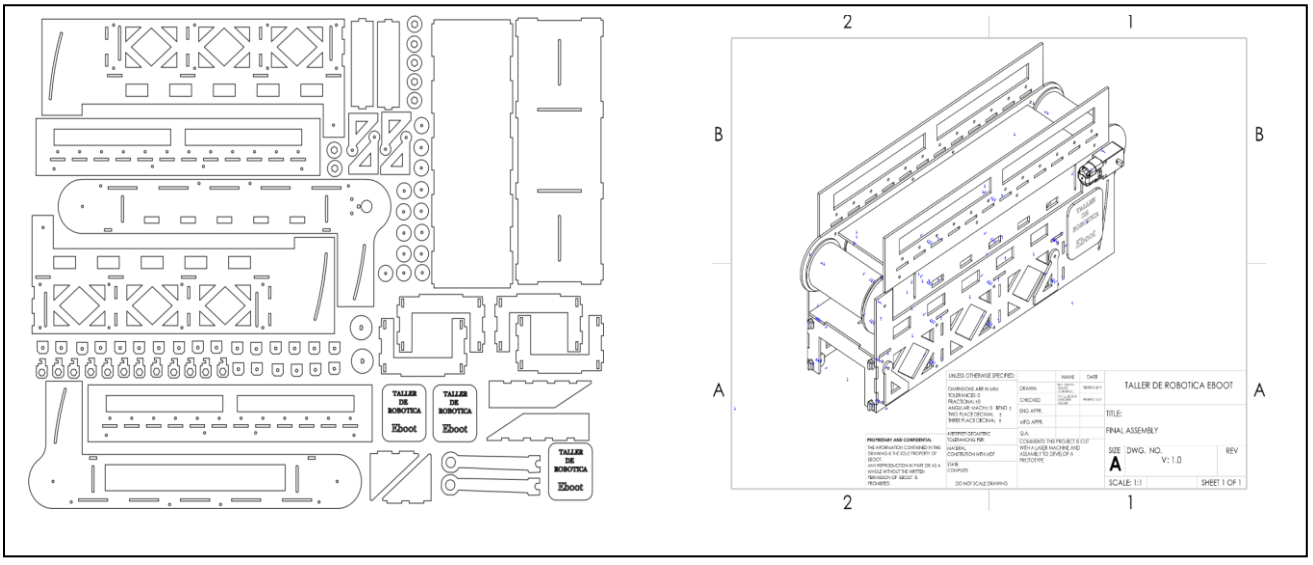


Figura 1. Dibujo en 2D para corte laser y ensamble de la banda transportadora

 ISSN 2007-8102

En la figura 2 se muestra el modelo 2D para la tolva de vaciado y su implementación.

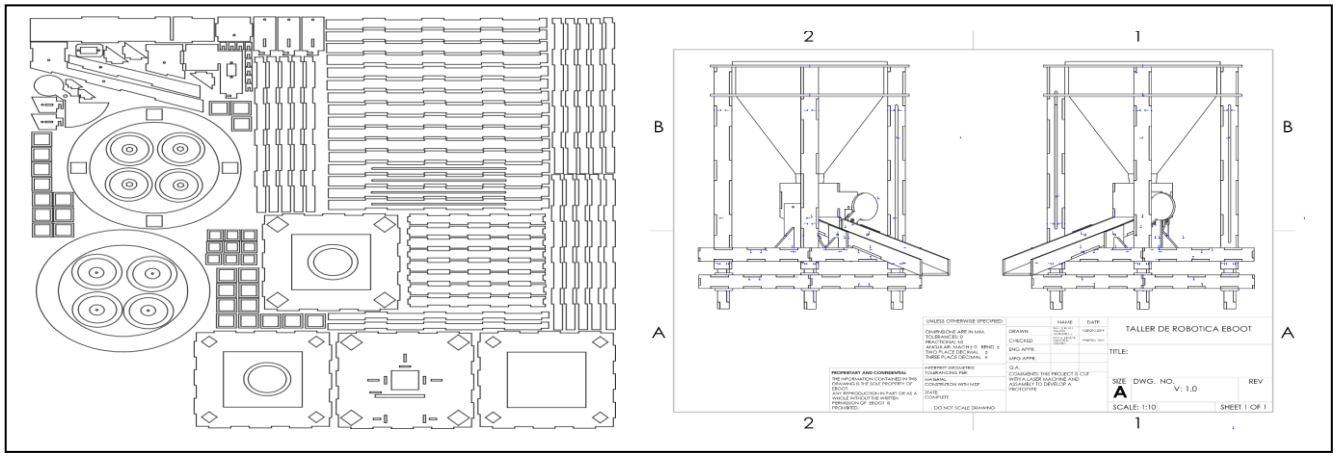


Figura 2. Dibujo en 2D para corte laser y ensamble de la tolva de vaciado

Sistema de control

Considerando el proceso de automatización, un dispositivo controlador capaz de procesar señales analógicas y digitales, utilizadas en sensores y actuadores dentro de un proceso industrial, puede ser la tarjeta Arduino. Esta basada en el ATmega328P, que es un microcontrolador CMOS de 8 bits de baja potencia y opera con una arquitectura RISC (del inglés *complex instruction set computer*) mejorada de AVR. Diseñado para ejecutar poderosas instrucciones en un solo ciclo de reloj, el ATmega328P alcanza rendimientos que se acercan al 1MIPS por MHz, permitiendo al diseñador del sistema optimizar el consumo de energía. Cuenta con 12 pines I/O Digitales y 8 pines I/O Analógicos además del procesamiento de señales con rango de operación a 5v [arduino, 2019]. El control de la banda está basado en una tarjeta Arduino y un grupo de sensores. Las características de la tarjeta se muestran en la figura 3.

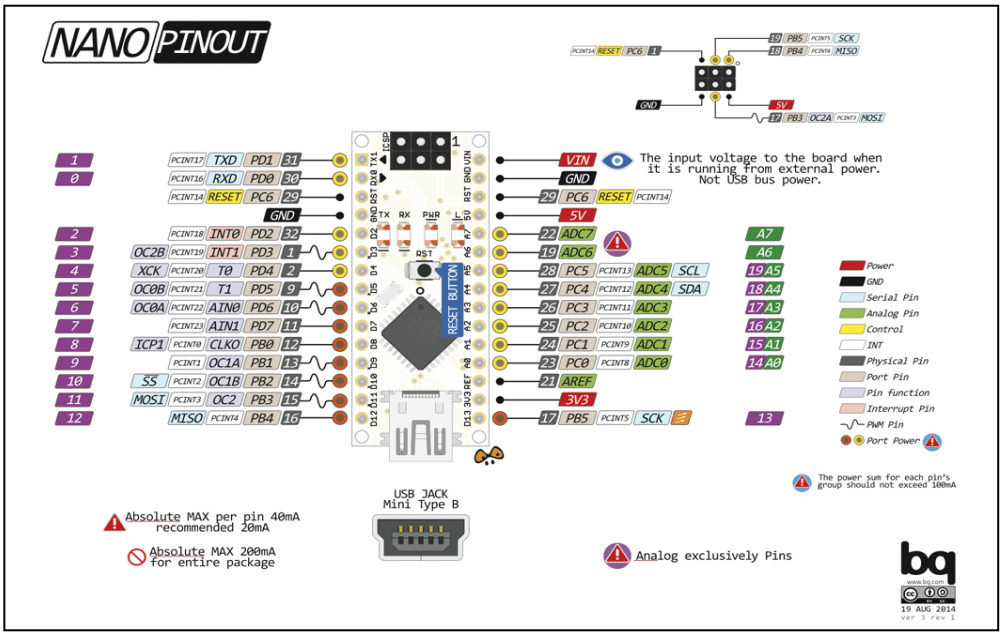


Figura 3. Especificaciones de la Tarjeta Arduino

 ISSN 2007-8102

Se utilizó un sensor óptico TCRT5000 y el TCRT5000L los cuales son sensores reflectivos que incluyen un emisor de infrarrojos y fototransistor en un paquete de plomo que bloquea la luz visible. Sus características se muestran en la figura 4. Además se usó un sensor ultrasónico HC-SR04 como se muestra en la figura 5.

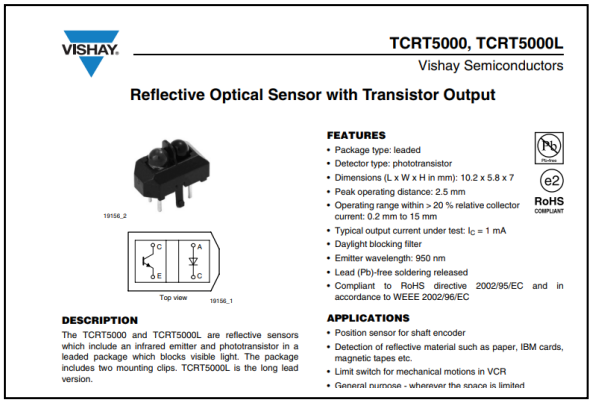


Figura 4. Características del sensor TCRT5000

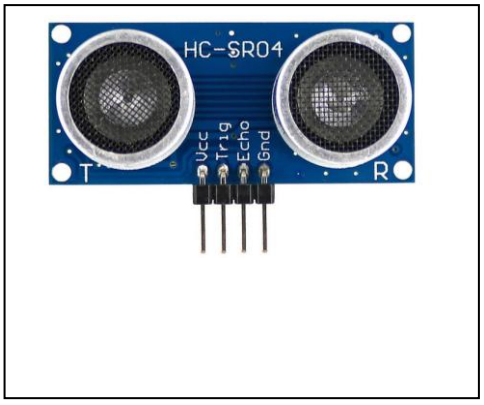


Figura 5. Sensor ultrasónico.

Se utilizó además un servomotor mostrado en la figura 6 y un motoreductor como el de la figura 7.



Figura 6. Servomotor SG90

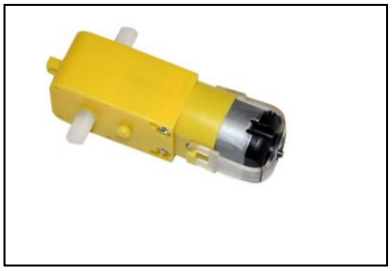


Figura 7. Motoreductor

El ensamble del sistema de control se muestra en la figura 8.

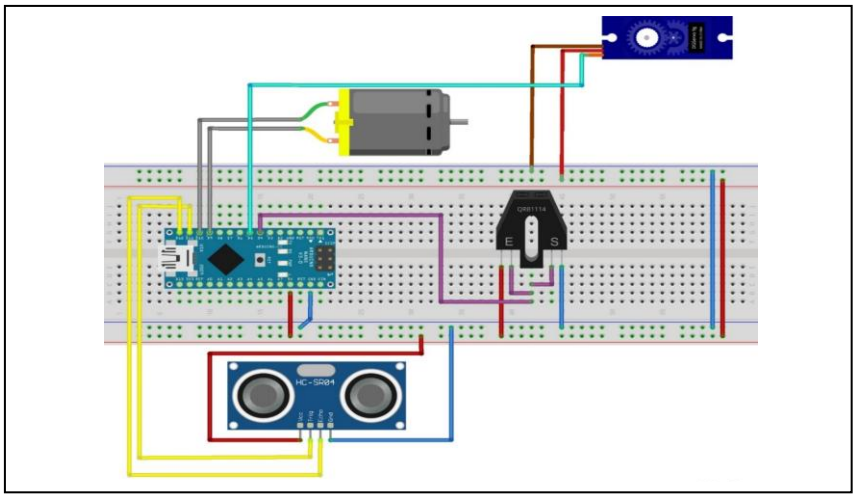


Figura 8. Ensamble del sistema de control.

 ISSN 2007-8102

Interfaz visual

La interfaz visual se desarrolló usando MatLab R2015a. En la figura 9 se muestra la interfaz.

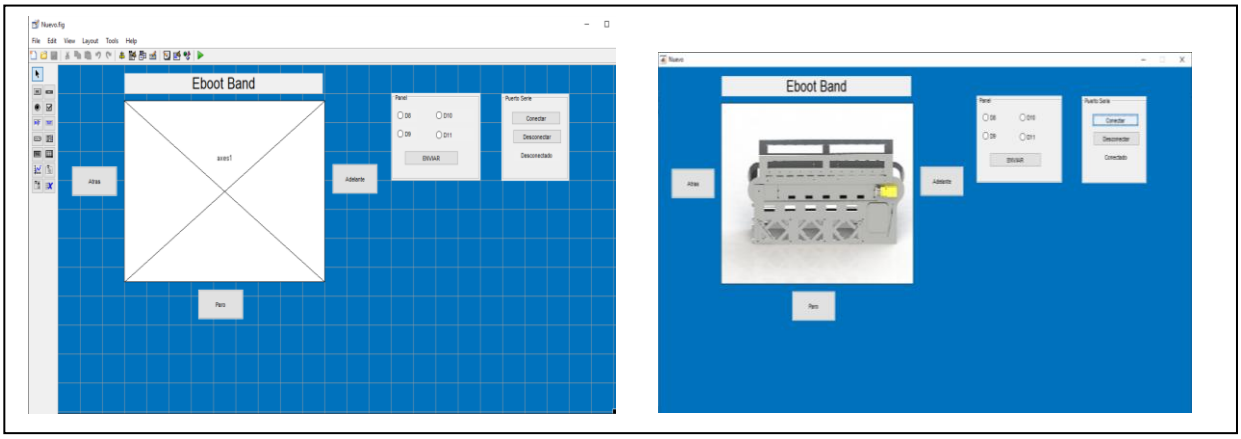


Figura 9. Interfaz visual del sistema de control

Resultados y discusión

La figura 10 muestra el ensamble final del prototipo de la banda transportadora y de la tolva de vaciado realizado en MDF con un espesor de 3mm.



Figura 10. Ensamble de la banda transportadora y de la tolva de vaciado

Proyecto terminado.

La figura 11 muestra la integración final del proyecto, la integración del sensor óptico, la tarjeta de desarrollo, el motor de la banda transportadora y por último el servo motor de la tolva de llenado. Con esto se realizaron las primeras pruebas de llenado obteniendo resultados satisfactorios.

 ISSN 2007-8102

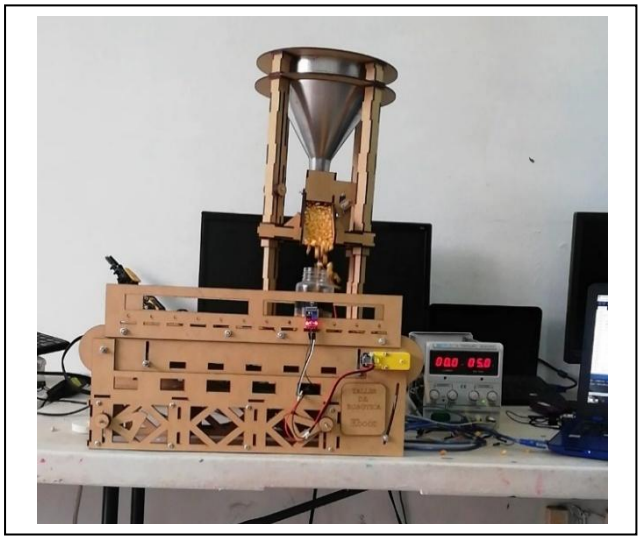


Figura 11. Integración final del proyecto.

Conclusiones

Se ha presentado el diseño, construcción y programación de un prototipo de una banda trasportadora para una línea de envasado con fines didácticos. Se ha mostrado la metodología y el uso de los recursos que actualmente se tienen a la mano en el estado del arte. Este proyecto tiene grandes alcances en el área educativa cuando se integran las herramientas tecnológicas de manera adecuada. Se desarrolló un plan de prácticas para ir conociendo cada uno de los elementos y poder interactuar por separado con cada uno ellos, ya sea la banda trasportadora o la tolva de llenado de semillas. El proyecto fue llevado a cabo desde su diseño hasta su ensamble en el tiempo planificado y de manera satisfactoria. En este proyecto se llevó a cabo la integración de 3 plataformas de software: SolidWorks, IDE Arduino y MatLab, los cuales permitieron un diseño funcional y eficiente de este prototipo didáctico. El material utilizado para su construcción es accesible en costo y de muy buena calidad proporcionando así un prototipo duradero y accesible a cualquier estudiante.

Referencias

1. Astals, F. (2009). Almacenaje, Manutención y transporte interno en la industria. Ediciones UPC: Catalunya, 109p.
2. Ávila, A. y Pulido, R. (2015). Diseño e implementación de un módulo didáctico con base en una banda transportadora, para la implementación de sensores de proximidad en el área de automatización. Tesis. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Colombia.
3. Fonseca,D., Uppal,G. Y Greene,T. (2004). A knowledge-based system for conveyor equipment selection. Expert Systemswith Applications, 56(4), pp 615-623.
4. Heras, A. (2014). Diseño de cinta transportadora y estructura auxiliar para planta de procesado de arcillas. Tesis. Universidad Jaime I, España.

5. Hiregourdar,C. y Reddy,R. (2007). Facility Planning and Layout Design. Technical Publications Pune: Peth, 28p.
6. Langford, J. (2007). Logistics: Principles and Applications. McGraw Hill: The United States, 344p.
7. López, M.J. (2013). Diseño de una banda transportadora usando GUIDE de MatLab. Tesis. Universidad Carlos III de Madrid, España, 2013.
8. Martínez, C. (2018). Diseño y desarrollo de una cinta para el transporte de áridos. Tesis. Universidad Jaime I, España, 2018.
9. Pirelly, W. (1992). Manual de fabricación de bandas y rodillos transportadores. Ed. Mac Graw Hill- Impreso en Madrid, España.
10. Sanz, P. (2011). Software para el diseño de una banda transportadora y creación del modelo de elementos finitos asociado. Tesis. Universidad Carlos III de Madrid. España.
11. https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf. Consultado en abril de 2019.
12. https://grupogaratu.com/que-es-y-que-aporta-la-industria-4-0/ . Consultado en mayo de 2019.
13. https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf. Consultado en enero de 2019.

Técnicas de modelación de la transferencia de calor unidimensional en un muro de mampostería

R. de J. Tejeda Vazquez[1], K. M. Aguilar Castro[1], E.V. Macias Melo[1], L. E. Ángeles Montero[1], I. Y. Pérez Olán[1]*
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Carretera Cunduacán - Jalpa de Méndez Km 1, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco
**r.tejeda17@outlook.com*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se presenta el estudio de transferencia de calor de un muro de mampostería, considerando flujo de calor unidimensional y fronteras de tercera clase en estado transitorio. Para la solución, se propusieron tres métodos de solución, dos soluciones analíticas y una numérica. El primer método analítico empleado fue el teorema de Duhamel y el segundo fue el método de circuitos térmicos, mientras que, el método numérico utilizado fue el método de diferencia finita. En el estudio se desarrollaron las soluciones de cada uno de los métodos planteados y los resultados se obtuvieron mediante un código en Matlab, el tiempo de simulación de cada método de solución fue de un periodo de 190 horas. Se obtuvo, para los tres métodos, los perfiles de comportamiento de la temperatura y los tiempos de cómputo. Los resultados mostraron que el teorema de Duhamel brinda la mayor información, sin embargo, también cuenta con el mayor tiempo de solución. Mientras que, el método de circuitos térmicos fue el que presentó el menor tiempo de solución, sin embargo, este también presenta la menor información en sus resultados. Estos resultados dan la pauta para la selección del modelo más adecuado de acuerdo a los requerimientos del usuario.

***Palabras clave**: Transferencia de calor, MDF, Teorema de Duhamel.*

Abstract

Heat transfer study of a masonry wall is presented, unidimensional heat flow and third-class borders in transitory state is considered. Three solution methods are presented, a couple analytical and one numerical solution were proposed. First analytical method used was Duhamel's theorem and the second one was the Thermal Circuit Method. Whereas, numerical method used was the Finite Difference Method. In this study solutions of each one of the proposed methods were developed and the results were obtained by mean of a code in Matlab, the simulation time of each solution method was of a period of 190 hours. Temperature profiles behavior and computation times were obtained for all solution methods. The results showed that Duhamel's theorem provides the most information, however, it has the longest solution time. While, thermal circuit method showed the shortest solution time. Nevertheless, it also presents least information in its results. These results provide useful guidance for the selection of the most appropriate model according to the user's requirements.

***Key words**: Heat Transfer, FDM, Duhamel's Theorem*

Introducción

El estudio de transferencia de calor en edificaciones ha tomado importancia debido al impacto ambiental que estos representan, los edificios representan un 40% del consumo energético a nivel mundial y 40% de las emisiones de CO_2 a nivel mundial [PNUMA, 2012] , lo cual se torna alarmante. Debido a esto, se busca diseñar edificios más eficientes, es decir, que cuenten con un rendimiento térmico mayor [Nardi y col., 2015], de esta manera se reduce el consumo de energía y las emisiones de CO_2 obteniendo edificios amigables con el ambiente. Las paredes del edificio representan una fuente significativa de calor, dado que a través de los muros ocurre la mayor transferencia de calor, la causa principal es que estos se encuentran en contacto con el flujo de masa de aire del ambiente exterior, lo que se denomina convección y/o en contacto con los rayos del sol, llamado radiación [Rossi y col., 2014]. Para lograr una mayor eficiencia energética es necesario representar el fenómeno de manera adecuada, por lo tanto, se realizan estudios que representan soluciones a múltiples sistemas, lo que permite el diseño correcto de edificaciones, estos métodos de solución determinan el flujo de calor involucrado, la temperatura y el tiempo en el que ocurre el fenómeno de transferencia de calor a través de un sistema [Cuce, 2018 y Li y col., 2016]. Los métodos de solución existentes aplicables a diferentes sistemas son: Método Analítico,

Numérico o Experimental, los métodos analíticos son útiles para representar soluciones de sistemas físicos en el cual la geometría esta descrita por un sistema de referencia, además de valores conocidos en las fronteras, en cambio, los métodos numéricos son empleados cuando la geometría del sistema es compleja, las condiciones de frontera dependen del tiempo y las propiedades del sistema son función de la temperatura. Por último, el método experimental, en este último es necesario tener control de las variables involucradas cuando se realizan las mediciones para delimitar una relación entre ellas, de esta manera se obtienen datos cercanos a la realidad.

Existen diferentes técnicas que representan la transferencia de calor en un sistema, sin embargo, estas técnicas de solución presentan una ligera diferencia entre sí, llamado incertidumbre. Al comparar los valores obtenidos en un método experimental con los métodos de solución analítica y numérica resultan ser aproximados, además de la variación en el tiempo de solución, puesto que denota una diferencia considerable, otra discrepancia que estos presentan, es la complejidad en el planteamiento para obtener una solución al sistema en estudio.

Por lo antes mencionado, en este trabajo se plantea el comparativo entre dos soluciones analíticas y una numérica, de la transferencia de calor unidimensional en estado transitorio de un muro de mampostería con condiciones de frontera de tercera clase, con la finalidad de comparar los tiempos computacionales y la diferencia que presenta cada técnica de solución. Para ello, se utilizó el software Matlab para el desarrollo del código computacional, a fin de identificar las ventajas y desventajas de las soluciones propuestas. Los métodos de solución utilizados son Método de Diferencia Finita (MDF) [Ozel, 2011], Teorema de Duhamel [Wen y Khonsari, 2007] y Circuitos térmicos [Lu y Memari, 2018].

Metodología de solución

MURO DE MAMPOSTERIA

Se considera una muestra de estudio de muro de mampostería, en este caso, hecho con ladrillo cocido de arcilla, la temperatura exterior (Tex) depende del tiempo, esta cuenta con un comportamiento sinusoidal mientras que la temperatura al interior (Tin) permanece constante. Las propiedades térmicas del muro son descritas en la **Tabla 1** [Arquitectura Bioclimática, 2014].

El muro de mampostería se considera un sistema con flujo de calor en una sola dirección, las condiciones de frontera son de tercera clase (Robin), es decir, condiciones de frontera diferentes de cero, debido al fenómeno de la convección. Además, se supone que los extremos superior e inferior del muro son adiabáticos, en este estudio no se considera la composición de los materiales con los que se construye el muro.

Tabla 1. Propiedades térmicas de muro

Propiedad	Magnitud
Espesor, L (cm)	10
Conductividad Térmica, λ (W/m^{o}C)	0.814
Calor especifico, C (J/Kg^{o}C)	921
Densidad, ρ (kg/m^{3})	1800

En la **Figura** 1, se muestra el muro de mampostería con flujo unidimensional en estado transitorio con fronteras de tercera clase, sin transferencia de calor en sus extremos superior e inferior, la temperatura ambiente interior ($T_{\infty W}$) permanece constante, la transferencia de calor se realiza del exterior al interior en estado transitorio debido a la diferencia de temperatura, la dirección del gradiente de temperatura ocasiona que el calor se desplace de un foco caliente a un foco frio, en este caso, el interior es más frio que el exterior. Se cuenta con el coeficiente convectivo del lado exterior o lado este, h_e, y el coeficiente convectivo interior o lado oeste, h_w , además de la difusividad térmica (α), el sistema representa condiciones normales. El flujo de calor se lleva a cabo en la dirección que indica la flecha. La ecuación que gobierna el sistema se representa con la Ecuación (1).

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} \quad 0 < x < L, \;\; t > 0 \qquad (1)$$

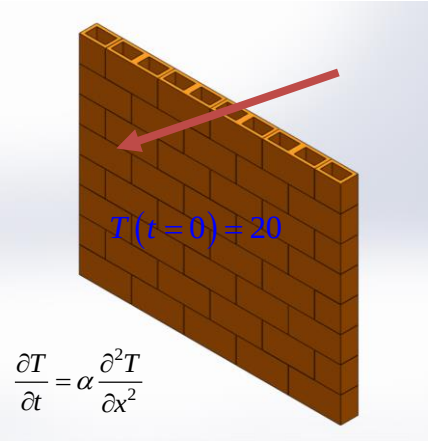
 ISSN 2007-8102

$$-\lambda\frac{\partial T}{\partial x}=h_w\left(T_{\infty w}-T\right)$$

$$T_{\infty w}=20$$

$$h_w=8.1\frac{W}{m^2\,°C}$$

$$H_W=\frac{h_w}{\lambda}$$



$$\lambda\frac{\partial T}{\partial x}=h_e\left(T_{\infty e}-T\right)$$

$$T_{\infty e}=f\left(t\right)$$

$$h_e=13\frac{W}{m^2\,°C}$$

$$H_E=\frac{h_e}{\lambda};\qquad f(t)=15\sin\left(\frac{2\pi t}{86400}\right)$$

Figura 1. Condiciones de frontera de muro de mampostería.

MÉTODOS DE SOLUCIÓN

La solución del caso de estudio de transferencia de calor en un muro de mampostería, se abordó aplicando tres métodos de solución, los cuales se describen a continuación.

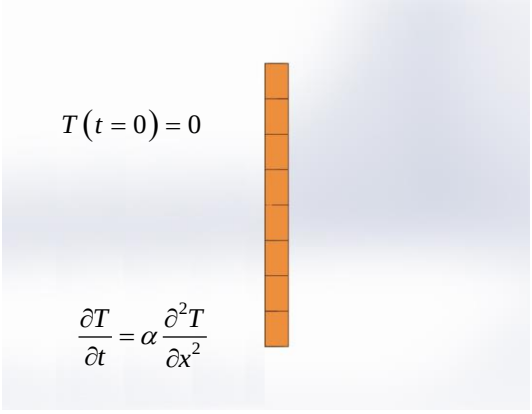
Solución 1. Teorema de Duhamel (Analítica)

El teorema de Duhamel proporciona un enfoque conveniente para desarrollar una solución para problemas de conducción de calor con condiciones de frontera dependientes del tiempo y/o generación de energía dependiente del tiempo utilizando la solución para el mismo problema, con las condiciones de frontera independientes del tiempo al relacionarla con la solución de un problema auxiliar y la superposición de la condición dependiente del tiempo.

Las condiciones presentadas en la **Figura 1**, se pueden representar como en la **Figura 2** en donde los términos que se presentaron se agrupan para proceder a la aplicación del teorema de Duhamel.

$$-\frac{\partial T}{\partial x}+H_W T_{\infty W}=0$$

$$T_{\infty W}=0$$



$$\frac{\partial T}{\partial x}+H_E T=H_E T_{\infty E}$$

$$T_{\infty E}=f\left(t\right)+20$$

Figura 2. Condiciones de frontera este (lado derecho) y oeste (lado izquierdo).

Se aplica el teorema de Duhamel, por lo tanto, se cambia la variable T por Φ en las condiciones de frontera:

$$-\frac{\partial \Phi}{\partial x}+H_W\Phi=0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t}=\alpha\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x}+H_E\Phi=H_E\Phi_{\infty E} \quad (4)$$

Las condiciones de frontera dadas en la Ecuación (2) y (4) del lado oeste y este respectivamente son modificadas de acuerdo al teorema de Duhamel para encontrar la solución en estado permanente.

 ISSN 2007-8102

$$-\frac{\partial \Phi_P}{\partial x} + H_W \Phi_P = 0 \quad (5) \qquad \frac{\partial \Phi_P}{\partial x} + H_E \Phi_P = 1 \quad (6)$$

La solución general en estado permanente es $T = cx + d$, la solución al problema auxiliar se obtiene al resolver la Ecuación (7), donde Φ_P representa la solución en estado permanente y Φ_{TH} representa la solución en estado transitorio con condiciones de frontera homogénea.

$$\Phi = \Phi_P + \Phi_{TH} \quad (7)$$

Solución a la Ecuación (5):

$\phi_P = cx + d$ para x=0

$-c + H_W(cx + d) = 0$

$-c + H_W d = 0$

$$c = \frac{H_W}{H_E H_W L + H_E + H_W}$$

Solución a la Ecuación (6):

$\phi_P = cx + d$ para x=L

$c + H_E(cx + d) = 1$

$(1 + H_E L)c + H_E d = 1$

$$d = \frac{1}{H_E H_W L + H_E + H_W}$$

La solución en estado transitorio ϕ_{TH} (Ecuación 9) se obtiene a partir de la ecuación gobernante (Ecuación 1) y las condiciones de frontera de la Ecuación (2) y (4) con ayuda de un problema auxiliar.

$$\frac{\partial \phi_{TH}}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 \phi_{TH}}{\partial x^2} \quad (8) \qquad \phi_{TH} = -cx - d \quad (9)$$

Las condiciones de frontera oeste y este respectivamente, se pueden expresar como:

$$-\frac{\partial \phi_{TH}}{\partial x} + H_W \phi_{TH} = 0 \quad (10) \quad \text{para x=0, t>0} \qquad \frac{\partial \phi_{TH}}{\partial x} + H_E \phi_{TH} = 0 \quad (11) \quad \text{para x=L, t>0}$$

La solución al problema auxiliar se obtiene mediante la Ecuación (12):

$$\phi_{TH} = \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\alpha \beta_m^2 t} X(\beta_m, x) \frac{1}{N(\beta_m)} \int_0^L (-cx - d) X(\beta_m, x)\, dx \quad (12)$$

donde:

$$\alpha = \frac{\lambda}{C\rho}$$

$$\tan \beta_m L = \frac{\beta_m (H_W + H_E)}{\beta_m{}^2 - H_W H_E} \quad (13)$$ Son eigen-valores de β_m (raíces positivas).

$$X(\beta_m, x) = \beta_m \cos[\beta_m x] + H_W \sin[\beta_m x] \quad (14)$$ es la función de valores propios.

$$\frac{1}{N(\beta_m)} = 2\left[\left(\beta_m^2 + H_W^2\right)\left(L + \frac{H_E}{\beta_m^2 + H_E^2}\right) + H_W\right]^{-1} \quad (15)$$ se conoce como la norma.

Se cambia t por $(t - \tau)$ en la Ecuación (12) de acuerdo al teorema de Duhamel, y se obtiene:

$$\Phi(x, t - \tau) = cx + d + F \quad (16)$$

Donde

$$F = \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\alpha \beta_m^2 t - \tau} \underbrace{\left(\beta_m \cos[\beta_m x] + H_W \sin[\beta_m x]\right)\left(2\left[\left(\beta_m^2 + H_W^2\right)\left(L + \frac{H_E}{\beta_m^2 + H_E^2}\right) + H_W\right]^{-1}\right)\frac{c H_W L \beta_m \cos[\beta_m L] - \sin[\beta_m L]\left(c H_W + \beta_m^2 (d + cL)\right)}{\beta_m^2}}_{Z} \quad (17)$$

La variable $(t - \tau)$ regresa al dominio del tiempo (t) al integrar con respecto de τ el producto de la Ecuación (17) y (18).

 ISSN 2007-8102

$$\Phi(x,t)=\int_0^t \Phi(x,t-\tau)\frac{df(\tau)}{d\tau}d\tau \qquad (18)$$ donde la derivada es:

$$\frac{df(\tau)}{d\tau}=\frac{d}{d\tau}\left(H_E A\sin[\omega t]\right)=\underbrace{\frac{2\pi H_E A}{86400}}_{Y}\cos[\omega t] \qquad (19)$$

$\omega=\dfrac{2\pi}{86400}$ es la frecuencia angular para un día.

Finalmente, la solución se obtiene con la ecuación $T=T_{\infty W}+\Phi(x,t)$ (Ecuación 20).

$$T=20+Y\left(\frac{d\sin[\omega t]}{\omega}+\frac{cx\sin[\omega t]}{\omega}+\sum_{m=1}^{\infty}\left(-\alpha\beta_m^2 e^{-\alpha\beta_m^2 t}+\alpha\beta_m^2\cos[\omega t]+\omega\sin[\omega t]\right)\frac{Z}{\alpha\beta_m^2+\omega^2}\right) \qquad (20)$$

Solución 2. Método de diferencia finita, MDF (Numérico)

Se plantea otra solución al sistema presentado en la **Figura 1**, el método de solución planteado es por diferencia finita, este es un método numérico el cual consiste en una aproximación de las derivadas parciales por expresiones algebraicas con los valores de la variable dependiente en un determinado número de puntos seleccionados. Para ello, se discretiza un medio en secciones a los que se les llama nodos, se encuentra una solución de los nodos alejados a partir de los nodos en la frontera cuyos valores son conocidos. Este método resulta muy útil cuando se aplica en superficies no uniformes.

La ecuación gobernante (Ecuación 1) es discretizada de acuerdo al MDF y se obtienen las Ecuaciones (21 –23).

$$\frac{T_i^{k+1}-T_i^k}{\Delta t}=\alpha\frac{T_{i+1}^{k+1}-2T_i^{k+1}+T_{i-1}^{k+1}}{\Delta x^2} \qquad (21)$$

$$T_i^{k+1}-T_i^k=\frac{\alpha\Delta t}{\Delta x^2}\left(T_{i+1}^{k+1}-2T_i^{k+1}+T_{i-1}^{k+1}\right) \qquad (22)$$ donde $R=\dfrac{\alpha\Delta t}{\Delta x^2}$

$$\underbrace{(1+2R)}_{a_i}T_i^{k+1}=\underbrace{R}_{b_i}T_{i+1}^{k+1}+\underbrace{R}_{c_i}T_{i-1}^{k+1}+\underbrace{T_i^k}_{d_i} \qquad (23)$$

De igual manera se discretizan las condiciones de frontera, como se muestra en la **Tabla 2**:

Tabla 2. Discretización de condiciones de frontera este y oeste.

Condiciones de Frontera

Oeste		Este	
$-\lambda\dfrac{\partial T}{\partial x}=h_w(T_{\infty w}-T)$	(24)	$\lambda\dfrac{\partial T}{\partial x}=h_E(T_{\infty E}-T)$	(28)
$-\lambda\dfrac{T_{i+1}^{k+1}-T_i^{k+1}}{\Delta x}=h_w\left(T_{\infty w}-T_i^{k+1}\right)$	(25)	$\lambda\dfrac{T_i^{k+1}-T_{i-1}^{k+1}}{\Delta x}=h_e\left(T_{\infty e}-T_i^{k+1}\right)$	(29)
$T_i^{k+1}-T_{i+1}^{k+1}=\dfrac{h_w\Delta x}{\lambda}\left(T_{\infty w}-T_i^{k+1}\right)$	(26)	$T_i^{k+1}-T_{i-1}^{k+1}=\dfrac{h_e\Delta x}{\lambda}\left(T_{\infty e}-T_i^{k+1}\right)$	(30)
$\underbrace{(1+H_W\Delta x)}_{a_i}T_i^{k+1}=\underbrace{1}_{b_i}T_{i+1}^{k+1}+\underbrace{H_W\,\Delta x T_{\infty w}}_{d_i}$	(27)	$\underbrace{(1+H_E\Delta x)}_{a_i}T_i^{k+1}=\underbrace{1}_{c_i}T_{i-1}^{k+1}+\underbrace{H_E\,\Delta x T_{\infty e}}_{d_i}$	(31)

La solución a las ecuaciones de discretización mediante ecuaciones algebraicas lineales se da mediante el algoritmo de Thomas o también llamado TDMA (*Tridiagonal Matrix Algorithm*), a partir de los coeficientes obtenidos en la discretización de condiciones de frontera, con lo cual, se construye la matriz tridiagonal que se soluciona.

Solución 3. Circuitos Térmicos (Analítica)

 ISSN 2007-8102

Un tercer método de solución al sistema presentado en la **Figura 1**, se realiza mediante el método de circuitos térmicos, este método de solución hace referencia a resistencias y capacitores al igual que en circuitos eléctricos. Sin embargo, en este caso se asignan estos conceptos a un modelo térmico, donde la corriente (I) se asemeja al flujo de calor (q), la resistencia térmica se asemeja a la resistencia eléctrica y el voltaje (V) se asemeja a una fuente de temperatura (E). La capacitancia térmica se asemeja al suponer que un material u objeto en contacto con una fuente de temperatura almacena energía hasta que este se encuentre fuera de contacto con la fuente y comience a liberar energía.

Tres resistencias dos capacitores (3R2C):

De manera análoga que en circuitos eléctricos, se plantea un circuito térmico con tres resistencias y dos capacitores al sistema presentado en la **Figura 1**, el muro se divide en tres secciones, la línea paralela izquierda representa el exterior, la derecha el interior y la parte central de las líneas representa el interior del muro, como se muestra en la **Figura 3.**

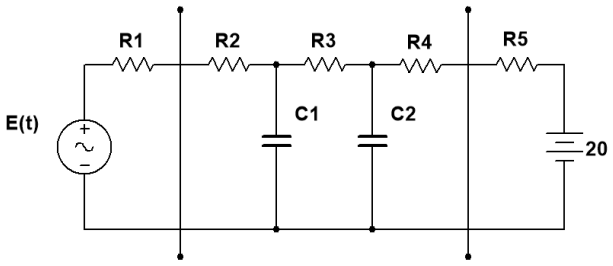


Figura 3. Diagrama muro de mampostería.

El diagrama presentado en la **Figura 3** se reduce a un circuito equivalente, donde:

$$R_1 = R1 + R2 = \frac{1}{h_W} + \frac{L}{3\lambda} \quad (32); \qquad R_2 = R3 = \frac{L}{3\lambda} \quad (33); \qquad R_3 = R4 + R5 = \frac{1}{h_E} + \frac{L}{3\lambda} \quad (34); \qquad C_1 = C_2 = \frac{L\rho C}{2} \quad (35)$$

Donde L es el espesor del muro, C el calor especifico del muro, ρ la densidad del muro y λ la conductividad térmica. El circuito se resuelve por método de mallas, como se muestra a continuación:

$$E(t) = R_1\, i_1(t) + \frac{1}{C_1}\int i_1(t)\,dt - \frac{1}{C_1}\int i_2(t)\,dt \qquad (36) \qquad E(t) = 15\sin\left(\frac{2\pi t}{86400}\right) \quad \text{donde}$$

$$0 = R_2\, i_2(t) + \frac{1}{C_1}\int i_2(t)\,dt + \frac{1}{C_2}\int i_2(t)\,dt - \frac{1}{C_1}\int i_1(t)\,dt - \frac{1}{C_2}\int i_3(t)\,dt \qquad (37)$$

$$0 = -\frac{1}{C_2}\int i_2(t)\,dt + R_3\, i_3(t) + \frac{1}{C_2}\int i_3(t)\,dt \qquad (38)$$

Se aplica Transformada de Laplace y se resuelve la matriz resultante, como se muestra en la Ecuación (39):

$$\begin{bmatrix} R_1 + \frac{1}{C_1 s} & -\frac{1}{C_1 s} & 0 \\ -\frac{1}{C_1 s} & \frac{1}{C_1 s} + R_2 + \frac{1}{C_2 S} & -\frac{1}{C_2 s} \\ 0 & -\frac{1}{C_2 S} & R_3 + \frac{1}{C_2 S} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \\ I_3(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E(s) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (39)$$

$$G(s) = \frac{I_3(s)}{E(s)} = \frac{1}{(C_1 C_2 R_1 R_2 R_3)s^2 + (C_1 R_1 (R_2 + R_3) + C_2 R_3 (R_1 + R_2))s + (R_1 + R_2 + R_3)} \qquad (40)$$

G(s) es la función de transferencia, en términos físicos representa el calor que cruza a través de la muestra, en este caso el muro de mampostería.

Metodología

En la **Figura 4** se presenta la metodología seguida para la solución del caso de estudio.

 ISSN 2007-8102

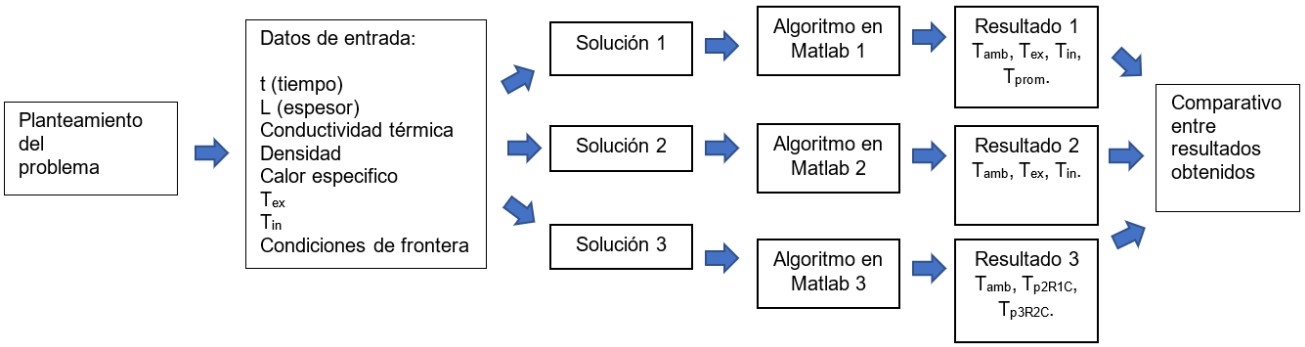
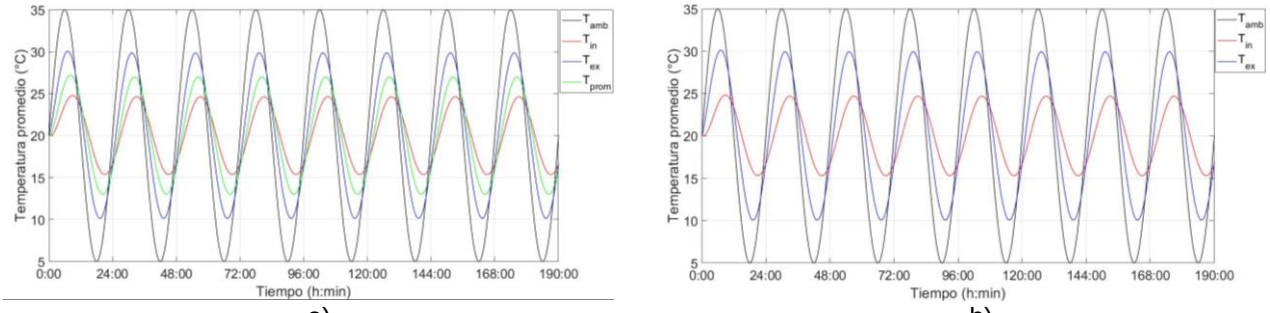


Figura 4. Metodología de solución.

Resultados y discusión

En la **Figura 5** se observa el comportamiento de la temperatura ambiente (T_{amb}), interior (T_{in}), exterior (T_{ex}) y promedio (T_{prom}) durante ocho días (190 horas) para los métodos de solución planteados, MDF, teorema de Duhamel y método de circuitos térmicos. Se pudo observar que presentaron un comportamiento similar de forma sinusoidal con diferencias poco significativas.
En la **Figura 5a** se muestra la solución mediante el teorema de Duhamel la cual resulta ser la de mayor demora con 41 s, debido al cálculo de raíces positivas (30) del problema auxiliar, en este caso se utilizó una subrutina en Matlab que alberga el método de Newton-raphson y método de bisección para cálculo de las mismas, sin embargo, el teorema de Duhamel presenta un análisis más completo comparado con los dos métodos restantes, con este se obtuvieron valores de temperatura exterior máxima de 30.06˚C, temperatura interior máxima de 24.77˚C y temperatura promedio de 27.19˚C, mientras que la solución mediante MDF (**Figura 5b**) solo permite el cálculo de la temperatura exterior e interior máxima, 30.12˚C y 24.81˚C, respectivamente. La diferencia entre los resultados que presenta los métodos de solución antes mencionados fue de ± 0.06. Por último, en la **Figura 5c** se muestra el comportamiento de la temperatura obtenida mediante el método de circuitos térmicos, se muestra el comportamiento de la temperatura promedio para el circuito equivalente 3R2C, el cual presenta una temperatura máxima promedio (T_{p3R2C}) de 26.88˚C , además se agrega el comportamiento de la temperatura promedio para un circuito equivalente con dos resistencias y un capacitor (T_{p2R1C}) este no se detalla en este documento, sin embargo, resulta útil para comparar las magnitudes con el 3R2C.

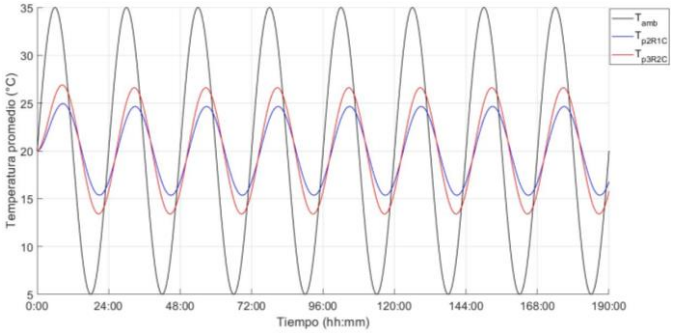
Por otra parte, en la **Tabla 3** se presenta un resumen comparativo de los valores de temperatura y tiempos de computo de cada método de solución, el método de circuitos térmicos presenta la mayor diferencia en magnitud comparado con los dos restantes y este presenta el menor tiempo de computo.



a) b)

Figura 5. Comportamiento de las temperaturas, a) teorema de Duhamel, b) MDF y c) Circuitos Térmicos.

 ISSN 2007-8102



c)

Figura 5. Continuación; c) Circuitos Térmicos.

Tabla 3. Comparativo de resultados.

Método de Solución	t (s)	T_{ex} (°C)		T_{in} (°C)		T_{prom} (°C)		T_{p3R2C} (°C)		T_{p2R1C} (°C)	
		Máx.	Mín.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
1. Teorema de Duhamel	41.60	30.06	10.15	24.77	15.37	27.19	13.01	-	-	-	-
2. MDF	3.50	30.12	10.07	24.81	15.31	-	-	-	-	-	-
3. Circuito térmico	2.75	-	-	-	-	-	-	26.88	13.41	24.93	15.36

Conclusión

En este trabajo se realizó un comparativo entre dos soluciones analíticas y una numérica a un sistema mediante un código computacional realizado en MATLAB, se planteó una solución por Método de Diferencia Finita (MDF), Teorema de Duhamel y método de Circuitos Térmicos a un muro de mampostería con flujo de calor unidimensional en estado transitorio con la finalidad de comparar los tiempos computacionales y la diferencia que presenta cada técnica de solución. Los resultados del estudio mostraron que el teorema de Duhamel brinda la mayor información, sin embargo, también cuenta con la mayor demora. El MDF es un método numérico útil para el cálculo de superficies no uniformes con un reducido tiempo de solución, en este caso la magnitud de los resultados es similar al teorema de Duhamel, por otro lado, el método de circuitos térmicos cuenta con el menor tiempo de solución, sin embargo, este también presenta la menor información en sus resultados. Con este comparativo se brinda un enfoque para obtener la solución a un sistema en particular de acuerdo a la información necesaria y al tiempo que se requiera.

Referencias

1. Cuce, E. (2018). Accurate and reliable U-value assessment of argon-filled double glazed windows: A numerical and experimental investigation. *Energy and Buildings* ***(171)*** 100–106.
2. Li, A.; Xu, X.; Xie, J. and Sun, Y. (2016). Development of a simplified heat transfer model of hollow blocks by using finite element method in frequency domain. *Energy and Buildings* ***(111)*** 76–86.
3. Lu, X. and Memari, A-M. (2018). Comparative study of Hot Box Test Method using laboratory evaluation of thermal properties of a given building envelope system type. *Energy and Buildings* ***(178)*** 130–139.
4. Nardi, I.; Paoletti, D.; Ambrosini, D.; De Rubeis, T.; and Sfarra, S. (2015). Validation of quantitative IR thermography for estimating the U-value by a hot box apparatus. *J. of Physics: Conference Series*, ***655***(1).
5. Ozel, M. (2011). Effect of wall orientation on the optimum insulation thickness by using a dynamic method. *Applied Energy*, ***(88)*** 2429–2435.
6. PNUMA. (2012). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Report*, 1–5.
7. Rossi, F.; Pisello, A-L.; Nicolini, A.; Filipponi, M. and Palombo, M. (2014). Analysis of retro-reflective surfaces for urban heat island mitigation: A new analytical model. *Applied Energy*, ***(114)*** 621–631.
8. Wen, J. and Khonsari, M-M. (2007). Analytical Formulation for the Temperature Profile by Duhamel's Theorem in Bodies Subjected to an Oscillatory Heat Source. *Journal of Heat Transfer* ***(129)***, 236.
9. Arquitectura Bioclimatica (2014). Características térmicas de los materiales.

Implementación de módulo didáctico para el estudio del funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos

V. R. Montano Gutiérrez[1], M. Valerio Canales[1], M.O. Cortés Morales[1], G. Valerio Canales[2], J.C. Molina Zenteno[2]*

[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calzada Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando hogar, C.P. 91860 Veracruz, Ver., México

[2]Departamento de Ingeniería Metal Mecánica, Instituto Tecnológico de Veracruz, 2779, Veracruz, Ver., México.

**victormontano093@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

En este documento se presenta el diseño, implementación y operación de un módulo didáctico desarrollado con la finalidad de obtener una adecuada capacitación en el aprendizaje de los Sistemas Solares Fotovoltaicos. Al verificar el desempeño del equipo, se observaron sus capacidades tales como: potencia de suministro, medición de parámetros eléctricos utilizando puntos de prueba distribuidos en el panel de monitoreo, posibilidad de expansión de capacidad mediante la interconexión con módulos de características similares.

Al poner el sistema a disposición de la comunidad académica de la institución, se mejoró el proceso de enseñanza aprendizaje, facilitando la labor del docente e incrementando la motivación del estudiante a adquirir conocimientos en este tema. Basándose en la idea de pasar de trabajar con celdas solares de aplicaciones de laboratorio a un sistema fotovoltaico de aplicaciones prácticas en el suministro de energía eléctrica, y de los sistemas de simulación a uno real.

***Palabras claves:** Energía renovable, sistema fotovoltaico, módulo didáctico.*

Abstract

This document presents the design, implementation and operation of a didactic module developed with the purpose of obtaining an adequate training in the learning of the Solar Photovoltaic Systems. When verifying the performance of the equipment, its capacities were observed such as: supply power, measurement of electrical parameters using test points distributed in the monitoring panel, possibility of capacity expansion through interconnection with modules of similar characteristics.

By making the system available to the academic community of the institution, the learning teaching process was improved, facilitating the work of the teacher and increasing the motivation of the student to acquire knowledge on this subject. Based on the idea of going from working with solar cells of laboratory applications to a photovoltaic system of practical applications in the supply of electrical energy, and from simulation systems to a real one.

***Key words**: Renewable energy, photovoltaic system, didactic module.*

Introducción

El aprovechamiento de las energías renovables como alternativa a los combustibles de origen fósil, supone una esperanza de mejora de la deteriorada atmósfera y el surgimiento de un conjunto de nuevos servicios profesionales. Por ello, es importante la capacitación en este tema debido a la tendencia en el incremento de la utilización de las energías renovables, en especial la obtenida por medio de paneles fotovoltaicos [Alvarado, M., E.; Cruz, G., 2016].

 ISSN 2007-8102

Los sistemas fotovoltaicos autónomos son sistemas que no se encuentran conectados a la red eléctrica, por lo tanto, se requiere de un subsistema que se encargue de almacenar la energía captada por los paneles para suministrarla al inversor y obtener corriente alterna para las cargas que se requiere satisfacer, por medio del módulo autónomo. El sistema está conformado por paneles solares, un controlador de voltaje (regulador), un banco de baterías y un inversor, como se puede observar en la Figura 1 [Perales, T., 2006].

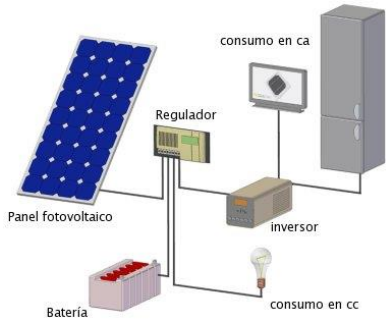


Figura 1. Componentes de un sistema autónomo

El módulo presenta todos los elementos necesarios para realizar la conexión segura de un sistema solar fotovoltaico autónomo (SSFA), teniendo el manual de prácticas como apoyo teórico al momento de realizar las conexiones paso a paso. El desarrollo de este prototipo tiene como beneficios la capacitación práctica de los alumnos con los fundamentos teóricos y representa una herramienta didáctica para el docente, lo cual le permitirá facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de manera segura. Al ser un sistema desarrollado con base en las necesidades de las materias que se imparten, se abarca el contenido necesario para comprobar los temas observados en clase. Por la parte económica, al contar con la lista de materiales necesarios y conocer las características de este módulo, se tendrá una ventaja al momento de realizar el mantenimiento preventivo y/o correctivo. Por otra parte, se cuenta con la información necesaria para realizar la reproducción del módulo, en caso de ser necesario y cubrir una mayor demanda de alumnos.

Metodología

El SSFA fue implementado con algunos componentes que ya contaba el ITVER, por lo cual el diseño del prototipo está basado en las características de los paneles solares. Las baterías fueron obtenidas basándose en la magnitud del voltaje que se obtiene de los paneles. Los inversores adquiridos cuentan con el doble de la potencia que deben soportar por cada panel, pero en comparación costo beneficio se optó por el modelo de 250 W que podía soportar dos paneles interconectados, ya que cada panel ofrece 120 W. Los componentes del sistema se distribuyen en distintos grupos, como se puede observar en el diagrama a bloques de la Figura 2.

 ISSN 2007-8102

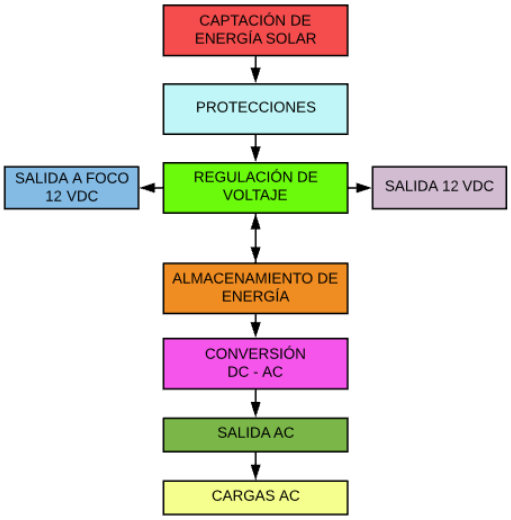


Figura 2. Componentes del sistema

A continuación, se da una descripción de etapas:

Captación de energía solar

Los paneles solares de la marca Yingli Solar (YL120Wp) que conforman esta etapa, son los encargados de captar y convertir la energía solar en energía eléctrica para suministro del sistema fotovoltaico con una potencia de 120 W (Pm), un voltaje máximo de 17.5 V (Vpm) y una corriente de corto circuito de 6.9 A (Isc), para abastecer de energía al banco de baterías.

Protecciones

Esta etapa la conforma los interruptores termomagnéticos de la marca ABB, dispuestos para aislar por etapas todo el sistema y controlar por medio de encendido y apagado, el flujo de la corriente, evitando de esta manera algún error por mala conexión. La corriente máxima que soportan es de 10 A para el caso de los ITM 1-4 y 20 A para los ITM 5-8.

Regulación de voltaje

El controlador de voltaje conforma este bloque, se encarga de permitir el suministro de energía al banco de baterías y regular el voltaje que se obtiene de los paneles en la etapa de captación de energía solar, uno de los controladores de la marca Morningstar (SS-20L) soporta 20 A y 12V a la entrada y el otro de la marca EP Solar (LS1024B) soporta 10 A y 12/24 V.

Salida a foco de 12 VDC

En esta etapa se encuentra el socket del foco de 12 VDC, aquí se puede comprobar el funcionamiento de la salida de 12 VDC del regulador conectado al foco y encendiendo.

Salida de 12 VDC

Las terminales del regulador que corresponde a la salida de 12 VDC están comprendidas en esta etapa. En estas se puede conectar cualquier carga que sea de DC a 12 v.

Almacenamiento de energía

El banco de baterías está conformado por baterías de la marca PowerPSsonic (PS-1290) de 12 V a 9 AH conforma la etapa de almacenamiento. Es la encargada de almacenar la energía del sistema y suministrarla al regulador de voltaje para su encendido y al inversor.

 ISSN 2007-8102

Conversión DC a AC

El inversor se encuentra en esta etapa y se encarga de convertir la tensión en corriente directa que suministra el banco de baterías a la entrada del inversor de la marca Samplex (SAM-450-12) de 12 VDC, a tensión de corriente alterna en su salida de 115 VAC, de onda sinusoidal modificada.

Salida AC

Esta etapa es una toma de corriente AC para suministro de distintos dispositivos eléctricos que pueden ser conectados con su clavija directamente al enchufe del sistema.

Cargas AC

Para comprender algunos principios de eficiencia energética, este módulo tiene seis sockets para focos los cuales conforman esta etapa. Se pueden realizar comparaciones de distintas tecnologías de focos para casa habitación, controlando el encendido de las cargas directamente desde los switches que tiene cada socket.

El módulo 1 cuenta con un controlador de 20 A y otro de 10 A. Este módulo tiene esta característica porque puede ser utilizado de manera individual con el controlador de 10 A y para realizar la interconexión de dos paneles solares, por esta razón cuenta con el controlador de 20 A que soporta la corriente de los dos paneles interconectados. Por el contrario, el módulo 2 solo tiene un controlador de 10 A ya que este módulo solo funciona para un SSFA de un panel.

Para comprender las conexiones eléctricas del módulo, es necesario conocer los símbolos de los componentes del sistema dentro del diagrama eléctrico del módulo, como se puede observar en la Figura 3.

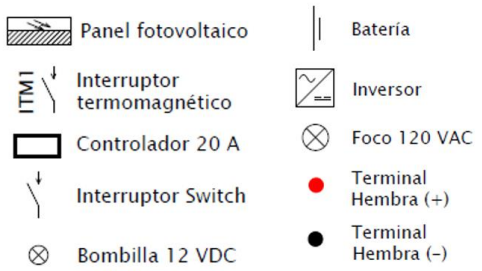


Figura 3. Descripción de componentes de módulo 1 y 2

En la Figura 4 se muestra el diagrama eléctrico del módulo 1 con todos sus componentes.

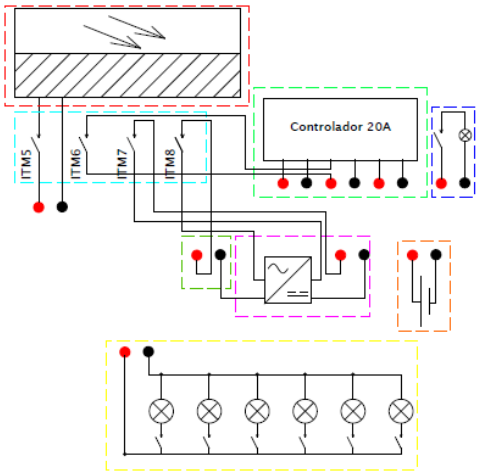


Figura 4. Diagrama eléctrico módulo 1

 ISSN 2007-8102

Implementación

Se elaboró un diseño en 3D para la aprobación de la construcción del módulo, como se puede observar en la Figura 5 del lado izquierdo. Este modelo se realizó en el software SolidWorks que es un software CAD para modelado mecánico en 2D y 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., para el sistema operativo Microsoft Windows. Una vez obtenido el material para la construcción de la estructura, se procedió con la soldadura del mismo.

Para la construcción de este módulo se adaptó una estructura pequeña que permitió conocer el ángulo de inclinación del panel solar para capturar parámetros a distintos ángulos, como se puede observar en el módulo físico en la Figura 5 del lado derecho. Para esto es necesario contar con la aplicación móvil que permite saber el ángulo de inclinación por medio del giroscopio del celular. En este proyecto se utilizó la aplicación “Clinometer-bubble level” que se encuentra en la app store de android en su versión gratuita.



Figura 5. Módulo didáctico, lado izquierdo diseño en 3D, lado derecho módulo físico

La última parte de la construcción del módulo involucró el montaje del SSFA. Para esto fue necesario hacer un panel de control tomando como base una placa de acrílico de color blanco. Por la parte de atrás se realizó el cableado del sistema y en la parte frontal, la correspondiente a los componentes y sus tomas de salidas con detalles plásticos para evitar cortocircuitos en los contactos.

Resultados y discusión

El ángulo de inclinación óptimo se encuentra en la tabla obtenida de Portal NASA Surface meteorology and Solar Energy agregando los datos de “Latitud y Longitud”, como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos de ángulos de inclinación y hora solar pico anuales

Promedio mensual de radiación incidente en una superficie inclinada puntiaguda del ecuador (kWh / m^2 / día)													
Latitud 19.2 Longitud -96.161	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Radiación a 0°	3.62	4.19	4.80	5.25	5.43	5.04	5.24	4.95	4.40	4.25	3.92	3.43	4.55
Ángulo óptimo	41.0	32.0	19.0	6.0	0.0	9.0	8.0	1.0	13.0	27.0	40.0	42.0	19.7

 ISSN 2007-8102

De los datos capturados, se encuentran los valores de voltaje y corriente con respecto al ángulo de inclinación del panel; de esta manera, se puede comprobar el ángulo de mayor aprovechamiento del recurso solar. Los valores de voltaje se pueden observar en la Figura 7, en función de los siguientes datos: Día soleado, Hora 12:00 pm.

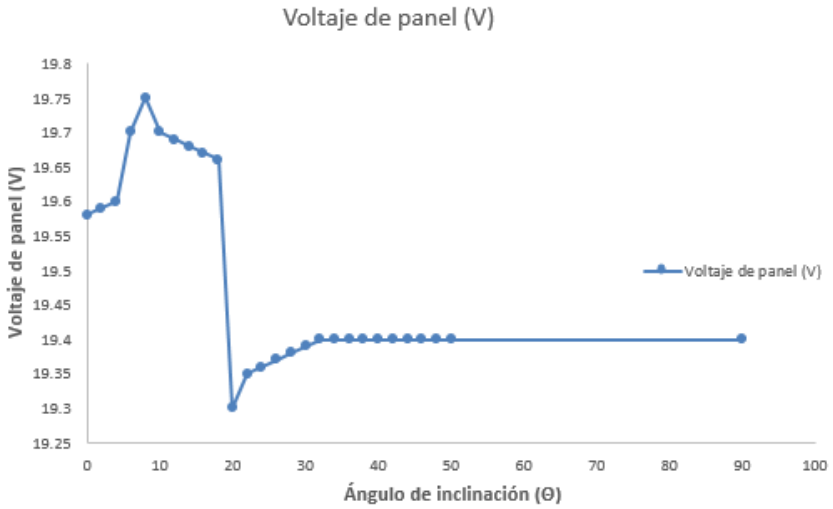


Figura 7. Gráfica de voltaje con respecto al ángulo de inclinación del panel

En la Figura 8 se puede observar la gráfica de las condiciones de corriente con respecto al ángulo de inclinación del panel.

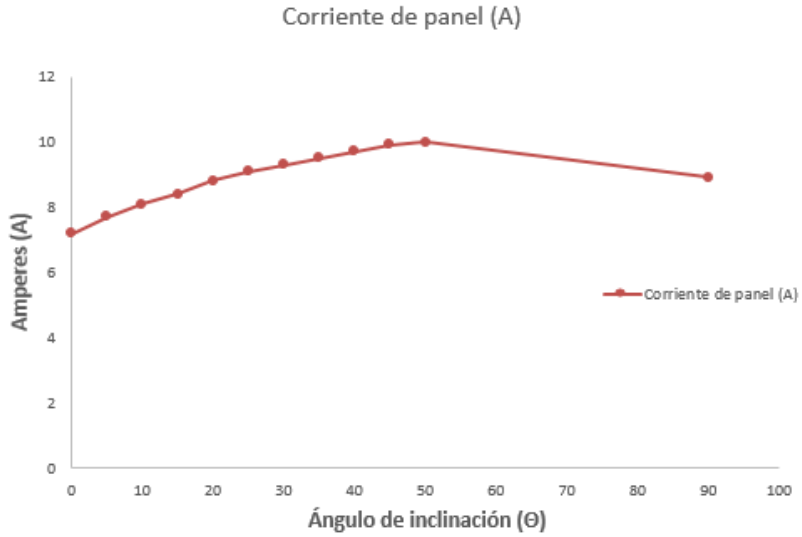


Figura 8. Gráfica de corriente con respecto al ángulo de inclinación del panel

Comparando los datos arrojados por la plataforma de la NASA sobre el ángulo de inclinación óptimo del panel con respecto a las gráficas obtenidas de las mediciones hechas por los módulos, se comprueba que el ángulo óptimo está en una escala entre los 19° y 20°.

Trabajos futuros

- Equipar el módulo con dispositivos de medición para visualizar en una pantalla digital el rango de corriente y voltaje en las tomas de salida en tiempo real.
- Agregar al módulo un medidor de radiación solar y temperatura para complementar los datos de las mediciones con respecto a las condiciones climatológicas.
- Enviar los datos de las mediciones a un software que almacene la información para elaborar gráficas y estadísticas captadas por el módulo didáctico.
- Funcionar como fuente de alimentación para un sistema de control electrónico de una instalación solar foto térmica u otro proyecto que se encuentre en condiciones remotas.

Conclusiones

Se finalizó el módulo didáctico y el manual de prácticas que permitió mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje en el tema de SSFA. Se promovió el auto equipamiento del departamento de ingeniería eléctrica y electrónica de forma económica. Con el diseño e implementación del prototipo didáctico se tiene la posibilidad de realizar modificaciones y mejoras pertinentes al módulo dentro del plano tecnológico, aumentando la capacidad de cubrir una mayor demanda académica al incrementar la implementación de nuevos módulos. Finalmente, la potencia de la carga a alimentar está limitada a 120 W para el uso de un solo módulo, mientras que para el caso del modo interconectado de dos módulos, la carga está limitada a 240 W.

Referencias

1. Alvarado, M., E.; Cruz, G. (2016). Manual de Instalador Fotovoltaico Sistemas Autónomos. Oaxaca: American Renewables Institute. **(126),** 6-18.
2. Ellis, A.; Cota, A., D. (2001). Energía Fotovoltaica en la Educación a Distancia. Las Cruces: SWTDI. **(61),** 1-42
3. Guillén, O. (2004). Energías Renovables. México D.F., México: Trillas. **(128),** 25-29.
4. Perales, T. (2006). Guía del Instalador de Energías Renovables: energía fotovoltaica, energía térmica, energía eólica y climatización. México D.F., México: Limusa. **(245)**, 1-141.
5. Portal de la NASA para obtener los datos de radiación y ángulo óptimo dependiendo de la ubicación, consultado en 2016: https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov

Aplicación del método geométrico y de ajuste para estimar desviación teórico experimental en curvas VI

M. Espinosa Tlaxcaltecatl[1], S. Mansurova[2]*
[1]Programa educativo de Ingeniería en Sistemas Automotrices, Universidad Politécnica de Puebla, Tercer carril del ejido "Serrano" s/n, Juan C. Bonilla, C.P. 72640, Puebla, México
[2]Departamento de Óptica, Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Luis Enrique Erro #1, Tonanzintla, C.P. 72840, Puebla, México.
**mario.espinosa@uppuebla.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

En el trabajo se reporta la estimación y análisis de parámetros eléctricos de una estructura metal-semiconductor-metal (ITO/P3HT:PCBM/Al), para describir el comportamiento de las curvas experimentales Voltaje-Corriente (VI) con y sin iluminación. El procedimiento consiste en determinar el valor de las resistencias serie y paralelo utilizando mediciones de pendientes en puntos geométricos de la curva VI, en circuito abierto y en corto circuito. Después, con las resistencias calculadas, las curvas VI se ajustan al modelo teórico aproximado de una celda solar. El primer ajuste es sobre la curva VI con iluminación de AM 1.5, lo cual permite encontrar los parámetros eléctricos restantes. Utilizando los parámetros eléctricos estimados se realiza un ajuste a la curva VI oscura o sin iluminación. Este último procedimiento muestra una desviación entre el modelo teórico y los datos experimentales, que es interpretado principalmente como una dependencia de la fotocorriente con el campo eléctrico.

***Palabras clave**: Celda solar, parámetros eléctricos, caracterización.*

Abstract

The work reports the estimation and analysis of electrical parameters in metal-semiconductor-metal structure (ITO / P3HT: PCBM / Al), to describe the behavior of the experimental Voltage-Current (VI) curves with and without illumination. The procedure consists of determining the value of the serie and parallel resistances using measurements of slopes in geometric points of the VI curve, at open circuit and short circuit. Then, with the calculated resistances, the curves VI are adjusted using theoretical model of a solar cell. The first adjustment is on the VI curve with AM 1.5 illumination, this process permits to find the remaining electrical parameters. Using the estimated electrical parameters, we realice an adjustment to dark VI curve or VI curve without illumination. This last procedure shows a deviation between the theoretical model and experimental data, which is interpreted mainly as a dependence of the photocurrent with the electric field

***Key words**: Solar cell, electrical parameters, characterization.*

Introducción

El proceso de caracterización de celdas solares inorgánicas, comúnmente fabricadas con una capa activa de Si [Yasuhiro, 2011], está definido por la obtención de parámetros de desempeño, tal como la eficiencia de conversión de potencia y el factor de llenado, utilizando expresiones algebraicas en función de puntos característicos de las dependencias de voltaje y corriente. Para celdas solares orgánicas comúnmente basadas en polímeros [Harald y Niyazi, 2006] [Christoph y col.,2001] [Brabec y col., 2003], esta caracterización busca no solo determinar estos parámetros finales de rendimiento, además investiga cómo está relacionado este desempeño con las propiedades geométricas, eléctricas y morfológicas de los componentes de la estructura fotovoltaica (electrodos, película de transferencia de carga y película activa). Para simplificar el análisis es común partir de algunas consideraciones, tal como independencia de los parámetros eléctricos con la iluminación,

procesos de fabricación con metodologías que permiten la reproducibilidad de estructuras, procesos de medición independientes a las variables de interés, entre otros.
Para estimar los parámetros eléctricos, un procedimiento simple consiste en realizar un ajuste de las dependencias VI al modelo de una celda solar, con la inclusión simultanea de: las resistencias características (resistencia serie, R_S y resistencia en paralelo, R_P), la amplitud de la corriente debida al modelo del diodo (la corriente de saturación, I_0), la corriente producto de la iluminación (fotocorriente, I_{Ph}), el factor relacionado con el proceso de recombinación (factor de idealidad, n) y la variable asociada a la temperatura presente en el fotoconductor ($V_T=k_BT/e$, voltaje térmico de 25 mV para semiconductores a temperatura ambiente). Como se observa, la existencia de esta cantidad considerable de variables puede complicar el proceso de ajuste numérico.

Por esta razón en este trabajo se propone combinar un método geométrico que primero calcula los valores de las resistencias características [Muñoz, 2003] [Grizález y col., 2001]. Y después realizar los ajustes numéricos de la curva VI. Por simplificación inicial se considera que la fotocorriente es constante y puede ser observada directamente como la corriente de corto circuito I_{sc} , de igual manera el valor del voltaje térmico es una constante a la temperatura ambiente, así el proceso de ajuste tiene como variables solo a la corriente de saturación y al factor de idealidad.

Metodología

Materiales

La estructura multicapa utilizada (ver Fig.1) consiste en dos electrodos, uno transparente y otro opaco, entre ellos una película del polímero P3HT:PCBM (poli 3 hexiltiofeno y el derivado de fullereno-fenil-C61, éster metílico del ácido butírico). En la figura 1 se muestra la estructura de las células solares fabricadas.

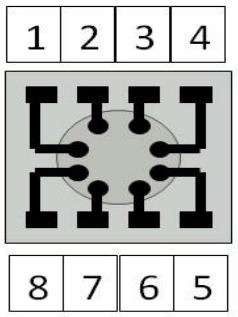


Figura 1. Estructura de las muestras de células fabricadas. De la 1 a 7 son muestras útiles y la célula 8 tiene la función de electrodo. Las muestras tienen forma circular de 3 mm de diámetro.

Las estructuras fueron fabricadas en la Universidad de Köln Alemania, durante una estancia de investigación. Los electrodos presentan contactos óhmicos, uno de ellos es transparente (ITO, indium tin oxide) para permitir el acceso de luz, con un espesor de 125 nm y 15 Ω de resistencia de hoja (Merck), el otro es opaco (Al), el cual es depositado por evaporación con un espesor de 150 nm.

Fabricación de estructuras

El proceso de fabricación consiste en realizar depósitos de películas por un mecanismo de giros, que aprovecha la fuerza centrífuga para distribución uniforme del material. La base de la estructura es el electrodo (ánodo) ITO, para utilizarlo se realiza un proceso de limpieza para eliminar residuos, después se deposita por giros una película de PEDOT (Clevios P VP Al 4083, H.C. Starck), cuya función es permitir la máxima transferencia de energía debido a irregularidades superficiales del electrodo. La película de PEDOT alcanza un espesor de 36 nm al aplicar 3500 RPM en un tiempo de 30 segundos y aplicando un tratamiento térmico a 120°C por dos minutos. El paso siguiente es depositar la película activa P3HT:PCBM con espesores 50 nm al aplicar 3000 RPM durante 20 segundos. Las películas fueron fabricadas con una relación de P3HT y PCBM de 1:1 después de mezclarlas. Al finalizar el depósito de esta película activa se aplicó un proceso térmico de recocido por contacto, con una

 ISSN 2007-8102

temperatura en el plato de 140° C durante 5 minutos. Esto de acuerdo a Franz y col. [2003] incrementa la eficiencia significativamente, hasta en un 70%. La última capa es un electrodo (cátodo) de aluminio. Para concluir la estructura es encapsulada parcialmente con un sustrato de vidrio adherida con pegamento transparente.

Caracterización de estructuras fotovoltaicas

Las curvas V-I fueron obtenidas utilizando un simulador Solar Oriel, en instalaciones de la Universidad de Köln en Alemania, usando un filtro de AM 1.5, para consideraciones practicas se utiliza un valor de potencia óptica de100 mW/cm^2. Y las simulaciones numéricas para realizar los ajustes fueron realizados con el programa de Matlab.

Determinación de resistencias por cálculo de pendientes

Los parámetros eléctricos de una celda solar de película delgada están resumidos en el circuito eléctrico equivalente [Muñoz, 2003] [Mondéjar, 2014], el cual es mostrado en la figura 2.

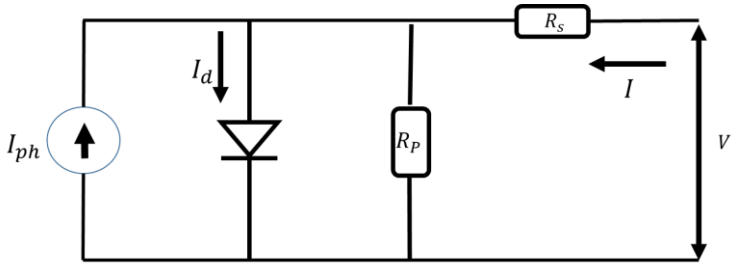


Figura 2. Circuito eléctrico equivalente de una celda solar.

El modelo matemático que define el comportamiento del circuito eléctrico es el presentado en la ecuación 1 y está formado por la suma de tres mecanismos de corriente. El primero término de la ecuación, la fotocorriente generada por iluminación I_{ph}; el segundo término es la corriente a través del diodo I_d, la amplitud de este mecanismo esta relacionada en forma directa con la corriente de saturación I_0 y relacionado en forma indirecta a través de la función exponencial con el factor de idealidad n, con un valor de n>1 cuando los mecanismos de difusión no son los únicos predominantes; y el tercer término es la perdida de corriente por fuga a través de la resistencia en paralelo R_P.

$$I(V) = -I_{ph} + I_o\left(\exp\left(\frac{V-IR_s}{nV_T}\right) - 1\right) + \frac{V-IR_s}{R_p} \quad \text{Ec. 1}$$

De esta expresión es posible determinar la resistencia del circuito al definir su origen como la derivada parcial del voltaje del dispositivo en función de la corriente, obteniendo la expresión de resistencia [Muñoz, 2003], donde se considera que la fotocorriente es independiente del voltaje.

>> Analizando el caso de circuito abierto con la corriente nula (I=0), obtenemos la resistencia en circuito abierto R_{oc} aproximada a R_S en condiciones de alta iluminación.

$$R_{oc} = \left(\frac{\partial V}{\partial I}\right) \simeq R_s \quad \text{Ec.2}$$

>> En el otro extremo de la curva, al analizar bajo condiciones de corto circuito con voltaje aplicado nulo (V=0), obtenemos la resistencia en corto circuito R_{sc} en condiciones de alta iluminación.

$$R_{sc} = \left(\frac{\partial V}{\partial I}\right) \simeq R_s + R_P \quad \text{Ec.3}$$

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Estimación de resistencias características de la estructura

La resistencia en serie R_S determina en gran medida la forma rectificada de la curva, al empatar el comportamiento de la celda solar como una resistencia, lo que deteriora los parámetros de desempeño, principalmente la eficiencia de conversión de potencia, que para esta celda es de tan solo 0.7%. Para determinar su valor normalmente se utilizan métodos basados en mediciones de dependencias voltaje-corriente en oscuridad, pero recientemente se han reportado resultados utilizando el método de línea de transmisión [Yang y col., 2011], donde se presenta un valor de resistencia serie para este dispositivo de 15 Ω cm^2. En el trabajo proponemos utilizar el método de pendiente inversa en la región de circuito abierto, debido a su simplicidad y como se puede observar en la figura 2, el valor encontrado es de 320 Ω, que coincide de buena manera con lo reportado al considerar el área de la estructura.
La resistencia en paralelo R_P es calculada a través de la pendiente inversa en el punto de corto circuito, encontrando un valor de 29.7 kΩ, al utilizar la ecuación 3.

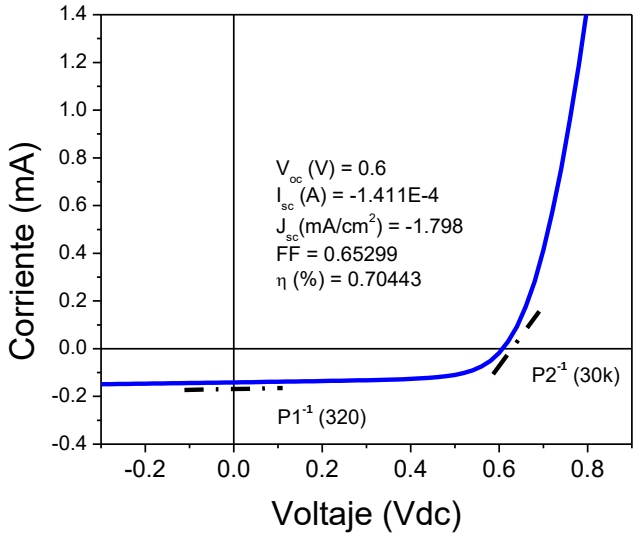


Figura 3. Curva VI con iluminación. La pendiente P1 asociada a la resistencia Rsc y la pendiente P2 asociada a la resistencia Roc. Los parámetros de desempeño se presentan sobre la curva.

Ajuste de la curva VI experimental con iluminación

El ajuste de curva VI con iluminación se basa en la ecuación 1. Partiendo del hecho de conocer las resistencias serie y paralela, el voltaje térmico se considera constante en semiconductores a temperatura ambiente. En este sentido el factor de idealidad en el modelo del diodo es uno de los parámetros más estudiados, encontrando variaciones significativas de acuerdo al método empleado, con valores incluso mayores a 2, aun cuando el significado del factor de idealidad es n=1 para dominio del mecanismo de difusión y n=2 cuando el mecanismo de recombinación es el dominante [Jenny, 2013]. Pero recientemente el equipo de investigación de Foertig y col. [2012] baso su estudio en técnicas transitorias y determino que este valor debería variar de 1.2-1.3 para este tipo de estructuras. Los restantes valores iniciales en el proceso de ajuste se muestran en la tabla1.

Tabla 1. Parámetros de ajuste conocidos al inicio.

R_S (Ω)	R_P (kΩ)	V_T (mV)	I_{ph} (mA)
320	29.7	25	0.141

 ISSN 2007-8102

En la figura 4 presenta el resultado del ajuste a la curva VI experimental utilizando los parámetros de la tabla 1, entre la región de corto circuito y voltaje de circuito abierto.

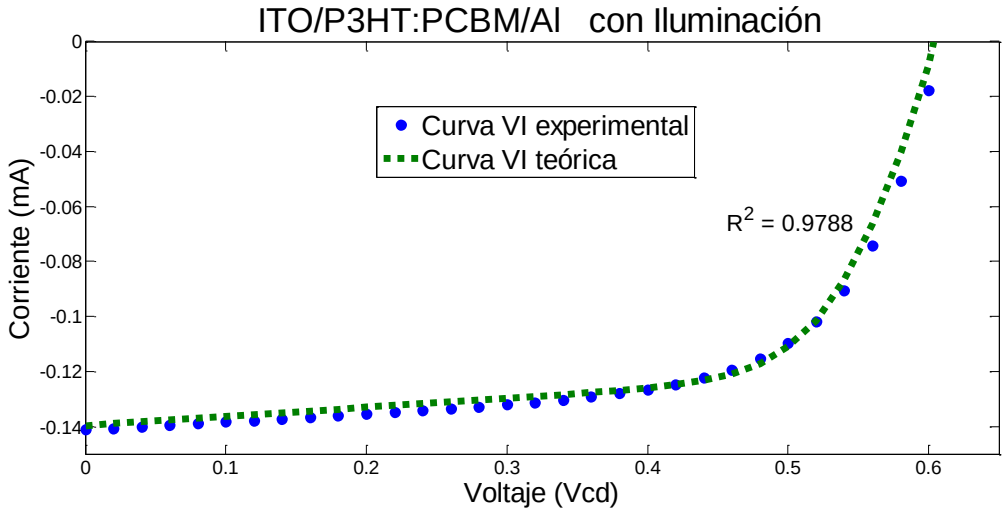


Figura 4. Ajuste de la curva VI en estructura ITO/P3HT:PCBM/Al con potencia óptica de 100 mW/cm².

Encontrando el mejor ajuste con un factor de idealidad n=1.21 y una corriente de saturación I_0=0.25 pA, que representa una corriente 40 veces más pequeña que lo reportado por Foertig y col. [2012] para estructuras similares, pero nuestra estructura con una eficiencia de conversión de potencia 5 veces más pequeña.

Ajuste de la curva VI experimental oscura

Para realizar el ajuste se utiliza el modelo de la ecuación 1, eliminando el primer término relacionado a la fotocorriente ($I_{Ph} = 0$), ver figura 5. El supuesto es considerar que los parámetros que integran la corriente del diodo y los términos de la corriente de fuga no presentan dependencias con la intensidad de iluminación. Por lo tanto, los valores empleados en este ajuste son los mismos de la tabla 1, con excepción de I_{Ph} y empleando los valores encontrados como resultado del ajuste anterior, es decir, el factor de idealidad y corriente de saturación.

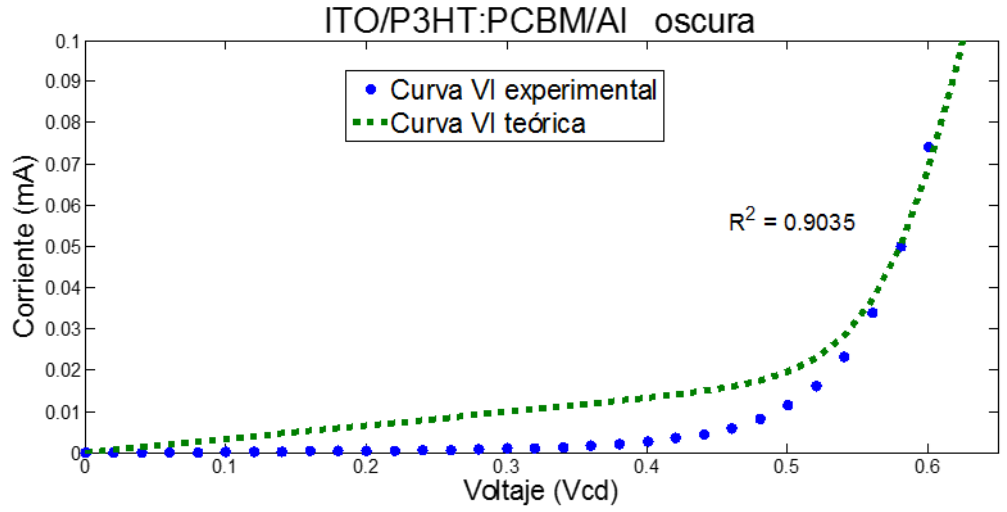


Figura 5. Ajuste de la curva VI en estructura ITO/P3HT:PCBM/Al oscura.

La existencia de una evidente desviación entre la curva VI experimental oscura y la curva VI teórica oscura, demuestra que el modelo empleado requiere considerar factores adicionales como la presencia de una corriente

 ISSN 2007-8102

de saturación para la recombinación [Erees y Ernest, 2008] y una posible dependencia de la fotocorriente con el campo [Bakhtyar y col., 2012].

Estimación de la desviación teórico - experimental

Considerando los alcances del presente trabajo, donde se considera que no existe una dependencia adicional con el campo por parte de la corriente del diodo y de la corriente en la resistencia paralela. La desviación es atribuida predominantemente a una dependencia en voltaje de la fotocorriente $I_{Ph}(E)$. Para determinar esta desviación, la propuesta es superponer el termino constante de fotocorriente I_{Ph} (tabla 1) a la curva VI experimental oscura, lo que formaría la curva VI con iluminación, según la ecuación 1, y comparar la resultante con la curva VI experimental con iluminación. El resultado de la desviación se muestra en la figura 6.

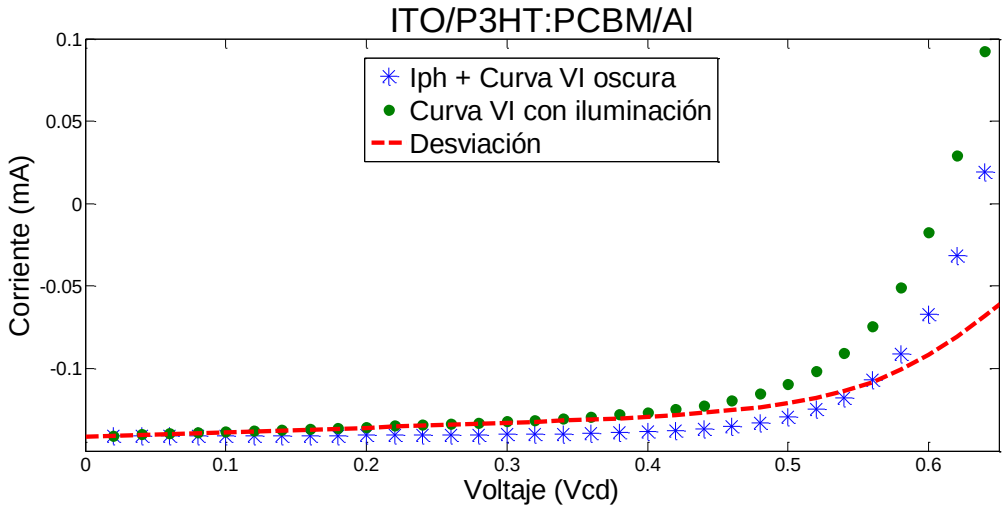


Figura 6. Comparación entre la curva VI experimental con iluminación y la curva VI resultante de la superposición de $I_{Ph} = 0.141\ mA$ y la curva VI experimental oscura.

Finalmente, se estima el polinomio característico de $I_{Ph}(E)$, mediante un ajuste polinómico (figura 7), para lo cual se traslada la curva de desviación al primer cuadrante con la finalidad de eliminar la dependencia con la iluminación constante aplicada. El orden séptimo del polinomio fue seleccionado debido a que después de este orden los ajusten no modifican sustancialmente su comportamiento.

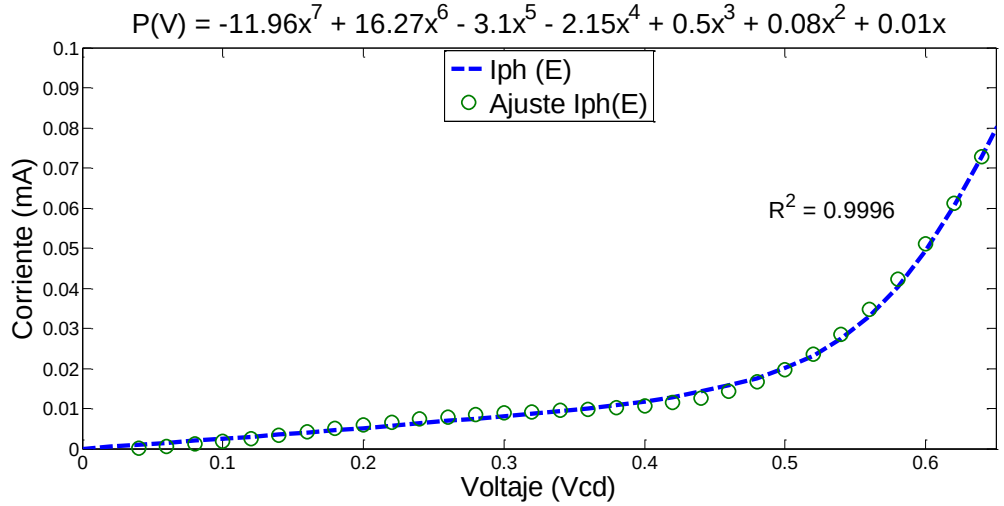


Figura 7. Ajuste polinómico de la desviación asociado a la dependencia en voltaje de la fotocorriente.

El comportamiento de la fotocorriente encontrado demuestra una dependencia no lineal con el voltaje aplicado, acentuando este comportamiento con voltajes cada vez más altos.

Trabajo a futuro

La contribución del mecanismo de corriente de recombinación, es un cuarto mecanismo de corriente que debe de ser determinado, para establecer su contribución en la desviación encontrada.

Conclusiones

Utilizando el modelo de una celda solar de película delgada, se determinó la magnitud y el modelo teórico de la desviación existente entre el comportamiento teórico y los resultados experimentales de las curvas voltaje-corriente. Para lo cual fue necesario determinar parámetros eléctricos y de desempeño de la estructura basada en P3HT:PCBM, los resultados muestran que la estimación de los valores de estos parámetros coinciden de manera adecuada con los reportado por otros grupos de investigación. Además, se demostró que la integración de dos métodos de caracterización ampliamente conocidos, como lo es el método de pendientes y el de ajuste numérico, permiten ampliar los alcances del análisis en dispositivos fotovoltaicos.

Agradecimientos

Al Prof. Dr. Klaus Meerholz por el apoyo brindado en la estancia de investigación, en la Universidad de Colonia, Alemania y a la Universidad Politécnica de Puebla por apoyar la divulgación de la investigación realizada.

Referencias

1. Yasuhiro, M. (2011). Celdas solares de silicio : Fundamentos y tendencias, *Revista Caos Conciencia*. 32-44.
2. Harald, H. and Niyazi, S. (2006). Morphology of polymer/fullerene bulk heterojunction solar cells, *J.Mater. Chem*. (**16**) 45-61.
3. Christoph, J; Serdar, S. and Jan, C. (2001). Plastic solar cells, *Adv.Funct. Mater*. (**11**) 15-26.
4. Brabec, C.; Dyakonov, V.; Parisi, J. and Sariciftci, N. (2003). Organic photovoltaics, *Ed. Springer*.
5. Muñoz, A. (2003). Modelo circuital de células solares de pelicula delgada, *revista Tecnociencia*. (**5**) 33-50.
6. Grizález, M; Quiñones, C y Gordillo, G. (2001). Cálculo de la constante de Boltzman a Partir de medidas de la característica I-V de una celda solar, *Revista colombiana de fisica*. (**33**) 304-308.
7. Franz, P; Roman, S. and Niyazi, S. (2003). Effects of postproduction treatment on plastic solar cells, *Adv. Funct. Mater*. (**13**) 1-4.
8. Mondéjar, M. (2014). Evaluación de tecnologías fotovoltaicas orgánicas, *Tesis master, Universidad Politécnica de Cartagena*.1-71.
9. Yang, S.; Kejia, L.; Nabanita, M.; Joe, C. and Mool, C. (2011). Bulk and contact resistance in P3HT:PCBM heterojunction solar cells, *Solar Energy Materials and Solar Cells*. (**95**) 2314-2317.
10. Jenny, N. (2013). The physics of solar cells, *Ed*. *Imperial College Press.*
11. Foertig, A.; Rauh, J.; Dyakonov, V.; and Deibel, C. (2012). Shockley Equation Parameters of P3HT:PCBM Solar Cells derived by Transient Techniques, *J*. *Physical Review B.* 1-8
12. Erees.Q.B, M. and Ernest van, D. (2008). Parameter extraction from dark current-voltage characteristics of solar cells. *South African Journal of Science*. (**104**) 401-404.
13. Bakhtyar, A.; Roy, M, Steven, H. and Ismat, S. (2012). Analysis of voltage and temperature dependent photocurrent collection in p3ht/pcbm solar cells, *J. Applied Physics.* (**112**) 114514.

Análisis de la transferencia de calor en un muro de mampostería

R. de J. Tejeda Vazquez[1], E.V Macias-Melo[1], K. M. Aguilar Castro[1], I. Hernández Pérez[1], I. Y. Pérez Olán[1]*
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Carretera Cunduacán - Jalpa de Méndez Km 1, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco
**karla.aguilar@ujat.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

En este trabajo se presenta la evaluación térmica de un muro de mampostería utilizando una cámara de ambiente controlado (CAC), donde se determinó el coeficiente global de transferencia de calor, U. Para ello, se utilizó una CAC en la cual es posible controlar y monitorear la temperatura, la humedad relativa y el flujo de calor. La muestra utilizada fue un muro de mampostería de block macizo, con un área de medición de 1.21 m^2. Los resultados del estudio mostraron que el sistema experimental alcanzó el estado permanente antes de las 8 horas para poder obtener las condiciones adecuadas para determinar el U. En el estudio se obtuvo un valor de U de 5.2 $W/m^2°C$ y U_S de 3 $W/m^2°C$, este último considerando las temperaturas superficiales de la muestra. Estos resultados indican que el muro de mampostería podría contribuir a la reducción de las ganancias de calor.

***Palabras clave**: Muro de mampostería, U, transferencia de calor, Hot-box.*

Abstract

In this paper the thermal evaluation of a masonry wall using a controlled environment chamber (CAC) was presented, and the global heat transfer coefficient, U, was determined. To that end, a CAC where it is possible to control and monitor the temperature, relative humidity and heat flow was used. The sample used was a masonry wall of solid block with a measuring area of 1.21 m^2. Results of the study showed that the experimental system reached permanent status before 8 hours to obtain the appropriate conditions to determine the U. In the study, a U of 5.2 $W/m^2°C$ and U_S of 3 $W/m^2°C$ were obtained, the U_S was obtained considering the surface temperatures of the sample. These results indicate that the masonry wall could contribute to the reduction of heat gains.

***Key words**: Masonry wall, U, Heat transfer, Hot-box.*

Introducción

Los edificios por si solos contribuyen con un 40% de los gases de efecto invernadero y su demanda energética representa un 40% de la energía mundial (PNUMA, 2012). Por lo que, los edificios son considerados los principales consumidores de energía debido a que cuando se diseñan no se consideran las propiedades térmicas de sus materiales de construcción, ni se consideran las condiciones de temperatura y humedad relativa, las cuales son las principales variables que afectan el nivel de confort en un entorno. Durante los últimos años, se ha desencadenado la búsqueda y el estudio de nuevos materiales para la construcción de edificaciones y recintos con el propósito de adecuar el ambiente a las necesidades diversificando los diseños. Sin embargo, las propiedades de los materiales deben ser óptimas para las aplicaciones, reduciendo costos en materia prima y en consumo de energía eléctrica ya que de acuerdo al informe de las Naciones Unidas para el año 2035, la demanda de energía eléctrica tendrá un incremento del 70% (Abela y Hamilton, 2016).

Para lograr condiciones de confort en edificaciones, existen dos formas: métodos activos o métodos pasivos. Los métodos activos o de acondicionamiento de aire son procesos en el tratamiento del aire que controla el ambiente

 ISSN 2007-8102

interior de un edificio, consisten en máquinas que regulan la temperatura del aire aumentándola o disminuyéndola, y controlan el porcentaje de humedad presente en el aire. Estos sistemas se llaman activos debido a que consumen energía eléctrica para proveer al ambiente de las características higrotérmicas deseadas. Los métodos activos de acondicionamiento pueden suponer hasta un consumo del 40% de la energía total de un país o territorio (Abela y Hamilton, 2016). Las formas pasivas por otro lado, no requieren del uso de energéticos para garantizar el bienestar y confort de los ocupantes del edificio. Las formas pasivas dependen enteramente de la geometría y diseño del edificio y de las propiedades térmicas de los materiales utilizados para la construcción del mismo. Por lo cual, determinar las propiedades higrotérmicas de los materiales de construcción de un edificio es fundamental para diseñar estructuras eficientes higrotérmicamente, para contribuir a la reducción del consumo de energía para obtener los valores de confort necesarios (Chen y Shi, 2005).

Dependiendo del tipo de clima, los materiales de construcción pueden contribuir a la ganancia o pérdida de calor. En regiones de clima cálido húmedo como la zona del estado de Tabasco, es importante que los edificios minimicen las ganancias de calor. Las ganancias o pérdidas de calor ocurren a través de la envolvente de una edificación, cuyos componentes principalmente son techos, pisos y paredes, los cuales son conocidos como superficies de interfase y que interaccionan con alguna o varias de las formas de transferencias de calor (conducción, convección y radiación). La transferencia de calor en dichas superficies se debe principalmente a las diversas magnitudes de las variables de propagación de calor, como por ejemplo temperatura exterior, humedad del aire y velocidad del aire; y a las propiedades térmicas de los materiales con los que se constituye la superficie, entre ellos: densidad, conductividad térmica y calor específico (Bouache y Ginestet, 2013). Los principales parámetros que permiten caracterizar de forma higrotérmica un material de construcción son el Coeficiente Global de Transferencia de Calor (U-valor) y el Coeficiente Global de Transferencia de Masa (CGTM). Estos parámetros se pueden determinar mediante calorimetría higrotérmica utilizando una Hot Box o Cámara de Ambiente Controlado (CAC) bajo diferentes condiciones climáticas de temperatura y humedad relativa. Si bien en la literatura existente, es posible encontrar datos de coeficientes de difusión de calor y masa para algunos materiales de construcción individuales (yeso, blocks, ladrillos, entre otros), es necesario determinar sus coeficientes de difusión de calor y masa cuando estos materiales se emplean en conjunto, ya que sus propiedades en conjunto no equivalen a la suma de las propiedades independientes. Por lo cual, se requiere conocer sus coeficientes de difusión de calor y masa en la configuración utilizada en la construcción de edificios, con el fin de reducir la incertidumbre en el cálculo de la transferencia de calor y masa permitiendo así, seleccionar los materiales adecuados para minimizar el uso de sistemas activos de climatización.

La zona del estado de Tabasco se caracteriza por tener un clima cálido húmedo, con valores extremos mínimos y máximos de 18.5°C y 37°C en promedio respectivamente, presentándose una humedad relativa superior al 60% (Comisión Nacional del Agua, 2016). Por lo cual, el estudio del comportamiento de los coeficientes de difusión de calor y masa de los materiales de construcción es de interés, con el fin de obtener los valores más representativos que caractericen los inmuebles construidos en la región. El conocer dichos valores es importante para realizar un diseño adecuado de los inmuebles que se desarrollan para satisfacer las necesidades de la población, y garantizar el confort higrotérmico reduciendo el uso de sistemas activos de acondicionamiento de ambientes interiores. Entre los factores que debe poseer una estructura para ser considerada con buen diseño, es que esta misma evite un consumo excesivo de energía para mantener un ambiente interior apto para sus usuarios. Éste consumo de energía depende del medio ambiente en el que se encuentre el inmueble y de las propiedades higrotérmicas de los materiales empleados en la construcción de dicha estructura. En una edificación las paredes ocupan el mayor porcentaje de la envolvente del edificio, por lo cual, el estudio de las ganancias de calor y masa a través de ellas puede repercutir significativamente en las condiciones del ambiente interior del edificio.

Por lo anterior, en este trabajo se presentan los primeros resultados obtenidos de la evaluación térmica de la muestra de un muro de mampostería utilizando una CAC. Para esta muestra se determinó el U-valor. Este trabajo permitirá estudiar el efecto de la transferencia de calor en un muro construidos con materiales de construcción comerciales para estudios energéticos en edificaciones.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Materiales

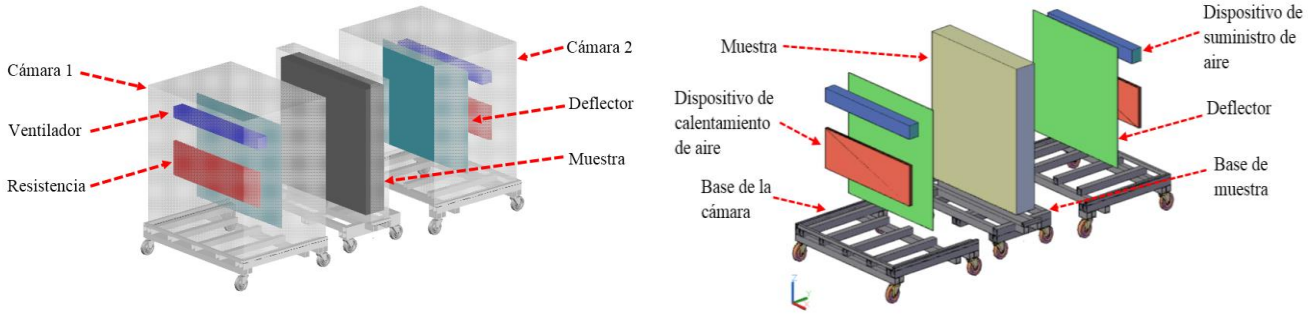
La muestra utilizada es un muro de mampostería, en este caso block macizo, con dimensiones (40 cm, 20 cm, 8.5 cm), un peso de 12.800 kg y densidad de 1882 kg m^{-3}. La muestra de muro tiene una forma cuadrada de 1.37 m por lado, es decir 1.87 m^2. El área de medición para el análisis de transferencia de calor y masa es de 1.21 m^2. En la Figura 1 se presenta la muestra de muro utilizada. Las piezas de mampostería se unieron utilizando mortero Tipo II, el cual viene especificado en las Normas Técnicas Complementaria del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. El mortero se implementó con una composición de agregado fino de 2.25 a 3 veces la cantidad de cemento Portland suministrado a la mezcla y una cantidad de agua variable de acuerdo con la plasticidad del producto resultante, con una resistencia a la compresión de 75 kg cm^{-2}.



Figura 3.7. Muestra de muro de mampostería.

Arreglo experimental

En la Fig. 2 se presenta un diagrama esquemático del arreglo experimental de la CAC, la cual, fue diseñada para proveer dos espacios aislados donde se mantienen condiciones de ambiente controlado, Cámara 1 y Cámara 2. Lo anterior, con el propósito de proporcionar una temperatura del aire, humedad y velocidad uniforme sobre cada lado de la superficie de una muestra ubicada entre ambas cámaras. La Cámara 1 permite simular condiciones de ambiente exterior, mientras que, la Cámara 2 permite simular condiciones de ambiente interior de una vivienda, con el fin de reproducir las condiciones de operación de un muro de vivienda en condiciones lo más acercado a la realidad. La CAC cuenta con sensores de temperatura, humedad relativa y transductores de flujo de calor en cada una de sus paredes, estos últimos, con el fin de cuantificar las pérdidas o ganancias de calor a través de su envolvente. La instrumentación permitirá estimar el flujo de calor que pasa a través de la muestra conociendo la incertidumbre de medición. En la Fig. 3 se presenta una fotografía de la CAC.



(a) **(b)**

Figura 2. Diagrama esquemático de la CAC, a) vista exterior y b) vista interior.

 ISSN 2007-8102

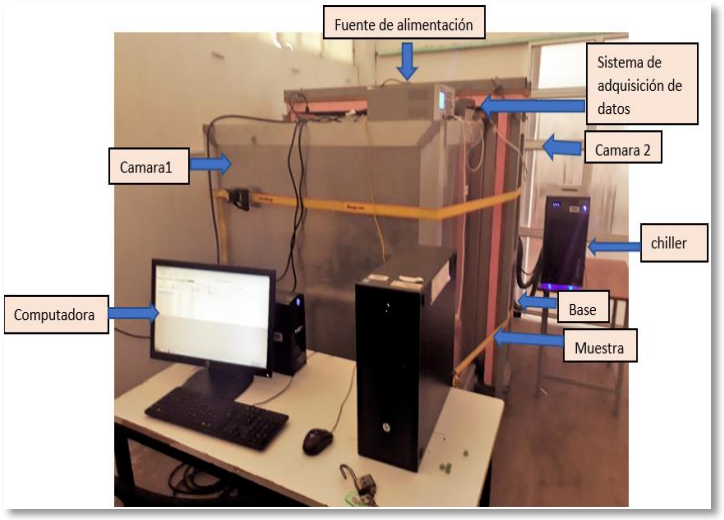


Figura 3. Fotografía de la CAC.

Diseño experimental

Las pruebas experimentales se realizaron bajo el diseño experimental de la Tabla 1.

Tabla 1. Diseño experimental

Prueba	q_s (W) Cámara 1	T_E (°C) *Cámara 2*
1	30	15
2	40	15
3	45	15

Como se puede observar, se realizaron tres pruebas a diferentes potencias de calentamiento en la Cámara 1 con el fin de cuantificar la cantidad de energía que pasa a través de la muestra, la cual se determina mediante un balance de energía como se muestra en la Ecuación (1).

$$q_s - q_M \underbrace{-q_{Bajo} - q_{Izquierda} - q_{Frente} - q_{Derecha} - q_{Arriba}}_{q_{Paredes}} = \delta q \tag{1}$$

Donde: T_E es la temperatura de enfriamiento de la Cámara 2 (°C), q_s es la ponencia suministrada a través de la resistencia (W), q_M es la ponencia que pasa a través de la muestra (W), q_{Bajo}, $q_{Izquierda}$, q_{Frente}, $q_{Derecha}$ y q_{Arriba} se refieren al flujo de calor por la pared de abajo, por la pared izquierda, por la pared del frente, por la pared derecha y por la pared de arriba respectivamente, en (W). Mientras que, δq es la desviación del balance de energía, es decir, la potencia que se debe considerar al momento de calcular los parámetros térmicos de los materiales que se caracterizarán en la CAC.

El coeficiente global de transferencia de calor (U) es la cantidad total de transferencia de calor a través de un material, es decir, es la medida de calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, por medio de un elemento compuesto de una o varias capas, Hernández-Garfias y col. (2019). El U se puede determinar mediante la Ecuación (2).

$$U = \frac{q_M}{A\left(T_{ca1} - T_{ca2}\right)} \tag{2}$$

 ISSN 2007-8102

en donde A es el área de la muestra (m^2), T_{ca1} y T_{ca2} son la temperatura interior en la Cámara 1 y Cámara 2 respectivamente, en (°C).

Resultados y discusión

Estas pruebas se realizaron con el fin de analizar el paso de calor a través del muro de mampostería, favoreciendo el intercambio de calor al mantener una diferencia de temperatura mayor entre las dos cámaras. Dichas pruebas tuvieron una duración de 48 h, y se obtuvo el balance de energía para identificar todas las contribuciones de energía del sistema. En las Figuras 4, 5, 6 y 7 se muestran los resultados de la Prueba 1, a una potencia de suministro de energía eléctrica de 45 W. Se presenta solo esta prueba de forma gráfica y al final se resumen los valores promedio del resto de las pruebas. La diferencia entre las Pruebas 1 y 2 con respecto a la Prueba 3, fue la potencia eléctrica que se utilizó en las resistencias para calentar la Cámara 1, por lo que el comportamiento fue similar. Para analizar el comportamiento de la muestra, se utilizó la Prueba 3 debido a que en ella se tienen los datos más significativos por ser la prueba de mayor potencia. En la Figura 4 el comportamiento de la temperatura de la Cámara 1 y la Cámara 2, se puede observar que ambas cámaras presentan un comportamiento similar con magnitudes distintas. La T_{ca1} alcanzó un máximo de 28.2°C, mientras que la temperatura T_{ca2} tuvo un máximo de 24.7°C, al igual que en las pruebas anteriores se alcanzó al inicio de la prueba. Además, se pudo observar que antes de las 8 horas se alcanzó el estado permanente, manteniéndose una diferencia constante entre la T_{ca1} y la T_{ca2}.

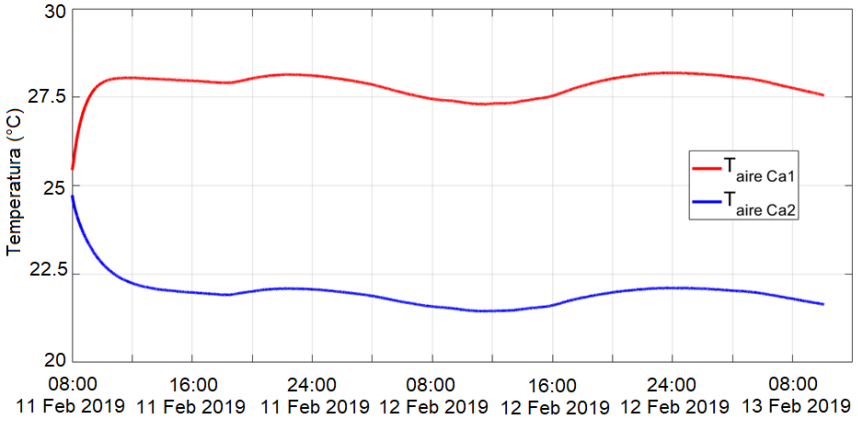


Figura 4. Comportamiento de las Temperaturas de la Cámara 1 y Cámara 2 de la Prueba 3, a 45 W.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de tres flujos de calor medidos en Watts, los cuales son P_s que representa el calor suministrado mediante las resistencias eléctricas en la Cámara 1, y que se puede observar con un valor constante a través de tiempo. Mientras que, $\sum q_{c1}$ y q_M muestran el comportamiento de la perdida de calor a través de las paredes de la Cámara 1 y el calor que pasa a través del muro de mampostería, en esta gráfica se puede notar la relación directa que existe entre ambas. Esta relación se mantiene durante toda la prueba, lo cual indica que el calor que pasa a través del muro incrementa durante las horas de mayor temperatura en el día (12:00 horas) y disminuye durante la noche, mientras que la $\sum q_{c1}$ presenta un comportamiento contrario. Esto debido a que durante la noche al disminuir la temperatura en el laboratorio se favorece el intercambio de calor a través de las paredes.

En la Figura 6 se observa la diferencia de temperatura entre la Cámara 1 y Cámara 2, en el cual el valor máximo fue de 6°C y este valor se mantuvo constante a partir de las primeras 4 horas de iniciada la prueba. Además, se puede observar la diferencia de temperatura de la superficie de la muestra ($\Delta T_{S1\text{-}S2}$), la cual tuvo un valor máximo de 3.8°C, este valor se puede comparar con el flujo de calor que pasa a través de la muestra. El comportamiento entre $\Delta T_{Ca1\text{-}Ca2}$ y $\Delta T_{S1\text{-}S2}$ son iguales solo que con magnitudes diferentes y al comparar la línea que representa al flujo de calor que pasa a través de la muestra se puede notar una similitud con las diferencias de temperatura considerando las 20 horas del primer día de prueba, las 8 horas y las 16 horas del segundo día de prueba, en los cuales se pueden notar un incremento en los tres comportamientos.

 ISSN 2007-8102

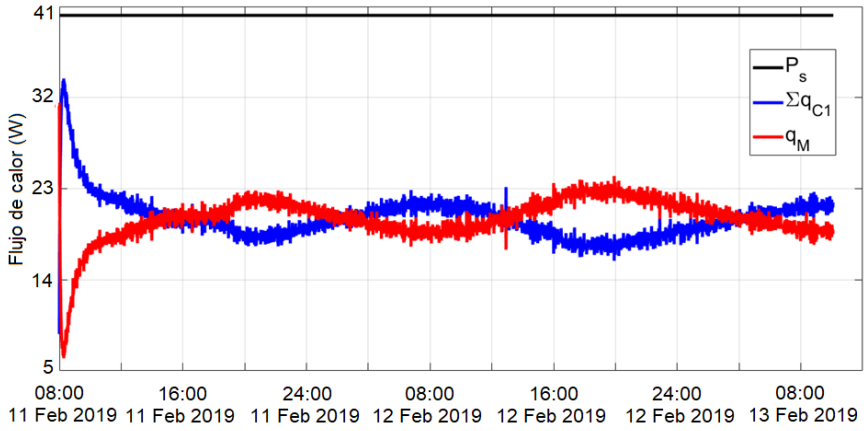


Figura 5. Comportamiento de los flujos de calor de las paredes de la Cámara 1, de la potencia suministrada y de la muestra de la Prueba 3, a 45 W.

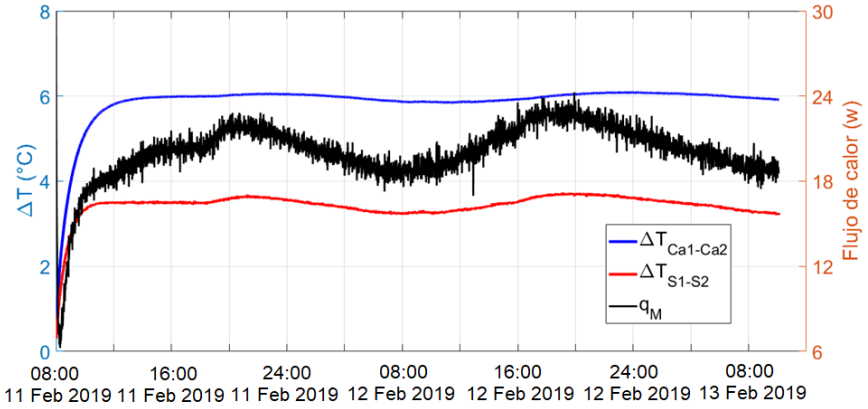


Figura 6. Comportamiento del flujo de calor a través del muro y los diferenciales de temperatura de las cámaras y la temperatura superficial del muro de mampostería de la Prueba 3, a 45 W.

Por otra parte, en la Figura 7 se muestra el comportamiento del U del muro de mampostería (Ecuación 2), considerando las temperaturas interiores de las cámaras (U) y considerando las temperaturas en la superficie de la muestra del muro (U_S). Se puede observar que el U alcanzó un valor máximo de 5.2 W/m^2°C, alcanzado a las 20 horas del segundo día de la prueba. Después de las primeras 8 horas de prueba el valor del U osciló entre los valores 5.0 y 4.8 W/m^2°C, manteniendo esta variación durante el resto de la prueba. Estas oscilaciones son debidas a la temperatura del laboratorio que son afectas por la radiación solar del ambiente exterior. Se puede observar que cuando se consideran las temperaturas superficiales del muro, el valor U_S es casi de la mitad que al utilizar las temperaturas interiores de cada cámara. Este valor U_S permite caracterizar mejor el muro, por lo que para la muestra de muro de mampostería el valor se estimó en 3 W/m^2°C. La diferencia entre el U y el U_S fue de 2 w/m^2°C.

En la Tabla 1 se presenta el conjunto del promedio de las variables obtenidas de las pruebas. Se pudo observar que al incrementar la potencia de calentamiento en el interior de la Cámara 1 la T_{ca1} incrementa, puede observarse que cuando se incrementa la potencia la temperatura incrementa ≈ 2°C en cada prueba. Lo anterior, mientras que la T_{Lab} se mantuvo con variaciones ≈ 1°C cuando se incrementó la P_s. Puede observarse que a medida que incrementa la potencia de calentamiento incrementan las pérdidas de energía por las paredes, con un promedio de 5 W cuando se incrementa en 5 W la potencia de calentamiento. Por lo que, $\boldsymbol{P_S - \Sigma_q}$ se mantiene con cambios poco significativos.

 ISSN 2007-8102

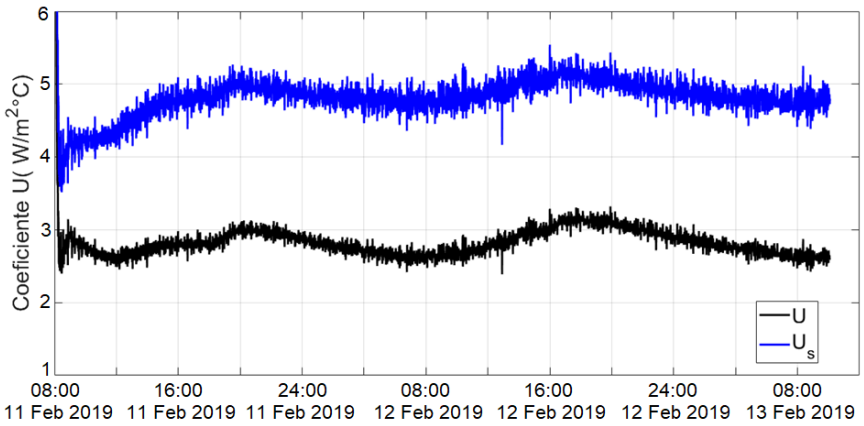


Figura 7. Comportamiento del U y U_s del muro de mampostería para la Prueba 3, a 45 W.

Tabla 1. Concentrado de las condiciones de prueba con enfriamiento, con valores promedio de las variables.

	Prueba 1	**Prueba 2**	**Prueba 3**
P_S **(W)**	30	40	45
Fecha de inicio (dd/mm/aa)	31/01/2019	14/02/2019	11/02/2019
Fecha final (dd/mm/aa)	02/02/2019	16/02/2019	13/02/2019
H_{inicio} **(hr: min)**	10:50	9:46	9:48
H_{Final} **(hr: min)**	9:30	9:33	11:54
T_{ca1} **(°C)**	23.07	26.02	27.84
T_{Lab} **(°C)**	21.18	21.61	23.06
$\Delta T_{ca1-Lab}$ **(°C)**	1.88	4.41	4.78
q_{Bajo} **(W)**	1.36	1.88	1.81
$q_{Izquierda}$**(W)**	4.50	7.26	9.47
q_{Frente} **(W)**	2.63	4.99	5.53
$q_{Derecha}$ **(W)**	2.29	4.24	4.67
q_{Arriba} **(W)**	4.37	8.64	9.68
$\Sigma q_{Paredes}$**(W)**	15.15	27.01	31.16
$P_S - \Sigma_q$ **(W)**	14.84	12.98	13.83

Trabajo a futuro

Este proyecto continuará con la realización de pruebas experimentales para analizar la transferencia de masa en la muestra de muro. Lo anterior permitirá analizar el comportamiento combinado de la transferencia de calor y masa.

Conclusiones

En este trabajo se presentaron los resultados obtenidos de la evaluación térmica de un muro de mampostería utilizando una CAC, donde se controlaron y monitorearon, la temperatura, la humedad relativa y el flujo de calor. El parámetro determinado fue el U-valor, con el fin de conocer la cantidad de energía que pasa a través de la muestra, lo cual impactará en el confort térmico de una edificación. Los resultados de la evaluación térmica mostraron que antes de las 8 horas el sistema experimental alcanza el estado permanente manteniéndose una

diferencia constante entre la T_{ca1} y la T_{ca2}. Se pudo observar que respecto a los flujos de calor fue posible cuantificar las pérdidas en cada pared de la CAC y se observó que existe una relación directa entre la $\sum q_{c1}$ y q_M. La diferencia de temperatura máxima obtenida entre la Cámara 1 y Cámara 2, para la potencia máxima de prueba de 45 W, fue de 6°C. Mientras que, la diferencia de temperatura máxima entre la superficie interior y exterior del muro fue de 3.8°C. Con los resultados obtenidos, se obtuvo un valor máximo del U del muro de mampostería de 5.2 W/m^2°C y un U_S de 3 W/m^2°C. Estos resultados permiten observar que la cantidad de energía que deja pasar el muro se encuentra dentro de la cantidad de energía que deja pasar un material aislante, como se observa en los resultados de los flujos de calor a través de las paredes. Por lo que, la muestra de muro utilizada permitiría minimizar las ganancias de calor hacia el interior de una edificación, sin embargo, habría que evaluar esta muestra con los acabados que habitualmente se utilizan, así como, analizar en conjunto el efecto de la transferencia de masa.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo financiero para la ejecución del proyecto de investigación, del cual, se deriva este estudio.

Referencias

1. Alan Abela, Lorna Hamilton. (2016). Study on Energy Use by Air Conditioning: Final Report. 2016, de bre.uk. URL:https://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/projects/aircon-energy-use/StudyOnEnergyUseByAirConditioningFinalReport.pdf.
2. Bouache, T. y Ginestet, S. (2013). Identification of thermal characteristics of a building. *Energy Procedia* **42,** 280-288.
3. Chen, Z. Q. y Shi, M. H. (2005). Study of heat and moisture migration properties in porous building materials. *Applied Thermal Engineering* **25**, 61-71.
4. Comisión Nacional del Agua. (2016). Normales Climatológicas Tabasco. 2016, de conagua.gob.mx URL: http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=tab
5. E. Hernández-Garfias, E.V. Macias-Melo, K.M. Aguilar-Castro, I. Hernández-Pérez, J. Serrano-Arellano, L.L.Diaz-Flores. (2019). Development of a solar calorimeter for the thermal evaluation of glazing samples. *Building Physics* 1, 1-21.
6. PNUMA. (2012). Programa de las Naciones Unidas al Medio Ambiente (2012-2013). URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/250/PNUMA_Informe_de_S%C3%ADntesis_de_las_Evaluaciones_2012-2013.ES.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Desarrollo e historia de la domótica en el Edo. de México utilizando tecnología Open Source

M. T. Chapan-Sandoval[1], C. O. González-Morán[1]*
Centro Universitario UAEM Valle de México
Boulevard Universitario s/n Predio San Javier, C.P.54500,
Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México
[*]sist.chapan2818@gmail.com
Área de participación: *Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

En un contexto histórico vemos como el auge de la tecnología pasa a ser parte de las personas, uno de estos avances es la DOMÓTICA por lo que ha sido objeto de ideas a desarrollar e implementarse con el uso de microcontroladores de *Open Source*, en hogares mexiquenses cubriendo necesidades que la población demande con el propósito de mejorar su nivel de confort, seguridad y protección a su patrimonio. En este sentido nuestra restricción es la baja velocidad del internet que tiene la población y es por ello, que en esta investigación se plantea desarrollar domótica con el uso de microcontroladores a un bajo coste y funcionales, favoreciendo a la sociedad.

Palabras clave: *domótica, desarrollo histórico, microcontroladores, Open Source.*

Abstract

In a historical context we see how the boom of technology becomes part of people, one of these advances is the DOMOTIC so it has been the object of ideas to develop and implement with the use of Open Source microcontrollers in Mexican homes covering needs that the population demands in order to improve their level of comfort, security and protection of their heritage. In this sense, our restriction is the low speed of the internet that the population has and that is why in this research is proposed to develop domotics with the use of microcontrollers at low cost and functional, favoring society.

Keywords: *domotics, historical development, microcontrollers, Open Source.*

Introducción

La transformación de la tecnología da un salto relevante con el tema **"DOMÓTICA"** que ha propiciado a desarrollar e innovar en los hogares, cumpliendo con las necesidades de los habitantes que la residen. Cabe destacar que desde tiempos pasados como: la edad media, épocas contemporáneas, historias épicas y entre otras generaciones, los recintos eran habitados por familias, animales, empleados y/o esclavos, riquezas, cultivos entre otros, estos elementos se han documentado para saber cuáles eran las necesidades y estudiar cómo cubrirlas.

La domótica como bien se dice desde su origen etimológico se puede interpretar a un conjunto de varios componentes, el sustantivo "domus" que es "casa" y tica (de automática en griego ´que funciona por si sola´) (Julián, P.& María M. 2017).

Metodología

De acuerdo con el método histórico se pretende dar a conocer los inicios y avances en tecnología enfocándonos al tema domótica.

 ISSN 2007-8102

La historia de la tecnología inició desde hace 2,000,000 años cuando nuestros primeros antepasados fabricaron las primeras herramientas, con el paso de los años estudios y avances en ciencia y tecnología, dieron paso para trascender y conocer las **TIC**´s entre otros avances tecnológicos. Investigaciones resaltan que el primer producto en domótica fue en 1966 creado por Jim Sutherland, el "Electronic Computing home Operator" (ECHO) era capaz de almacenar, enviar mensajes, controlar la temperatura de la casa, entre otras características (Roberto Acuña. 2018).

Se menciona también a Joel Spira como el físico estadounidense reconocido como el inventor de la domótica, su primera idea fueron los dimmer esto es, un interruptor para el uso en los hogares de estados unidos obteniendo una manera de manipular la iluminación (Domótica usuarios, 2015).

No obstante, la automatización en los hogares inicia en los años 70´,80´y su término científico que es mencionar para resaltar la tecnología (Electrónica e Informática) era integrada por control y supervisión. Es cuando inicia el primer protocolo el X10 en 1975 creado para el telecontrol y basado en corrientes portadoras o Power line (PC) se extendió por todo E.U. y Europa también por el Reino Unido y España (Ma. Isabel Yáñez, 2010)

Ahora bien, durante el siglo XIX el panorama en base a ciencia y tecnología en México se encontraba subdesarrollada en comparación con otros países, fue cuando en siglo XX tuvo un avance más relevante e inician la industrialización creando también nuevas instituciones y centros de investigación para realizar estudios de ciencia y tecnología (Ruy Pérez 2005).

Por consiguiente, en el Estado de México aún no cuenta con alguna información que detalle o determine el vestigio en materia de tecnología aplicada a la domótica va de la mano con la nación para estos avances. Un informe por (ENDUTIH 2018) hace mención del panorama de la población de los 74.3 millones sólo el 18.3 de los hogares cuentan con el servicio de internet cómo se muestra en la Figura 1.

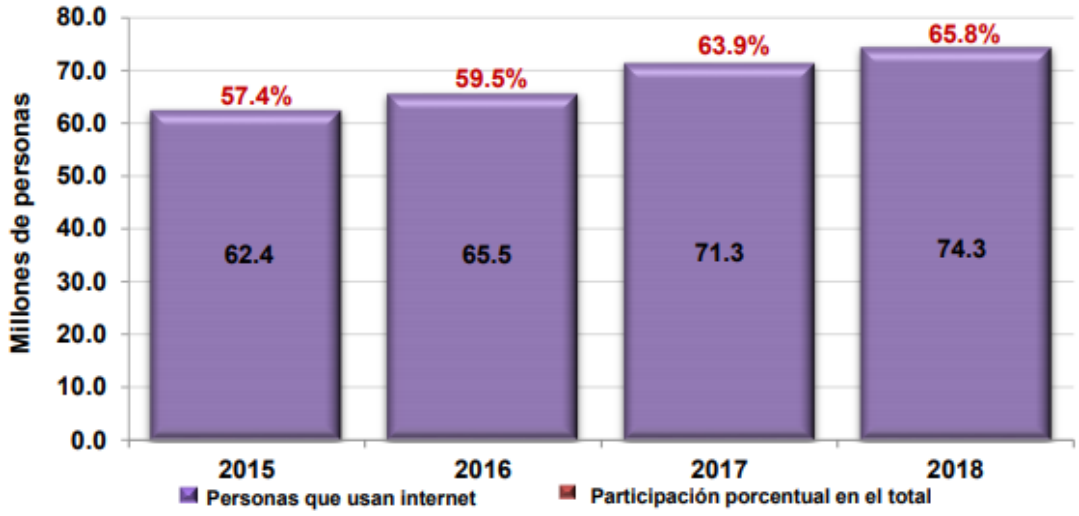


Figura 1. Porcentaje de hogares con servicio de internet 2018.

Vemos cómo la población solo hace el uso de internet por medio de un dispositivo móvil como se visualiza en la Figura 2 pues el escenario que muestra la conectividad es escaso por la velocidad de dicha conectividad.

 ISSN 2007-8102

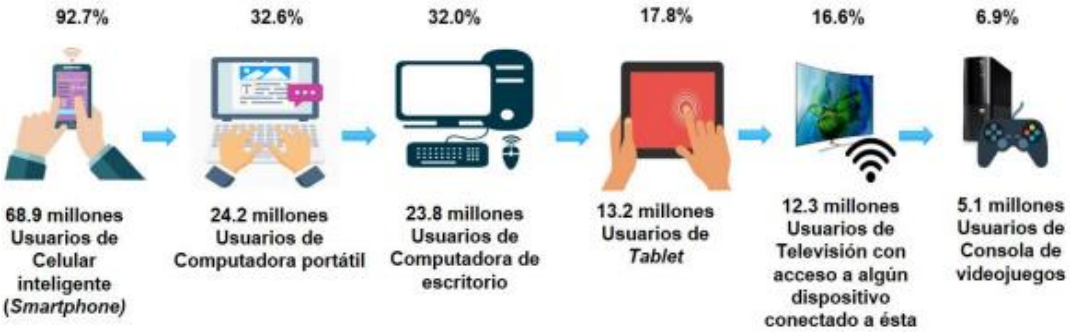


Figura 2. Porcentaje de la población que cuentan con internet en sus hogares en un intervalo del 2015-18 (ENDUTIH 2018).

Según (Sumarine Cable Map 2019). Muestra cómo está distribuido los cables submarinos que nos dan servicio al internet que contamos hoy en día, varias empresas desde 1866 han instalado millones de metros de cable para que los continentes puedan recibir datos. En México hace referencia que cuenta con seis cables diferentes como se desplaza esta distribución y de las empresas que son parte de esta conexión como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Mapa de distribución de cables submarinos que alimentan la conexión a internet.

Actualmente en 2019 no han dado resultados a detalle por parte de (ENDUTIH) aún por cuestiones administrativas, resalta un informe en donde habla de la tecnología 5G con mayor y mejor velocidad que será utilizado en telefonía móvil y que también será útil para las TIC´s (domótica).

El panorama de la domótica en México, aunque ya exista esta tecnología implementada en algunos edificios y algunos hogares, no existe una estadística que informe o resalte la implementación de la domótica en base a la innovación en población mexiquense.

En esta investigación se plantea la divulgación sobre el uso de microcontroladores Open Source de bajo costo para su implementación en la domótica para la población mexiquense (HOGAR), con el objetivo de cubrir tres importantes necesidades que, a criterio de los habitantes, son: energía, seguridad y vigilancia.

 ISSN 2007-8102

La arquitectura de la Domótica

La arquitectura domótica es una parte importante de la forma de instalación de sensores y actuadores, en base a las configuraciones existentes se consolidan diversas formas de controlar y automatizar el entorno del hogar. En este tenor hablaremos un poco de cómo están organizados los componentes de cada arquitectura (Raúl Carretero 2017).

Arquitectura Centralizada: Es el cerebro central en donde se recibe la información de los sensores, analiza y envía la orden a los actuadores según sea la configuración o la información que recibe por parte del usuario.

Arquitectura Descentralizada: Tiene varios controladores conectados a sensores y actuadores que a su vez están interconectados por medio de un “Bus”.

Arquitectura Distribuida: Aquí se encuentra distribuida o diseminada en distintos módulos que lo componen, es un elemento de control que se ubica más a lo que se desea controlar.

Arquitectura Híbrida/ Mixta: En esta arquitectura es donde se juntan todas las arquitecturas haciendo mención que es donde se dispone de un controlador central o varios controladores. Los dispositivos de interfaces sensores y actuadores pueden ser también controlados y procesar la información sin que tenga que pasar por un controlador principal.

Sensores, Actuadores e interfaz

Los sensores son dispositivos encargados de recoger la información y detectar las diferentes variaciones de los parámetros que serán enviados y procesados en la domótica, están permanentemente monitorizando el entorno con el objetivo de generar algún evento que será procesado por el controlador, existen sensores digitales y analógicos.

Los digitales solo transmiten la señal y los analógicos envían señales con diferentes valores de tensión dentro de un rango establecido, están se interpretan para ser procesadas.

Mientras que los actuadores son dispositivos de salida eléctricos/electrónicos estos son encargados de actuar dentro de un parámetro físico, ellos reciben la orden del controlador y ejecutan la acción (Francisco José Jiménez 2007).

Interfaz es el elemento que permite al usuario entregar y recibir toda la información del sistema de control, es donde hace la interacción entre el usuario y el sistema para poder realizar la configuración, recibir la información, establecer parámetros entre otras tareas como se muestra en la Figura 4.

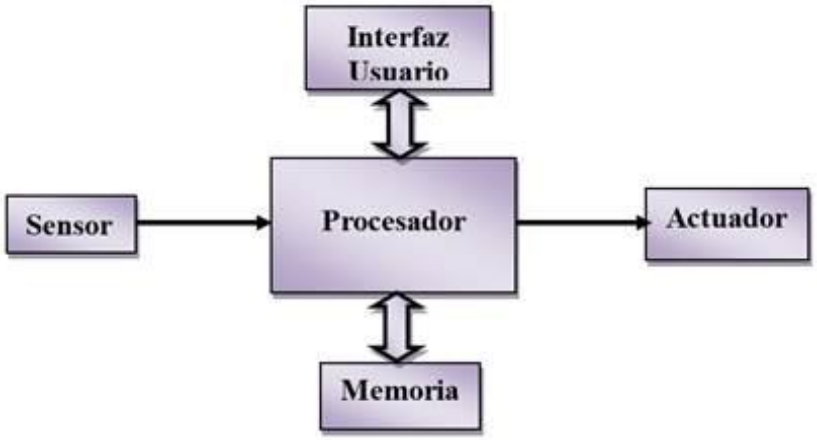


Figura 4. Diagrama general de un sistema domótico.

 ISSN 2007-8102

Microcontroladores

Para lograr tener una vivienda inteligente tenemos que contar con dispositivos que sean los encargados de controlar distintas áreas del hogar, estos dispositivos son llamados, microcontroladores que son parte de la electrónica que se aplica a la domótica, cabe mencionar que un microcontrolador es un circuito integrado y en su interior contiene una unidad de procesamiento en memoria de periféricos de entrada y salida. Junto con los controladores se han desarrollado placas PCB (placa de circuito impreso), Y que hoy en día es conocido como plataformas de hardware libre. De entre las placas con microcontroladores existe Arduino que es una placa de fácil aplicación para controlar sensores y actuadores, este es de código abierto (Open Source) basada en hardware y software flexibles y que permite establecer la conexión entre los microcontroladores, sensores y actuadores. Además de la comunicación por medio de Ethernet, Wifi, Bluetooth, etc.

En la Figura 5 se observa la placa Arduino, esta toma la información a través de sus pines de entrada, para esto toda una gama de sensores puede ser usada e influir en todo aquello que lo rodea como para: controlar luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante Arduino *Programming language* (Arduino IDE, similar al lenguaje C++) es de fácil comprensión, que permite que todos los proyectos se ejecuten con rapidez y sin necesidad de conectarlo a un ordenador, de lo contrario si existe la posibilidad de comunicarlo con otros diferentes tipos de software (p.ej. Flash, Processing, MaxMSP) (Alberto Vladimir 2015).



Figura 5. Arduino UNO, Tarjeta de desarrollo para uso domótico.

Por otra parte, el software consiste en un entorno de desarrollo (IDE) como se observa en la Figura 6 basado en el entorno de Processing y lenguaje de programación basado en Wiring, así como en el cargador de arranque (Bootloader) que es ejecutado en la placa. El microcontrolador es programado a través de un computador aplicando la comunicación serial mediante el convertidor de niveles RS-232 a TTL serial (Sorrentino et al,1995).



Figura 6. Software de Arduino IDE basado el C++.

 ISSN 2007-8102

El NodeMcu ESP8266

Es un kit de desarrollo de código abierto basado en el popular chip ESP8266(ESP-12E) como se muestra en la Figura 7. El lenguaje de programación que utiliza es Lua para crear un ambiente propicio para aplicaciones que requieran conectividad Wifi. Lo que permite que la aplicación pueda servir como puente entre el internet y el microcontrolador (inteligencia artificial 2007).



Figura 7. NodeMcu ESP8266 Tarjeta controlada inalámbrica.

En la Figura 8 se observa una tarjeta Raspberry PI, Esta tarjeta es un micro-ordenador y fue desarrollado en el Reino Unido por la Fundación Raspberry PI (Universidad de Cambridge) en 2011 (Claudio González Domínguez 2015). Es una placa que soporta varios componentes básicos en un ordenador común, al proporcionar conectores de gran variedad de E/S.



Figura 8. Raspberry Pi 4 generación 2019.

OSWARRIOR DK

Como se muestra en la Figura 9. Es una Tarjeta microcontroladora OSWarrior DK de Open Source diseñada por estudiantes de la universidad de Guadalajara hecho en México, esta tarjeta está integrada por el microcontrolador S08AC60 de 8 bits de la familia HC08 el software asociado a este es el CodeWarrior de freescale semiconductor también puede ser programado en lenguaje C o ASM, a partir de las librerías disponibles para la tarjeta haciendo el uso de aplicaciones de depuración como el protocolo USBDM (Hugo Arganda, Castellón, Ávila 2014).



Figura 9. OSWarrior DK tarjeta microcontroladora

 ISSN 2007-8102

Resultado y discusión

Basándonos en el desarrollo de prototipos se puede asegurar que las tarjetas de tipo Open Source ya mencionadas, cumplen con las expectativas de los requerimientos en domótica además de su bajo coste de implementación. Por mencionar algunas de los desarrollos tenemos las siguientes opciones como:

Energía: A través de la domótica permite controlar el encendido y apagado de luces, determinando la intensidad de la iluminación dentro del hogar haciendo de esto un bajo consumo energético como se muestra en la Figura 10.

Seguridad: Con la incorporación de sensores de medición de algunas magnitudes de variables como son: infrarrojos, de movimiento, concentración de gases podemos evitar algún siniestro de peligro que afecte el patrimonio.

Vigilancia: Monitoreo vía red dentro y fuera del hogar, emitiendo alertas en caso de intrusos.

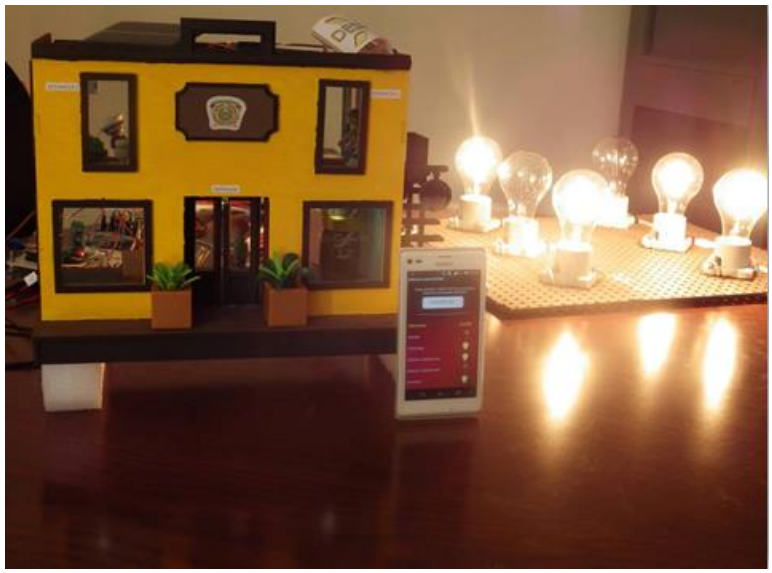


Figura 10. Sistema domótico para el control de luminarias.

Trabajo a futuro.

La baja información que se encuentra en libros y la red hace vulnerable a nuestro estado de México, pues no cuenta con algo que respalde a la población en donde especifique que la domótica tenga un gran avance e implementación en hogares mexiquense, es por ello que a futuro se desarrollarán dispositivos que ayuden a esta investigación en base a la innovación de hogares y lograr cubrir tres principales necesidades como: energía, seguridad y vigilancia, en base a microcontroladores a un bajo costo.

Conclusiones

Como bien se dice la domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas, en la automatización para mejorar el estado actual de la sociedad y aumentar una mejor calidad de vida a la humanidad.

Se hace notar que la insistencia sobre aplicación de la domótica en el estado de México aún se trabaja al 100% ya que el alto costo de esta tecnología (comercialmente hablando) hace que la población sea vulnerable al poder adquirirlo. Además de las fallas que presentan los servicios de internet.

Para hacer una mejora en la innovación de los hogares tenemos que realizar pruebas contundentes en la velocidad del internet y aplicarlo en domótica, que sea a un bajo costo y de fácil interacción para los usuarios que residen dentro del entorno hogar logrando satisfacer sus necesidades y mejorando el estado actual de la sociedad para una mejor calidad de vida.

Referencias

1. Antonio de Gironella (1851). LA ODISEA DE HOMERO.
2. Julián, P.& María M. (2017). DEFINICIÓN DE DOMÓTICA. 2019, de Definición. DE Recuperado: https://definicion.de/domotica/.
3. Roberto Acuña. (2018). HISTORIA de la DOMOTICA La Evolución de la Tecnología al 2019. 2019, de admin Recuperado: https://www.domoticas.store/historia-de-la-domotica/
4. Domótica usuarios. (abril10, 2015). Fallece Joel Spira, el inventor de la domótica. 2019, de Domótica noticias Recuperado: http://domoticausuarios.es/fallece-joel-spira-el-inventor-de-la-domotica/
5. Ma. Isabel Yáñez (2010). ”la domótica, un bien para todos”, revista digital
6. Ruy Pérez Tamayo (2015). el estado y la ciencia en México: pasado, presente y futuro, p.320-349
7. ENDUTIH (2018).
8. Submarine Cable Map (2019). Recuperado: https://www.submarinecablemap.com
9. Raúl Carretero (2017). blog las arquitecturas del sistema domótico, Recuperado: https://hogartec2/las-arquitecturas-del-sistema-domotica/.
10. Francisco José Jiménez (2007). Sensores y Actuadores, Málaga.
11. Alberto Vladimir (2015). Tesis de la facultad de ingeniería en sistema electrónico Inteligencia artificial (2007) Recuperado: http://www.inteligenciaartificialyrobotica.com/esp/ítem/535/index.php.
12. Sorrentino et al, (1995). Recuperado: https://www.sonria.com/quienes/.
13. Claudio Gonzáles Domínguez (2015). Aplicaciones orientadas a la domótica con Raspberry Pi, Sevilla.
14. Hugo Arganda, Castellón, Ávila (2014). Recuperado: blog.theinventorhouse.org/tag/os-warrior-dk/.

Procesamiento digital de imágenes de retina para el realce de lesiones propias de la retinopatía diabética

V.C. Hernández Basilio[*]*, A. Catalán Villegas, G. A. Alonso Silverio, A. Feliciano Morales, A. Alarcón Paredes,*
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero.
Av. Lázaro Cárdenas S/N Col. Haciendita C.P. 39087
Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México
[*]*citlallihernandez@uagro.mx.*
***Área de participación**: Ingeniería eléctrica y electrónica*

Resumen

La retinopatía diabética es una de las principales causas de ceguera en personas menores de 65 años, siendo tratable si se detecta a tiempo. Las herramientas de hoy en día permiten observar la imagen de fondo de ojo, sin embargo en ocasiones la imagen que se visualiza puede tener una iluminación no uniforme o deficiente, lo que algunas veces puede ocultar lesiones que tras un proceso de mejora puede mitigarse, existen algunos trabajos en los que se detectan lesiones y emiten un diagnóstico pero mencionan que obtienen mejores resultados cuando la imagen es de buena calidad, en el presente trabajo se presenta una manera de realzar las lesiones de tal forma que el médico pueda observar los detalles que pudieran no ser evidentes a simple vista mejorando la imagen, ya que se pretende resaltar las características a pesar de tener una imagen no muy clara. Esta metodología es probada en imágenes de la base de datos MESSIDOR, esta base de datos fue creada para probar algoritmos de detección de lesiones.

***Palabras clave**:*

Retinopatía diabética, procesamiento digital de imágenes, realce de lesiones.

Abstract

Diabetic retinopathy is one of the main causes of blindness in people under the age of 65, and can be treated if detected early. Today's tools allow us to observe the background image of the eye, however sometimes the image that is displayed can have a non-uniform or deficient illumination, which sometimes can hide lesions that after a process of improvement can be mitigated, there are some works in which lesions are detected and emit a diagnosis but mention that they obtain better results when the image is of good quality, This paper presents a way to enhance the lesions in such a way that the doctor can observe the details that may not be evident to the naked eye by improving the image, as it is intended to highlight the characteristics despite having a picture not very clear. This methodology is tested in images from the MESSIDOR database, this database was created to test injury detection algorithms.

***Key words**:*

Diabetic retinopathy, digital image processing, lesion enhancement.

Introducción

Existen diversas causas que generan ceguera en personas menores de 65 años, tal es el caso del glaucoma, cataratas, degeneración macular y la retinopatía diabética, siendo esta última una de las más comunes, aunque prevenible si se detecta a tiempo (Organización Mundial de la Salud, 2019). De la retinopatía diabética derivan dos tipos, no proliferativa, en donde se presentan microaneurismas, exudados duros y algodonosos y hemorragias

intrarretinianas; y proliferativa en donde además de lo antes mencionado se detecta neovasculización que puede generar hemorragias masivas causando la pérdida inmediata de la vista.
Un elemento importante para poder detectar a tiempo dicho padecimiento es contar con las herramientas necesarias para poder realizar una exploración oftalmológica adecuada, dichas herramientas deben ser capaces de mostrar al médico las lesiones y características propias de este padecimiento de manera clara, sin embargo actualmente los equipos utilizados para realizar las exploraciones son el retinógrafo que es un equipo costoso y voluminoso, normalmente utilizado por oftalmólogos y el oftalmoscopio que si bien es de menor costo y de tamaño pequeño, pero proporciona una imagen con un campo de visión pequeño;
Existen estudios realizados con el propósito de detectar alguna de las manifestaciones antes mencionadas, en donde mediante la segmentación de la imagen, con una máscara de M x N localizan el disco óptico esto en el software MATLAB (Singh, et al., 2005), en otro de estos trabajos se localizan exudados mediante la normalización de la imagen, para posteriormente segmentar la imagen eliminando falsos positivos (Gupta, et al., 2013). El presente trabajo expone una manera de mostrar estas manifestaciones, resaltándolas a través del procesamiento digital de imágenes en Python, ya que es un software libre, de alto nivel, multiparadigmas y su sintaxis es sencilla comparada con otros lenguajes de programación, en el cual se resaltarán la red vascular, el disco óptico y exudados. La finalidad es subsanar el problema de tener que elegir imágenes de buena calidad, para posteriormente, en un trabajo futuro, poder capturar la imagen sin uno de los equipos antes mencionados.

Materiales y métodos

Materiales

Se utilizó el lenguaje de programación Python, desarrollado por el programador Holandés Guido Van Rossum, ya que es un lenguaje de programación de alto nivel, fácil de comprender y apto para diversas plataformas según Python Software Foundation, los algoritmos para el procesamiento digital fueron probados en imágenes de la base de datos MESSIDOR (Methods to Evaluate Segmentation and Indexing Techniques in the field of Retinal Ophthalmology, en Frances), esta base de datos fue creada para comparar y evaluar distintos algoritmos para la detección de lesiones en la retina menciona (Decencière, 2014), consta de 1,200 imágenes tomadas con un retinógrafo con un tamaño de 1440 x 960, 2240 x 1488 ó 2304 x 1536 píxeles. De éstas, 800 fueron tomadas con dilatación de pupila, de las cuales se utilizarán 268 diagnosticadas como sanas o con retinopatía diabética.

Redimensionamiento de las imágenes

Como primer paso se propone el redimensionamiento de las imágenes como medio de estandarización ya que, como se menciona en el párrafo anterior, las imágenes de la base de datos no son de un solo tamaño, esto se realiza mediante una función de OpenCV de cambio de tamaño, las dimensiones utilizadas son de 700 x 500 pixeles.

Resaltado de la red vascular

El procesamiento utilizado en el presente trabajo consiste en realizar la separación de la imagen en sus 3 canales, rojo, verde y azul (RGB, por sus siglas en inglés, Red, Green, Blue), en la figura 1 se puede observar que el canal que proporciona mayor información es el canal verde de la imagen. Una vez separados los canales de la imagen, se ecualiza el histograma del canal verde de manera adaptable según su iluminación, esto debido a que la superficie de la retina no contiene una iluminación uniforme, mediante una ecualización adaptativa es posible realizar la ecualización del histograma trabajando en pequeños bloques que contengan una iluminación similar (Manual de OpenCV, 2015). En la figura 2 se muestra la metodología para resaltar la red vascular en imágenes de fondo de ojo.

 ISSN 2007-8102

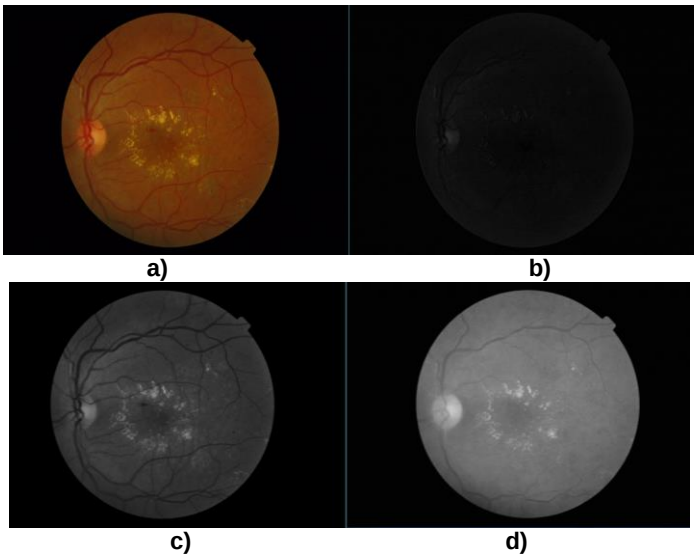


Figura 1. Imagen dividida en sus 3 canales a) imagen original, b) canal azul c) verde y d) canal rojo

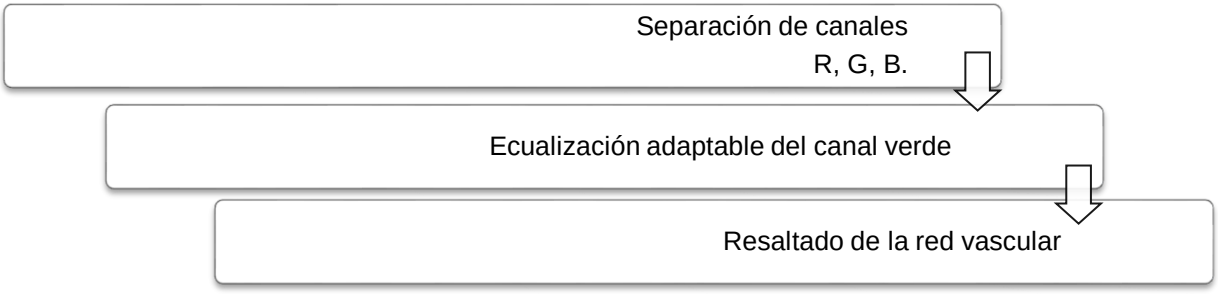
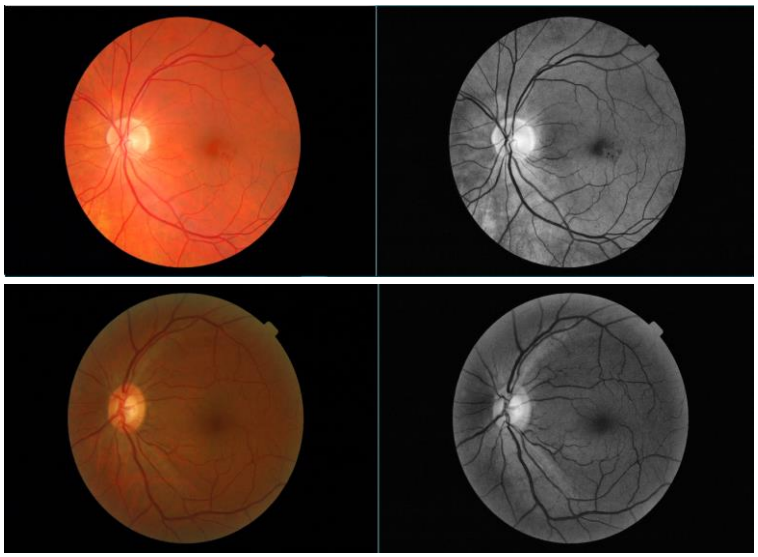


Figura 2. Metodología propuesta para el resaltado de la red vascular en imágenes de fondo de ojo

A través de la figura 3 se observan algunos ejemplos de imágenes a las que se les aplicó este procesamiento, en la columna izquierda se muestra la imagen original y en la derecha la imagen una vez realizados los pasos anteriores, en donde se resalta la red vascular y se pueden observar venas que en la imagen original resulta complicado distinguir.



 ISSN 2007-8102

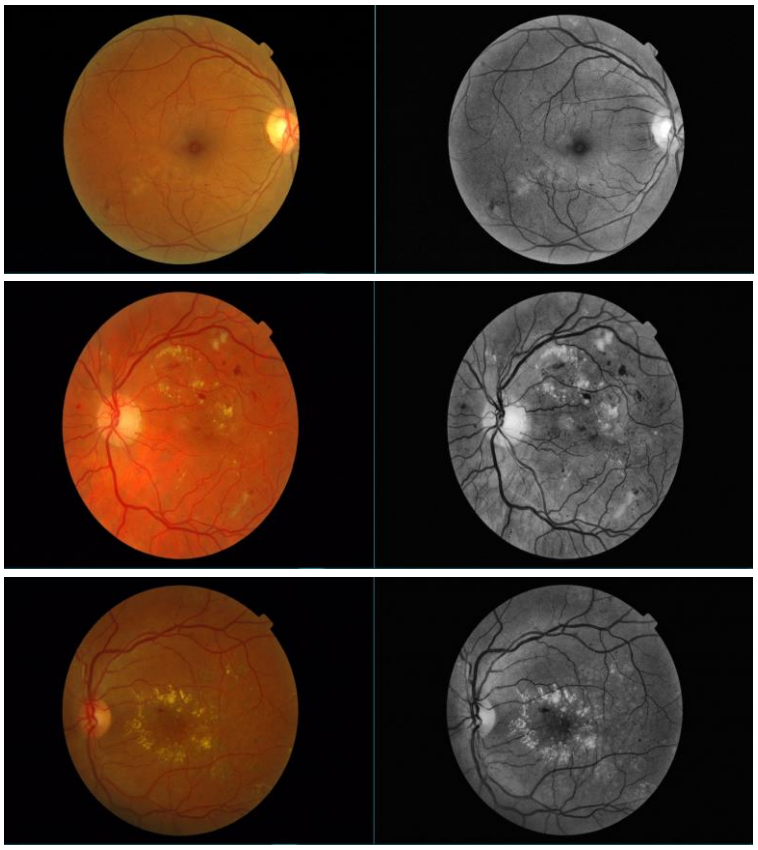


Figura 3. Modelo propuesto para resaltar la red vascular en imágenes de fondo de ojo.

Resaltado de lesiones

Otras características propias de la retinopatía diabética son la presencia de exudados y hemorragias; los exudados (Lozano, 2007), son manchas blancas que surgen por el exceso de material proteico apreciables sobre la superficie de la retina, mientras que las hemorragias surgen por el rompimiento de venas dilatadas. El modelo propuesto para el resaltado de lesiones se muestra en la figura 4.

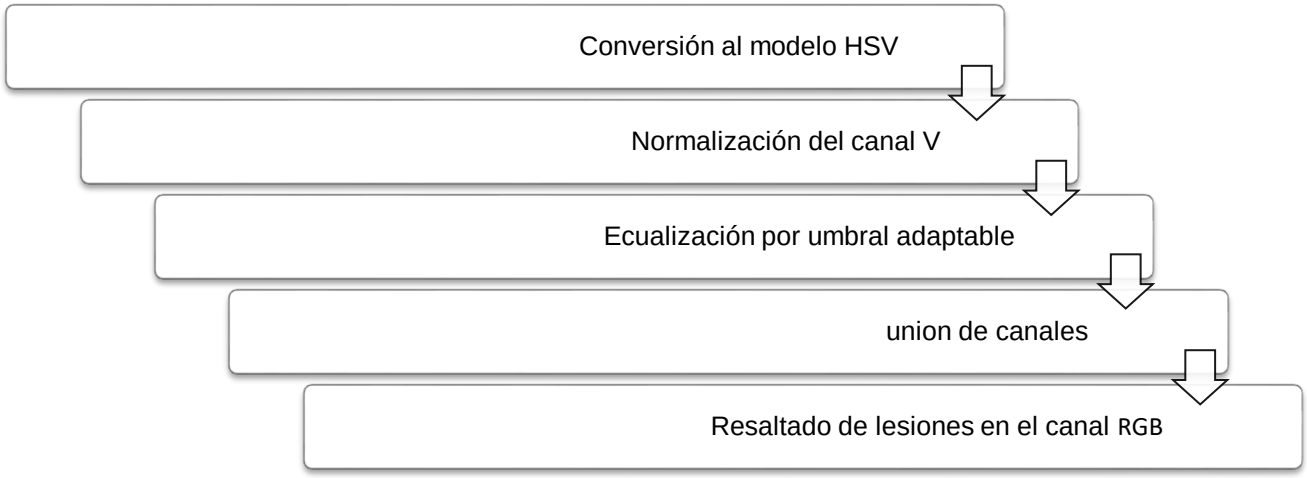
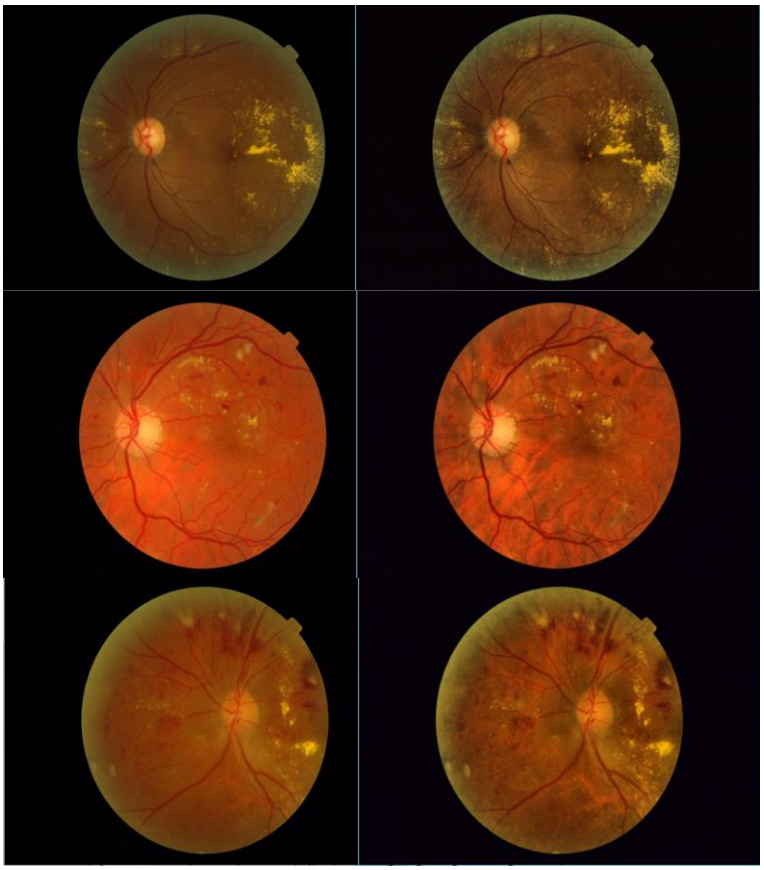


Figura 4. Metodología propuesta para el resaltado de lesiones causadas por retinopatía diabética

 ISSN 2007-8102

El modelo propuesto para resaltar las lesiones en imágenes de fondo de ojo es convertir la imagen al modelo de color HSV,] ya que en este modelo de color es más fácil hacer ajustes que en el modelo RGB porque sus componentes H (hue=matiz) S (saturation=saturación) V (value=valor) son los elementos que percibimos en cada unidad de color (Castelo & Munárriz, 2007); se realiza una normalización al canal V y una posterior ecualización adaptable de iluminación, la imagen normalizada se sustituye por la imagen original del canal V para unir nuevamente los 3 canales y convertir al modelo de color RGB, Una vez realizado este procedimiento se pueden visualizar los cambios a la imagen en la figura 5, en donde es posible apreciar los exudados y hemorragias presentes en la retina, en caso de haberlas. En la columna izquierda se muestran las imágenes originales y en la columna derecha las imágenes con el procesamiento, en donde es posible observar mejor las lesiones.



 ISSN 2007-8102

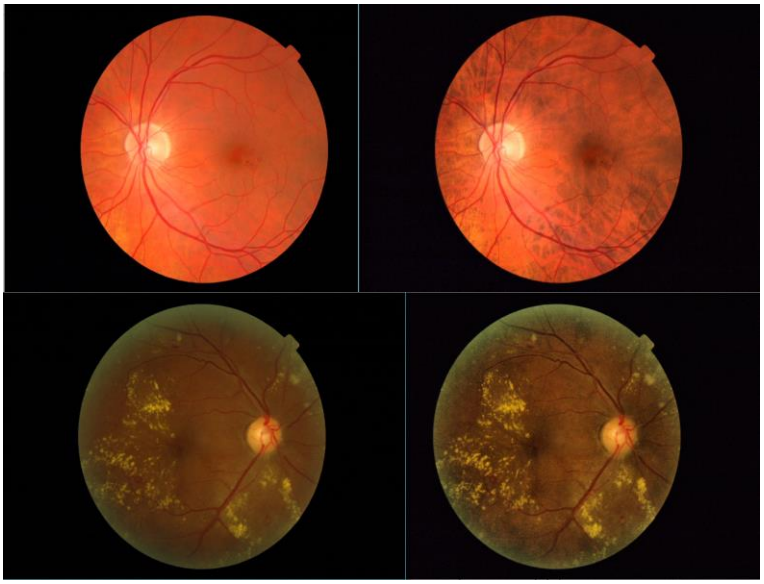
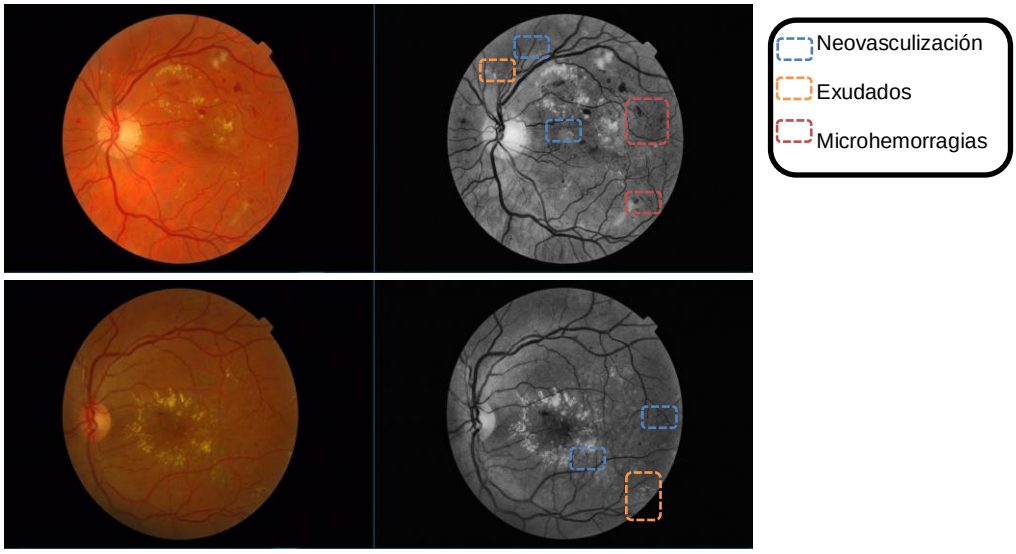


Figura 5. Modelo propuesto para resaltar exudados en imágenes de fondo de ojo

Resultados y discusión

Como resultados preliminares se puede apreciar que aplicar algunos filtros de mejora a las imágenes de fondo de ojo permite observar mejor las lesiones presentes en la retina que, debido a factores como la iluminación no es posible distinguir fácilmente en la imagen original; en el presente trabajo se mostró una manera de corregir estas deficiencias con un bajo costo computacional con ecualización y normalización de histograma, en la figura 6 se muestran algunas imágenes a las que se les aplicó la metodología propuesta, en donde es posible distinguir lesiones que en la imagen original no se observan fácilmente.



 ISSN 2007-8102

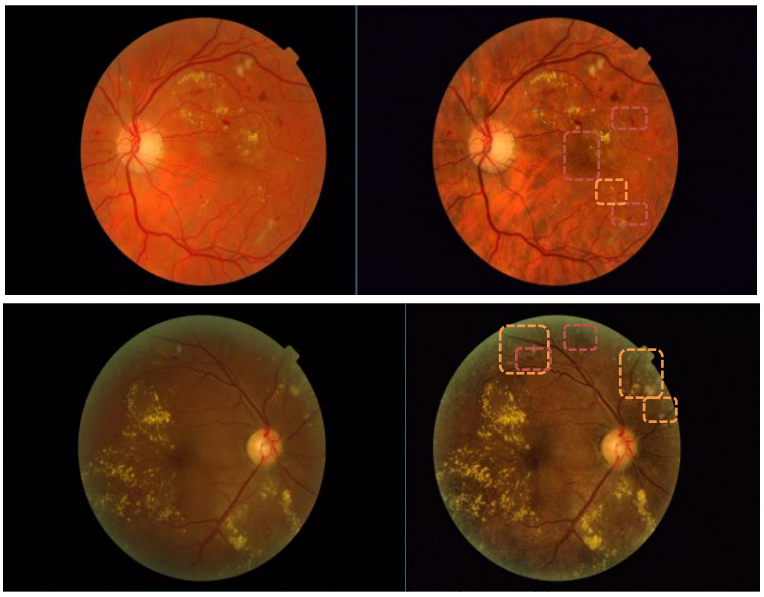


Figura 6. Imágenes con lesiones

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se pretende mejorar el procedimiento para procesar de la imagen, así como su implementación en un dispositivo móvil, a fin de poder probarlo no solo en imágenes de bases de datos, sino en imágenes con pacientes bajo la supervisión de un médico, para que éste pueda emitir un diagnóstico sin recurrir a un equipo especializado, en donde no se cuente con especialistas o con el equipo necesario como el retinógrafo para realizar una exploración, y aun así poder observar la imagen de fondo de ojo y las manifestaciones de la retinopatía diabética en caso de haberlas.

Conclusiones

Una imagen de buena calidad permite a los médicos dar el diagnóstico de enfermedades que si son diagnosticadas y atendidas a tiempo permiten al paciente llevar una buena calidad de vida, como la retinopatía diabética y otras enfermedades detectables a través de la imagen de fondo de ojo; sin embargo no siempre es posible adquirir este tipo de imágenes con la calidad requerida para observar las lesiones presentes, pero gracias al procesamiento digital de imágenes es posible subsanar esta dificultad mejorando la visibilidad de lesiones que a simple vista no son tan fáciles de detectar.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado para poder continuar con mis estudios.

Referencias

[1] Castelo Sardina, L. Munárriz Ortiz, J. (2007). La imagen fotográfica. España: Editorial Akal. https://books.google.com.mx/books?id=bmaPOaRM6REC.
[2] Challenger-Pérez, I., Díaz-Ricardo, Y., Becerra-García, R. (2014), El lenguaje de programación Python. Ciencias Holguín. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181531232001.

[3] Decencière et al.. Feedback on a publicly distributed database: the Messidor database.Image Analysis & Stereology, v. 33, n. 3, p. 231-234, aug. 2014. ISSN 1854-5165. Available at: http://www.ias-iss.org/ojs/IAS/article/view/1155 or http://dx.doi.org/10.5566/ias.1155.
[4] Gupta, A., Issac, A., Sengar, N., Kishore Dutta, M. (2013). An efficient automated method for exudates segmentation using image normalization and histogram análisis. Computer methods and programs in biomedicine.
[5] Lozano-Alcázar, J. (2007). Tres personajes en un libro. Cirugía y Cirujanos, 75(5). Manual CTO de medicina y cirugía: oftalmología. 8a edición. España: Grupo CTO.
[6] Organización Mundial de la Salud. (2019). Temas de salud. Ceguera. https://www.who.int/topics/blindness/es.
[7] Singh, A., Kishore Dutta, M., Partha Sarathi, M., Uher, V., Burget, R, (2015). Image processing based automatic diagnosis of glaucoma using wavelet features of segmented optic disc from fundus image. Computer methods and programs in biomedicine.
[8] OpenCV. Visión de computadora de código abierto. (2015). Ecualización de histogramas. https://docs.opencv.org/3.1.0.
[9] Python Software Foundation. (2017). Tutorial de Python. http://docs.python.org.ar/tutorial/3/real-index.html.

Implementación del modelo electroquímico de una celda de combustible tipo PEM

C. L. Valdez Hernández[1], B. L. Reyes García[2], *P. M.García Vite[1,2*],* A. L. Martínez Salazar[2], R. Castillo Gutiérrez[1]
Maestría en Ingeniería Eléctrica[1], Maestría en Ciencias de la Ingeniería[2]
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Ciudad Madero,
Av. 1o. de Mayo y Sor Juana Inés de la Cruz s/n, C.P.89440, Cd. Madero, Tamaulipas, México
**pedro.vite@itcm.edu.mx*

Área de participación: Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Resumen

Actualmente, el uso de la energía proveniente de fuentes renovables se ha incrementado debido a sus múltiples ventajas, como la alta eficiencia y el bajo impacto ambiental. Una de las fuentes renovables que ha aumentado su utilización es la celda de combustible, particularmente la del tipo de membrana de intercambio protónico (PEMFC). Sin embargo, poseer una PEMFC es generalmente costoso y, ocasionalmente, resulta complicado operarla dentro de un ambiente controlado. Con el conocimiento y la implementación de un modelo electroquímico simplificado es posible realizar la emulación de una PEMFC y mediante una carga lineal someterla a pruebas para así obtener su curva característica. El emulador propuesto permite reproducir el comportamiento de una PEMFC, teniendo como ventaja ahorrar tiempo en la experimentación y evaluación de sistemas conectados a ésta. La carga electrónica consiste en una serie de transistores configurados en una conexión tipo Darlington operados únicamente en la zona lineal. Las pruebas experimentales corroboran el análisis teórico.

***Palabras clave**: Celda de combustible, curva característica, carga lineal, energías renovables.*

Abstract

Currently, the use of energy from renewable sources has increased due to their multiple advantages, such as high efficiency and low environmental impact. One of the renewable sources that has increased its use is the fuel cell, particularly the type of proton exchange membrane (PEMFC). However, owning a PEMFC is usually expensive and, occasionally, it is difficult to operate it within a controlled environment. With the knowledge and the implementation of a simplified electrochemical model, it is possible to perform the emulation of a PEMFC and by means of a linear load to tests it and to obtain its characteristic curve. The proposed emulator allows reproducing the behavior of a PEMFC, which offers the advantage of saving time in the experimentation and evaluation of systems at which is connected. The electronic load consists of a series of transistors configured in a Darlington type connection, operated only in the linear zone. Experimental tests corroborate the theoretical analysis.

***Key words**: Fuel cell, characteristic curve, linear load, renewable energies.*

Introducción

El cambio climático y la alarmante contaminación han dado origen al estudio de nuevas tecnologías para la generación de energía confiable, con la cual se mitigue el deterioro ambiental que sufre el planeta. Las energías renovables son las alternativas más viables. Un claro ejemplo son las celdas de combustible [FC, del inglés fuel cell (O'Hayre Ryan, 2016)] que utilizan combustibles como el hidrógeno para la generación de energía limpia y de alta eficiencia. Una FC es un dispositivo electroquímico capaz de realizar una conversión de energía química a eléctrica mediante una reacción oxidación-reducción (A. Albarbar, 2018). En la actualidad, se han desarrollado varios tipos de FCs, distiguiéndose unos de otros mediante sus propias características. En particuar, las celdas de combustible de membrana de intercambio protónico (PEM, del inglés proton exchange membrane FC) son las FCs más utilizadas en la actualidad, debido a sus bajas temperaturas de operación y al uso de hidrógeno y

 ISSN 2007-8102

oxígeno como combustibles (Xiao, 2011). Una FC tipo PEM es un sistema de ensamble membrana-electrodo, esto hace referencia al ánodo y el cátodo, separados por la membrana polimérica la cual sirve como electrolito (A. Albarbar, 2018). Durante su operación, el hidrógeno llega al ánodo y se disocia en protones y electrones. Los protones son conducidos a través de la membrana al cátodo, mientras que los electrones (e^-) son forzados a viajar por un circuito externo conectado (produciendo energía) ya que la membrana está aislada eléctricamente. En el cátodo, los electrones, son conducidos a través del circuito externo, y los protones se combinan las moléculas del oxígeno produciendo agua y calor.

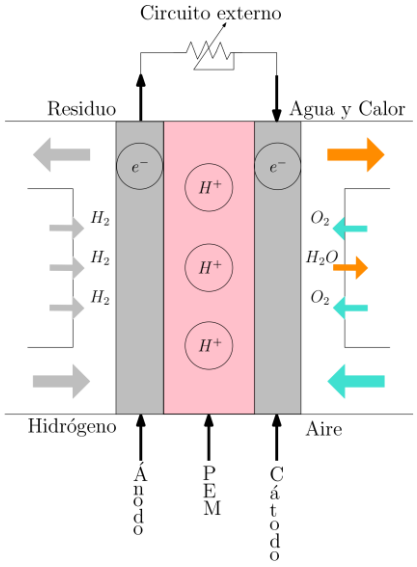


Figura 1. Estructura interna simplificada de una PEMFC.

En contraste, la desventaja más grande que las FCs tipo PEM presentan es su alto costo, ya que para su óptima operación son necesarios equipos y sistemas auxiliares complejos (V. Boscaino, 2010). Estas dificultades han dado pie al desarrollo de emuladores, los cuales representan una solución para llevar a cabo pruebas preliminares (Safa Slouma, 2015). Un emulador permite reproducir el comportamiento de un dispositivo con alta precisión y exactitud, tal es el caso de una FC tipo PEM, esto con la finalidad de evaluar estrategias de control y rendimiento, así como detección de problemas de conexión y sincronización en sistemas de generación basados en FCs (Averill M. Law, 1995).

Considerando lo anterior, este trabajo propone la codificación y evaluación del modelo electroquímico mediante la variación de parámetros a través del software de simulación. Seguido por la implementación de dicho modelo en un microcontrolador (MCU, del inglés Microcontroller Unit) con el propósito de llevar a cabo la emulación de una celda PEMFC convencional. Dicho emulador permite obtener señales medibles de voltaje y corriente en su salida. Asimismo, a la salida del circuito emulador propuesto se presenta un voltaje que sigue la trayectoria impuesta por la curva característica V-I. En la salida del emulador es posible conectar una carga electrónica con el fin de poder obtener experimentalmente 20 puntos de dicha curva teórica. Inicialmente, se presenta el diseño y funcionamiento de los circuitos propuestos para la etapa de acondicionamiento de señales y de potencia junto con la descripción de la metodología, posteriormente la experimentación así como los resultados y finalmente se exponen las conclusiones.

Metodología

Modelo electroquímico

Se define como modelo electroquímico a todas aquellas reacciones químicas que suceden en un conductor eléctrico y en un conductor iónico. En el caso de una FC tipo PEM, el conductor eléctrico son los electrodos y el conductor iónico es la membrana polimérica. En particular, se han propuesto diversos modelos matemáticos

para la descripción de una PEMFC (N.I. Hernandez, 2018). De forma simplificada pero representativa se puede considerar el comportamiento matemático de una FC tipo PEM de la siguiente manera:

$$V_o = E - \Delta V_{act} - \Delta V_{ohm} - \Delta V_{tran} \qquad (1)$$

Donde E es el voltaje de circuito abierto reversible o también llamado voltaje de Nernst, ΔV_{act} son las pérdidas por activación, ΔV_{ohm} son las pérdidas óhmicas y ΔV_{tran} las pérdidas de transferencia de masa. Cada una de estas caídas de voltaje está determinada a continuación:

$$\Delta V_{act} = A \ln(j) \qquad (2)$$

$$\Delta V_{ohm} = j.r \qquad (3)$$

$$\Delta V_{tran} = -B \ln\left(1 - \frac{j}{j_l}\right) \qquad (4)$$

Los parámetros necesarios para la determinación de (2), (3) y (4) se pueden consultar en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de la celda de combustible.

Símbolo	Unidades	Descripción
$A = \frac{R.T}{2.\propto.F}$	V	Constante de Tafel
$R = 8.314472$	$\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol.K}}$	Constante Universal de los gases
T	K	Temperatura
$F = 96{,}485$	C	Constante de Faraday
$\propto$	-	Constante de transferencia de carga
j	$\frac{\mathrm{mA}}{\mathrm{cm}^2}$	Densidad de corriente
j_o	$\frac{\mathrm{mA}}{\mathrm{cm}^2}$	Densidad de corriente máxima
$B = -\frac{R.T}{z.F}$	V	Constante de transferencia de masa
z	-	Número de electrones móviles
BH_2	V	B lado ánodo $(z = 2)$
BO_2	V	B lado cátodo $(z = 4)$
j_l	$\frac{\mathrm{mA}}{\mathrm{cm}^2}$	Densidad de corriente límite
r	$\frac{\mathrm{k\Omega}}{\mathrm{cm}^2}$	Resistencia de área específica

Simulación del modelo

Para la validación del modelo electroquímico antes descrito y tomando en cuenta los parámetros de la FC tipo PEM presentada por N. I. Hernández y colaboradores (N.I. Hernandez, 2018), se ha llevado a cabo una codificación mediante el uso de bloques en MATLAB/SIMULINK en función de la corriente de salida $[i(t)]$ de manera que se incluyan los tres tipos de pérdidas que están presentes en la operación de una PEMFC $(\Delta V_{act}, \Delta V_{ohm}, \Delta V_{tran})$. Así mismo, se acopló a la simulación una fuente controlada por voltaje (CVS, del inglés Controlled-Voltage Source) esto con la finalidad de realizar una interfaz entre el modelo y la parte de potencia, de igual manera se presenta una carga *R*. En la Figura 2 puede observarse el esquema de bloques implementado en la simulación del modelo. Los resultados obtenidos se presentan en la curva característica de la Figura 5.

 ISSN 2007-8102

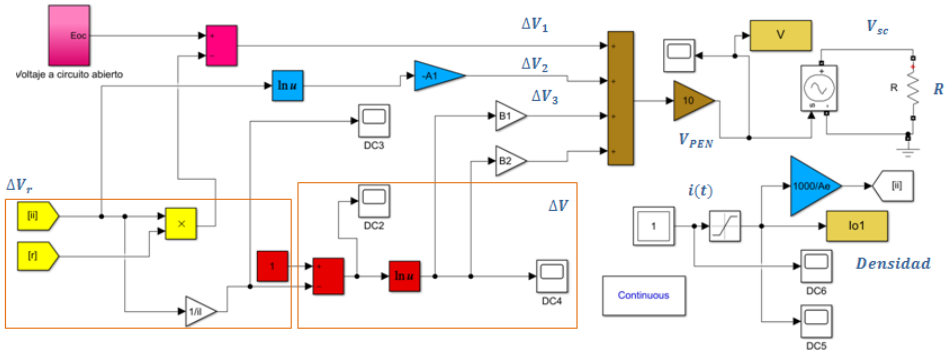


Figura 2. Esquema de bloques MATLAB/SIMULINK.

Emulación de una PEMFC

La emulación de un sistema de FC tipo PEM proporciona resultados de alto grado de precisión y a su vez es una fácil solución a la desventaja del alto costo que los mismos presentan, por lo cual es ideal al momento de realizar pruebas preliminares con este tipo de sistemas (Abdellah Beicha, 2015). Se han desarrollado sistemas de emulación de celdas de combustibles, los cuales generalmente se basan en la utilización de fuentes controlables de CD (Iman Soltani, 2014) y en ocasiones están controlados mediante sistemas embebidos de arreglo de compuertas lógicas o FPGAs (del inglés, Field-Programmable Gate Array) y por procesadores lógicos programables o DSPs (del inglés Digital Signal Processor) (O'Hayre Ryan, 2016). Mientras que otros están basados en convertidores CD-CD como el Buck o Boost (Safa Slouma, 2015). Por tal motivo, se propone la implementación de un sistema capaz de calcular el voltaje de salida de una FC tipo PEM esto en función de la corriente medida en la carga. Adicionalmente, el mismo ha sido diseñado para permitir una rápida y fácil modificación de las condiciones de operación y modelo matemático.

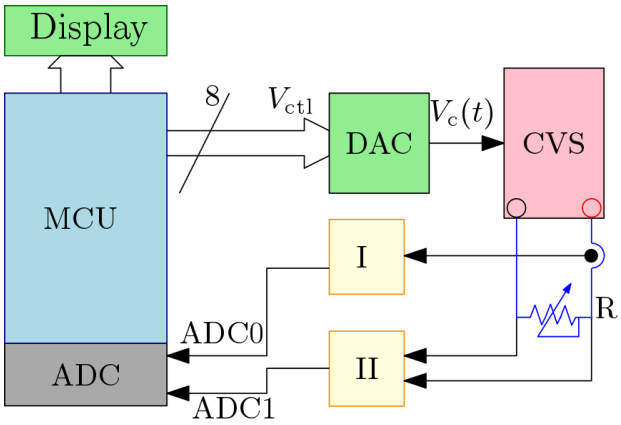


Figura 3. Sistema emulador propuesto.

En la Figura 3 se presenta el sistema emulador propuesto, se realizó la programación de un microcontrolador de 8 bits. Durante la programación se codificaron las ecuaciones descritas en el apartado que hace referencia del modelo electroquímico y se obtuvo como señal de salida, el voltaje del stack de 20 watts de potencia denominado voltaje de control (V_{ctl}). Dicho voltaje de control es enviado como byte a un convertidor digital analógico (DAC). Posteriormente, la señal analógica de salida de DAC es considerada como voltaje continuo $V_c(t)$ y es direccionado a una fuente controlada por voltaje (CVS) y esta a la vez alimenta una resistencia de carga (R).

En R se acoplaron dos sensores, uno de corriente (I) y otro de voltaje (II), estos se encargan de medir el voltaje y la corriente de salida, respectivamente, presentes en la carga (R) del circuito. El valor del V_{ctl} está en función de la corriente medida en el sistema, por lo cual la corriente medida en (I) y el voltaje medido en (II) son retroalimentados al MCU mediante el $ADC1$ y el $ADC2$ en donde son procesadas las señales entregadas y

 ISSN 2007-8102

de esta manera se cierra el lazo del sistema propuesto. Valores como el voltaje de salida (V_{ctl}) y la densidad de corriente (j) son mostrados en el $DISPLAY$ con fines ilustrativos y analíticos.

Implementación del sistema

En la Figura 4 se presenta los diferentes elementos que componen el sistema. Está conformado por el emulador descrito en el apartado anterior. Se han adicionado un circuito de control el cual consta de un acondicionador de señales que proporciona a su salida niveles de voltaje adecuados para el suministro de corriente al transistor operado en la zona lineal. De esta manera, se consigue variar linealmente una carga. También, se ha acoplado una carga electrónica, la cual es el circuito de potencia principal, compuesta por una serie de transistores bipolares operados en zonas activas (M. del R. Rivera Espinosa, 2018).

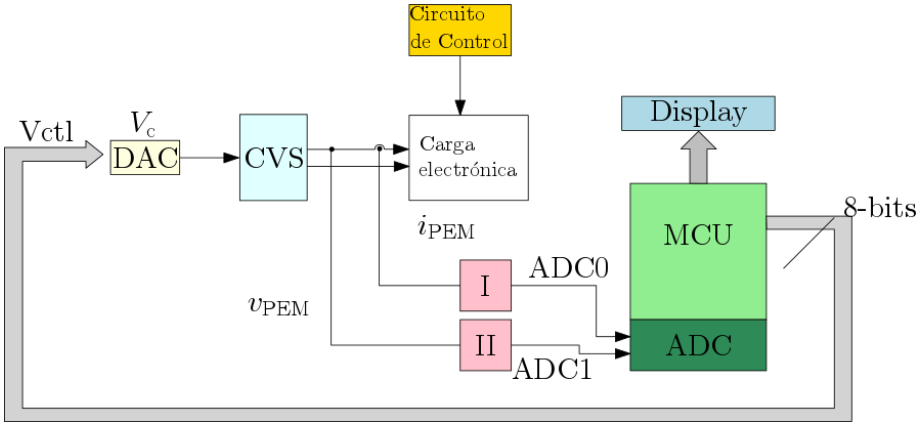


Figura 4. Implementación del sistema.

Carga electrónica

Consiste en una conexión Darlington de dos transistores cuya ganancia es el producto de las ganancias de los elementos individuales, es decir, $\beta_T = \beta_{Q1} . \beta_{Q2}$. (M. del R. Rivera Espinosa, 2018). Además, considerando la manera de operar del arreglo utilizado y tomando en cuenta que la corriente del colector (i_c) de Q_2 está denotada como i_{PEM}, por consiguiente podemos definirla como:

$$i_{PEM} = i_c = \beta_T . i_B \qquad (5)$$

La corriente de base (i_B) de Q_1 es controlada mediante el voltaje de control (V_{ctrl}) que proviene del circuito acondicionador de señales. La configuración antes descrita permite al circuito operar a lo largo de la región activa y cuyos límites son la región de corte y saturación. Se puede determinar el comportamiento lineal del sistema implementado de acuerdo al análisis de la corriente de colector (i_c) en contraste con el V_{ctrl} y el voltaje en la carga electrónica (V_{CE}). En el primer análisis, i_c permanece constante después de sobrepasar la región de saturación presente debido a las características de los transistores. En el segundo análisis, i_c se comporta puramente lineal respecto a V_{CE}. Posteriormente de los análisis anteriores y habiendo comprobado la linealidad de sistema se determinó la utilidad del mismo y se interconectó al sistema emulador digital de la FC tipo PEM.

Circuito de control

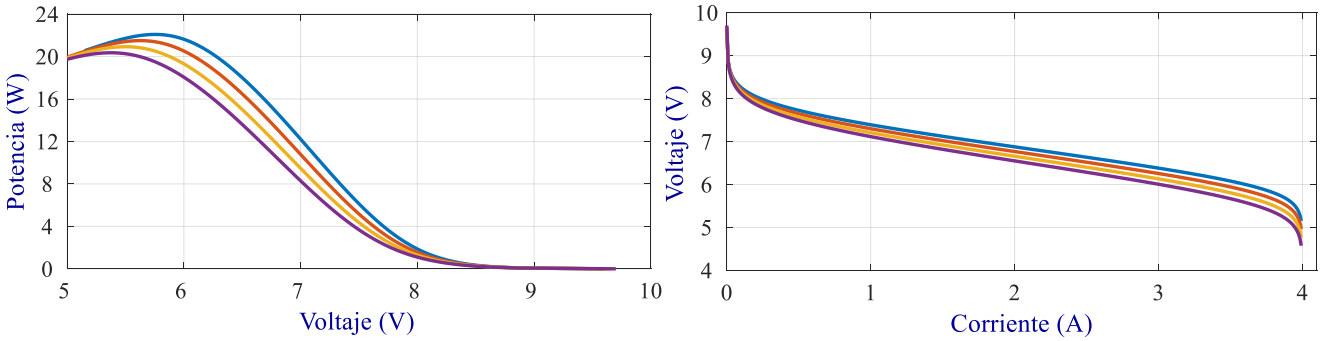
El circuito de control consiste en un acondicionador de señal que controla el voltaje (V_{ctrl}) aplicado a la carga electrónica. Se establece una variación del voltaje de entrada entre valores de 0 y 5 voltios. El circuito tiene como función realizar un escalonamiento de la señal de entrada con el propósito de proveer V_{ctrl} que delimite las regiones de operación del transistor (M. del R. Rivera Espinosa, 2018). El voltaje de entrada (V_a) fue aplicado mediante un generador de señales programado para proporcionar una señal triangular con una amplitud de 5 voltios y una frecuencia de 165 mHz.

 ISSN 2007-8102

Experimentación y resultados

Resultados de simulación

La Figura 5 demuestra los valores de voltaje y corriente obtenidos mediante la simulación de una FC tipo PEM en el software MATLAB/SIMULINK, la curva característica presentada se obtuvo mediante la variación de la resistencia de carga. En la Figura 5(a) se muestra los valores de voltaje contra la potencia obtenida y la Figura 5(b) muestra los valores de corriente contra el voltaje obtenido.



(a) (b)

Figura 5. Curva característica de una FC tipo PEM. (a) Potencia-Voltaje (b) Voltaje-Corriente.

Así mismo, en la Figura 6 se presenta una comparación entre la curva característica analítica y la curva característica obtenida mediante la simulación en MATLAB/SIMULINK. Se observa que mediante una resistencia de carga, la cual sufrió variaciones de 75 hasta 0.01 Ω, es posible reproducir el comportamiento de un FC tipo PEM. Se puede verificar que los resultados obtenidos en simulación siguen correctamente el comportamiento de una FC tipo PEM, por tal motivo se puede concluir que el modelo electroquímico descrito anteriormente es adecuado para la emulación de la operación de una PEMFC.

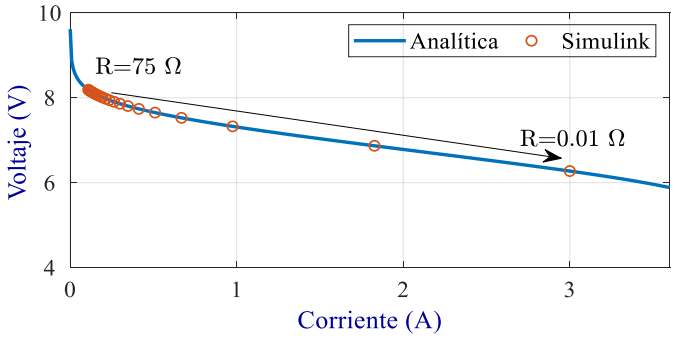
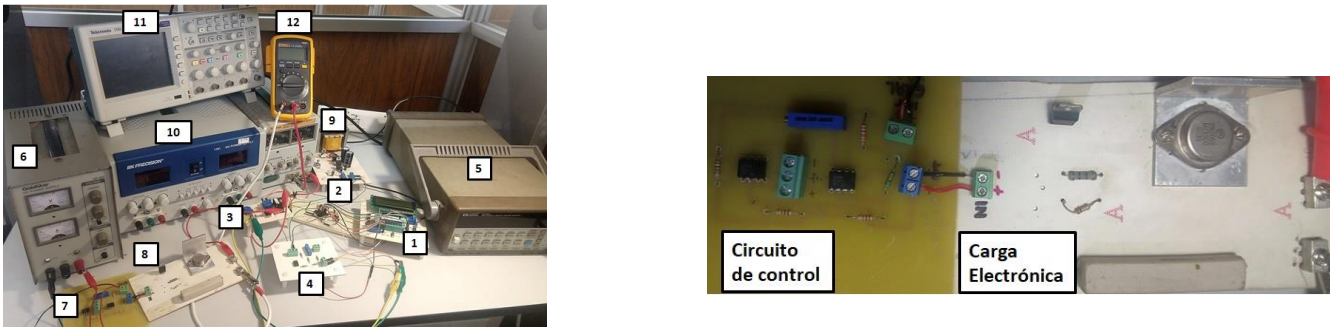


Figura 6. Curva característica analítica contra curva característica obtenida en MATLAB/SIMULINK

Resultados de emulación

La experimentación realizada con el emulador, el circuito de control y la carga electrónica se describen a continuación. En la Figura 7 (a) se observan los instrumentos utilizados para la obtención de la curva característica incluyendo la medición correspondiente de voltaje y corriente. Se puede apreciar el MCU programado con el modelo electroquímico de la FC tipo PEM (1), el DAC que proporciona la señal física del V_o de la FC (2), los sensores de corriente (3) y voltaje (4), las fuentes de CD que proporcionan el voltaje de entrada al circuito de control $(5, 6)$, el circuito de control (7), la carga electrónica (8), las fuentes de alimentación de los circuitos utilizados $(9, 10)$, el osciloscopio para señales (11) y el multímetro para la medición de corrientes (12). En la Figura 7 (b) se muestran detalladamente los circuitos de control y la carga electrónica, los cuales han sido previamente utilizados para la obtención de la curva característica de paneles solares (M. del R. Rivera Espinosa, 2018) Dichos circuitos operan en conjunto para obtener los principales parámetros del emulador digital de una FC tipo PEM.

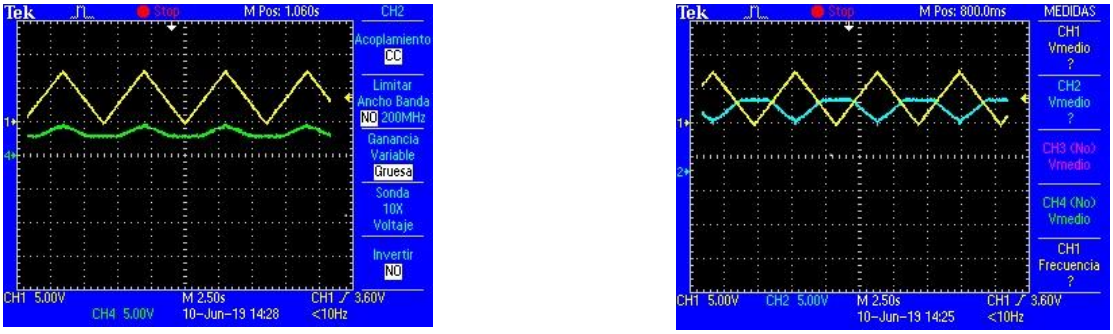
 ISSN 2007-8102



(a) (b)

Figura 7. Configuración Experimental. (a) Modulador con instrumentación conectada (b) carga electrónica.

La Figura 8 muestra los parámetros eléctricos medidos experimentalmente al simular una FC tipo PEM, fueron obtenidas por medio del osciloscopio Tektronix TDS2024C. Se muestran las señales obtenidas cuando el voltaje de entrada (V_a) fue aplicado mediante una señal triangular con características definidas anteriormente. La Figura 8 (a) se observa la señal triangular de entrada al circuito de carga y la corriente en el sensor de corriente. La Figura 8(b) muestra la misma señal triangular de entrada al circuito de carga y el voltaje de control (V_{ctl}).



(a) (b)

Figura 8. Señales medidas (a) Corriente en PEMFC. (b) Voltaje en la carga electrónica.

Los resultados obtenidos manifiestan el comportamiento no linear de un FC tipo PEM (Peraza César, 2014). Es importante destacar que el modelo PEM emulado es útil para obtener la caracterización de cualquier FC tipo PEM esto contando con parámetros conocidos y con datos de fácil obtención. La Figura 9 muestra los valores de voltaje y corriente obtenidos mediante los sensores acoplados al sistema. Dichos valores fueron adquiridos mediante la variación de la resistencia de carga.

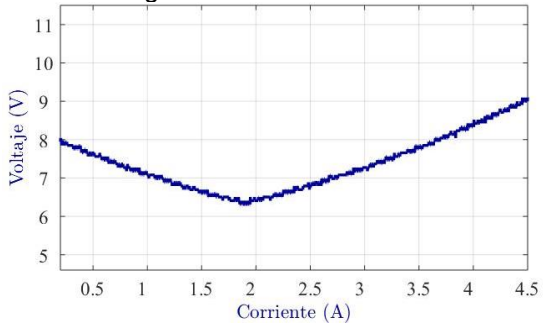


Figura 9. Resultados experimentales.

El sistema propuesto y los circuitos acoplados demuestran que los valores de voltaje y corriente obtenidos van de acuerdo con el comportamiento analítico de una FC tipo PEM (Meng Hui Wang, 2015). Los resultados obtenidos permiten validar la funcionalidad del sistema propuesto como una alternativa eficaz y eficiente para obtener la curva característica de una FC tipo PEMFC.

Trabajo a futuro

Se considera como trabajo a futuro la adición de un convertidor estático de potencia en conjunto con una técnica de control consistente en un algoritmo de máximo punto de potencia (MPPT), esto con la finalidad modificar el punto de operación de la FC tipo PEM, para lograr la máxima extracción de energía y en consecuencia aumentar su eficiencia.

Conclusiones

El presente trabajo es una alternativa fácil y accesible para la emulación de una FC tipo PEM basada en su modelo electroquímico. El sistema de emulación digital proporciona una representación precisa del comportamiento de una PEM en condiciones estables. La implementación del circuito de control y la carga electrónica proporcionan ventajas en cuanto a la obtención de parámetros. El diseño de estos en conjunto permite optimizar el aprovechamiento máximo de energía producida por una FC tipo PEM. Las pruebas experimentales desarrolladas con este tipo de sistemas con celdas de combustible y la adición de circuitos de potencia facilitan el trabajo de investigación y constituyen un ahorro considerable en cuestiones económicas, debido a que es posible programar y obtener datos importantes de una PEMFC sin necesidad de contar con una físicamente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto “Implementación de convertidores de potencia para el control y manejo de una red inteligente a pequeña escala con fuentes renovables.” bajo el registro: 6689.18-P. Así mismo, agradecen al PRODEP por el apoyo al CA “Análisis y Simulación de Redes Eléctricas (20771)”, proyecto “Procesadores de Potencia para Aplicaciones de Fuentes Fotovoltaicas”.

Referencias

A. Albarbar, M. A. (2018). Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *Switzerland: Springer International Publishing.*

Abdellah Beicha, R. Z. (2015). Electrochemical model for proton exchange membrane fuel cell systems. Journal of Power Technologies*, Vol. 93 N°. 1 Pag: 26-36.*

Averill M. Law, W. D. (1995). Simulation, Modeling & Analysis. *USA: McGraw-Hill, Inc.*

Iman Soltani, M. S. (2014). An Intelligent, Fast and Robust Maximum Power Ponit Tracking for Proton Exchange Membrane Fuel Cell. World Applied Programming Journal*, Vol. 3 N°7 3. Pag: 264-281.*

M. del R. Rivera Espinosa, P. M. (2018). Carga Electrónica Para la Obtención Experimental de Curvas Características de Paneles Solares. Coloquio de Investigación Multidisciplinaria Journal- Revista Electrónica Arbitrada*, (págs. Vol. 6, N° 1). Mexico.*

Meng Hui Wang, M.-L. H.-J.-J. (2015). Maximum power point tracking control method for proton exchange membrane fuel cell. IET Renewable Power Generation Journal*, ISSN:1752-1416.*

N.I. Hernandez, B. G. (2018). Emulación de un Stack de Celda de Combustible PEM a Partir de Su Modelo Electroquímico Simplificado Mediante una Fuente Programable. XIV Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico. *México.*

O'Hayre Ryan, C. S. (2016). Fuel Cell Fundamentals, 3rd. Edition. *USA: Wiley.*

Peraza César, D. G. (2014). Modelo dinámico de una celda de combustible de membrana de intercambio protónico (PEMFC) aplicando identificación neurodifusa. Revista Ingenieria UC.*, Vol. 15, N° 2 21-30.*

Safa Slouma, K. C. (2015). Command and control of a fuel cell emulator. International Conference on Composite Materials & Renewable Energy Applications (ICCMREA). *Tunisia.*

Technologies, K. (1 de Diciembre de 2017). Keysight E4360 Modular Solar Array Simulators. USA.

V. Boscaino, G. C. (2010). FPGA implementation of fuel cell emulator. SPEEDAM. *Italia.*

Xiao, L. X. (2011). Modeling and simulation of PEM fuel cells based on electrochemical model. International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering. *China.*

Método acústico para la detección de grietas y fisuras no visibles en recintos cerrados.

B.D. Volantin Trejo[1], F.J. Gallegos Funes[2], F. Pérez Díaz[1]*
[1]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, D.R. Instituto Politécnico Nacional (IPN). Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México.
[2] Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica del valle de México, Av. Mexiquense s/n esquina Av. Universidad Politécnica, Col. Villa Esmeralda, Tultitlán, C.P. 54910, Estado de México
**blanca.volantin@uvmnet.edu*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se presentará un método de acceso fácil e inmediato a la mayoría de las personas, el cual permita valorar las condiciones de un recinto posterior a un evento telúrico, para evitar el riesgo de habitarlo y que posteriormente se colapse. El método puede ser probado por medio de un teléfono inteligente que tenga una aplicación de sonómetro y en recintos caracterizados (medidos y con un rango de niveles de sonido constante), ya que existen métodos que utilizan equipos costosos y sofisticados, y en cambio, en este trabajo se utilizará solo la variación del sonido para detectar alguna grieta o fisura en cualquier recinto cerrado.

***Palabras clave**: Sismos, grietas, fisuras, Método, Acústica*

Abstract

A method of easy and immediate access to most people will be presented, which allows assessing the conditions of an enclosure after a telluric event, to avoid the risk of inhabiting it and subsequently collapsing. The method can be tested by means of a smartphone that has a sound level meter application and in characterized rooms (measured and with a range of constant sound levels), since there are methods that use expensive and sophisticated equipment, and instead, in This work will only use the variation of the sound to detect any crack or fissure in any enclosure.

***Key words**: earthquake, cracks, fissures, Methodology, Acoustic.*

Introducción

En los últimos años, movimientos telúricos de grandes intensidades han dejado graves afectaciones en edificaciones de diversas partes del mundo. Por lo que es necesario desarrollar métodos que permitan la evaluación de las estructuras antes de que vuelvan a ser habitadas, ya que pueden encontrarse dañadas con grietas o fisuras que no son visibles y que representan riesgo para la población debido a que la edificación podría estar en riesgo de colapso. De tal manera, es necesario estudiar y proponer nuevos métodos de evaluación de estructuras que permitan evitar pérdidas humanas.

México, por su ubicación geográfica se encuentra dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, el cual, con frecuencia presenta sismos de intensidad considerable causados, por lo general, por deslizamientos que presenta la Placa de Cocos por debajo de la placa de Norteamérica. Son de importancia los daños que han ocasionado los sismos ocurridos el 19 y 21 de septiembre de 1985 y el 19 de septiembre del 2017.
Posterior a los eventos sísmicos, las edificaciones pueden tener fisuras y grietas que no son perceptibles a simple vista, por lo que puede caber la posibilidad de que éstas se colapsen, por lo que se propone un método acústico que detecte grietas y fisuras no visibles al ojo humano en recintos cerrados de todo tipo de geometría y tamaño.

El método propuesto se comprobó mediante trabajo de campo en condiciones reales, primeramente, con las mediciones realizadas en el laboratorio de Señales y Sistemas de la Sección de Estudios de Posgrado e

 ISSN 2007-8102

Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, y en una habitación con ambiente controlado en donde se generaron alteraciones que sustituyen a las grietas en diferentes tamaños.

Metodología

En el método propuesto se midió el sonido con sonómetro y la aplicación Sound Meter con iOS 11 del iPhone 6s plus, en condiciones controladas durante diversos lapsos de tiempo y posiciones diferentes en un recinto de condiciones óptimas y el mismo recinto se midió bajo las condiciones exactas controladas, pero con grietas y fisuras para poder ver un patrón en la alteración del sonido medido y proponer un modelo matemático que represente dichas variaciones. Figura 1.

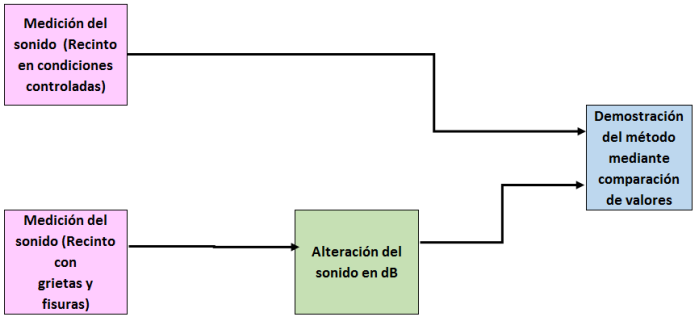


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema

Para acondicionar de la manera óptima un recinto que corresponda a las condiciones de sonido que se requieran, se utiliza el cálculo del Tiempo de Reverberación (T.R.). o se realizan los cálculos del T.R. con tres métodos: Sabine, Millington Sette y Eyring (Tabla 1)[9], para la comprobación del comportamiento acústico en cuanto a reverberación y así medir los niveles de presión sonora correctos tanto de las cabinas de prueba propuestas como en las mediciones de campo de recintos.

Tabla 1. Fórmulas para cálculo de Tiempo de Reverberación

MÉTODO	FÓRMULA	USO
Sabine	$T.R. = 0.161\frac{V}{\sum S_i * \alpha_i}\ [s]$ $\alpha < 2$	Fórmula para todo recinto en donde el material absorbente está distribuido de manera uniforme.
Eyring	$\mathrm{T.R.} = 0.161\frac{V}{-S * ln\left(1 - \frac{\sum \alpha_i * S_i}{S}\right)}\ [s]$ Recintos vivos $\propto \ll 1$ Recintos absorbentes $\propto = 1$	Aplicable cuando los coeficientes de absorción sonora son de valores numéricos parecidos para todas las superficies, es decir recintos muy absorbentes.
Millington-Sette	$\mathrm{T.R.} = 0.161\frac{V}{\sum S_i * ln(\frac{1}{1-\alpha_i})}\ [s]$	Cuando la variedad de materiales en el recinto es grande, y la diferencia entre los valores de los coeficientes de absorción también es grande.

Características de cabinas de pruebas

Se diseñaron tres cabinas de pruebas bajo tres condiciones posibles: Acondicionado óptimo, fisurado superficialmente, agrietado y fisurado.

Se utilizó un tablero de densidad media (DM) o madera MDF (Medium Density Fibreboard) de ¾ de pulgada para representar los muros del recinto por ser un aglomerado tres veces más barato que la madera, tiene dureza, rigidez e índice de absorción adecuado para efectos del sonido. Está fabricado a partir de elementos fibrosos de madera prensados en seco y se aglutina con una resina sintética.
Las cabinas se acondicionaron con los materiales adecuados para que respondan como recintos bajo las tres condiciones óptimas, las cuales serán utilizadas para la medición del T.R. tanto en forma indirecta (cálculos) y de

 ISSN 2007-8102

forma directa (aplicaciones) que serán las referencias para demostrar que se están comportando como un recinto real, un recinto con fisuras superficiales y grietas que no dañen la estructura y un recinto con grietas que pone en riesgo su estructura.
En la Figura 2, se muestra el prototipo de cabina de pruebas simulada en SOLIDWORKS en donde se observan una serie de perforaciones que servirán para realizar las mediciones con el sonómetro y las ranuras para el teléfono celular con las aplicaciones correspondientes para medir el TR y el NPS, siendo a su vez la representación de las grietas.

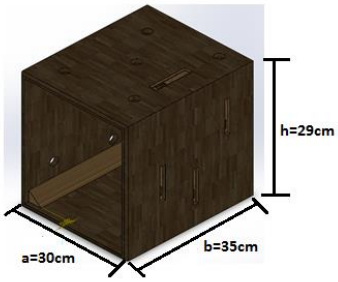


Figura 2. Prototipo de cabina de pruebas. SOLIDWORKS

Para determinar los tiempos de reverberación de cada una de las cabinas de prueba se requirió calcular el volumen total y las superficies de cada material utilizado como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Tiempo de reverberación óptimo de recintos.

TIPO DE EDIFICIO	LOCAL	TIEMPO DE REVERBERACIÓN (SEGUNDOS)
Viviendas u oficinas	Estar, dormitorios, servicios, oficinas zonas comunes	<=1 <=1 <=1.5
Hospitales	Zonas de estancias zonas comunes dormitorios	1.5<=T<=2 <=1 1.5<=T<=2
Escuelas	Aulas, sala de lectura Zonas comunes	0.5<=T<=1.9 1.5<=T<=2
Salas	Estudios de radiodifusión Conferencias Cines Pequeños teatros Auditorios	0.2<=T<=1 0.8<=T<=1.4 0.4<=T<=0.8 1.1<=T<=1.5 1.4<=T<=2

Usando la Ecuación del Método de Sabine (Tabla 1), y sustituyendo los valores de volumen total real, superficies calculadas y la Tabla 2 para los coeficientes de absorción. Para el caso de este proyecto, se utilizaron dos tipos de superficies, la primera de madera MDF de ¾ de pulgada y otra con panel de esponja acústica de 35 mm de espesor y densidad de 18 kg/m^3, con ondulación de 3-4cm como se muestra en la Figura 3, se colocaron de forma estratégica y bajo experiencias previas, de tal modo que se asemeje el comportamiento a un recinto real.

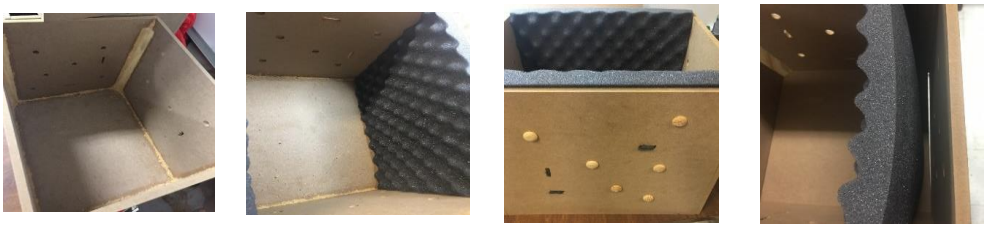


Figura 3. Materiales de superficies de las cabinas de prueba

Se utilizó la cabina de pruebas en condiciones óptimas durante todos los días de la semana en horario de diez de la mañana a ocho de la noche en treinta posiciones diferentes, con ruido blanco y después con ruido rosa a 125Hz y 250Hz primero se midió el nivel del sonido con el sonómetro y posteriormente con la aplicación Sound

 ISSN 2007-8102

Meter, cabe mencionar que los tiempos de reverberación TR20 y TR30 vienen dentro de la aplicación y se consideró su transformación a TR60 para su caracterización.

Se midió en la cabina de pruebas con grietas durante todos los días de la semana en horario de diez de la mañana a ocho de la noche en treinta posiciones diferentes, con ruido blanco y después con ruido rosa a 125Hz y 250Hz primero se midió el nivel del sonido con el sonómetro y posteriormente con la aplicación Sound Meter.

Se utilizó la cabina de pruebas con fisuras durante todos los días de la semana en horario de diez de la mañana a ocho de la noche en treinta posiciones diferentes, con ruido blanco y después con ruido rosa a 125Hz y 250Hz primero se midió el nivel del sonido con el sonómetro y posteriormente con la aplicación Sound Meter.

Se realizó el muestreo probabilístico de los datos medidos para obtener valores que se puedan evaluar.

Para una mejor interpretación de los resultados se hace la comparación con la curva de respuesta en frecuencia del oído humano. Figura 4.

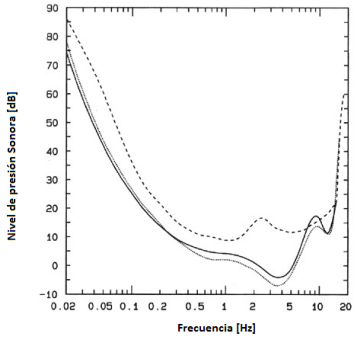


Figura 4. Respuesta en frecuencia del oído humano

Resultados

Mediciones con sonómetro y aplicación.

Se utilizó la cabina de pruebas en condiciones óptimas durante todos los días de la semana en horario de diez de 10:00 hrs. a 20:00 hrs en treinta posiciones diferentes, con ruido blanco y después con ruido rosa a 125Hz y 250Hz primero se midió el nivel del sonido con el sonómetro y posteriormente con la aplicación Sound Meter, cabe mencionar que los tiempos de reverberación TR20 y TR30 vienen dentro de la aplicación y se consideró su transformación a TR60 para su caracterización.
En la tabla 3.1 se muestran algunos ejemplos de las mediciones tomadas y se mencionan las condiciones contempladas.

Tabla 3-1 Mediciones en cabina de pruebas óptima T.R. 20 a 250Hz con ruido rosa utilizando sonómetro.

HORA	MEDICIÓN 1		MEDICIÓN 2		MEDICIÓN 3		MEDICIÓN 4		MEDICIÓN 5		MEDICIÓN 6	
	DECIBELES											
	MIN	MÁX	MIN	MÁX	MIN	MÁX	MIN	MÁX	MIN	MÁX	MIN	MÁX
10:00	36.7	64.8	37.1	51	37.3	54.2	36.6	53.3	36.6	48.3	37.2	66.6
11:00	36.7	65.9	36.8	65.1	36.8	65	37	66.7	36.7	67.4	36.9	65.5
12:00	37	52	37.7	53.4	36.6	52.7	37.1	55.6	36.9	67.7	37.1	67.5
13:00	37	58	38.1	63.3	38	50.6	37.4	59.7	37.4	54.6	40.2	69.9

Se obtuvieron resultados de la misma forma para la cabina de pruebas en con grietas durante todos los días de la semana en horario de diez de la mañana a ocho de la noche en treinta posiciones diferentes, con ruido blanco

 ISSN 2007-8102

y después con ruido rosa a 125Hz y 250Hz primero se midió el nivel del sonido con el sonómetro y posteriormente con la aplicación Sound Meter. Y para la cabina de pruebas con fisuras durante todos los días de la semana en horario de diez de la mañana a ocho de la noche en treinta posiciones diferentes, con ruido blanco y después con ruido rosa a 125Hz y 250Hz primero se midió el nivel del sonido con el sonómetro y posteriormente con la aplicación Sound Meter la observación que se tuvo de inmediato es que no presenta cambios con respecto a los valores medidos en la cabina en condiciones óptimas. Al realizar una serie de mediciones en la cabina de pruebas en condiciones óptimas, se demuestra un T.R. promedio TR30 y TR20 para 125 y 250 Hz para ruido blanco y ruido rosa, respectivamente. En la Figura 5, se demuestra que el T.R está dentro de los valores que se demuestran teóricamente, Rev Meter nos proporciona un T.R. para una caída de sólo 30dB y se multiplica por dos para obtener el TR60 convirtiendo los milisegundos en segundos a una frecuencia de 250Hz tenemos que: T.R.= 0.25segundos.

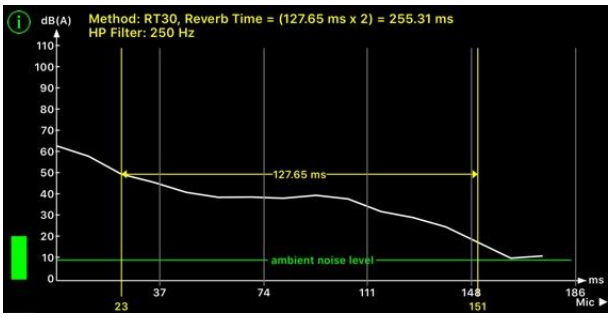


Figura 5. Medición del T.R. a 250 Hz.

Comparando los resultados en las gráficas de respuesta en frecuencia de los T.R. calculados, se observa que están dentro de un valor promedio.

TR calculado con condiciones controladas

Para validar si las cabinas de prueba responden como un recinto grande y cerrado, se consideró la Tabla 3, para los valores de uso para el que fue diseñado el recinto, volumen del recinto, naturaleza de la fuente sonora y rango de frecuencias. Usando la Ecuación del Método de Sabine (Tabla 1), y sustituyendo los valores de volumen total real, superficies calculadas y la Tabla 2, para los coeficientes de absorción, se obtuvieron los resultados de la Tabla 4.

Tabla 4. Valores del T.R. con Fórmula de Sabine.

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
T.R.	1.92	1.46	1.8	2	2	2.1

Para una mejor interpretación de resultados, se compara la Figura 7 con la curva de respuesta en frecuencia del oído humano (ver Figura 4), que debe responder al rango de valores mencionados en la Tabla 2.3. Como se observa en la gráfica, la respuesta está dentro de los valores óptimos que se mencionan anteriormente y se demuestra que la fórmula responde a todo recinto en donde el material absorbente está distribuido de manera uniforme.

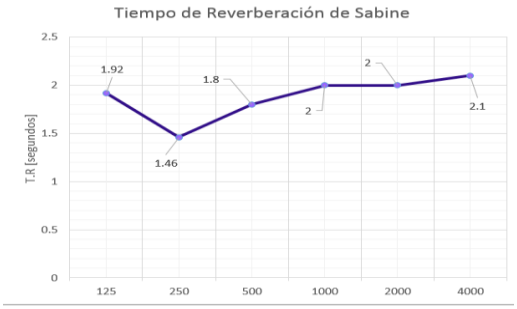


Figura 7. Respuesta del T.R. de Sabine.

 ISSN 2007-8102

Haciendo uso de la Ecuación que corresponde al Método de Eyring (Tabla 1), y sustituyendo los valores de volumen total real, superficies calculadas y la Tabla 2 para los coeficientes de absorción, se obtuvieron los resultados de la Tabla 5.

Tabla 5. Valores del T.R. utilizando fórmula de Eyring.

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
T.R.	1.46	1.37	1.37	1.37	1.38	1.39

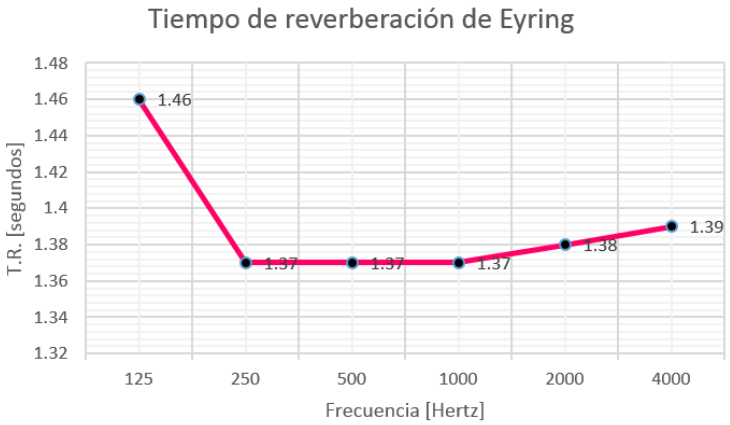


Figura 8. Respuesta del T.R. de Eyring.

Como se puede observar en la Figura 8, los valores caen por debajo de 1.4 segundos que es el rango inferior en la Tabla 2, esto sucede porque la fórmula está diseñada para recintos muy absorbentes y en el caso del proyecto no es así.

Haciendo uso de la Ecuación de Millington Sette (Tabla 1), se obtiene la Tabla 6 en donde se presentan los valores calculados del T.R.

Tabla 6. Valores del T.R. con fórmula de Millington sette.

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
T.R.	3.1	1.5	1.7	1.2	0.65	0.67

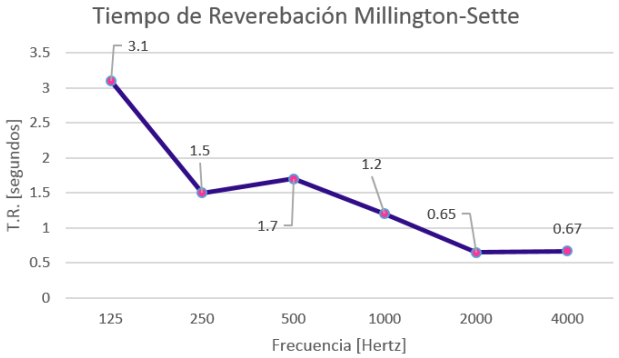


Figura 9. Respuesta del T.R. de Millington Sette.

 ISSN 2007-8102

En este caso, se puede observar en la Figura 9, que los valores están totalmente fuera del rango que se está manejando de acuerdo con la Tabla 2, esto es correcto ya que la fórmula de Millington- Sette sólo responde para coeficientes de absorción muy grandes y para una gran diversidad de materiales.

Mediciones de Campo

Se realizaron mediciones en el laboratorio de Señales y sistemas de ESIME Zacatenco, en diferentes posiciones y alturas, de lunes a viernes en los siguientes horarios: Mañana 9:00 horas, medio día 12:00 horas y tarde 17:00 horas. En la tabla 7 se muestran algunos ejemplos de las mediciones tomadas y se mencionan las condiciones contempladas.

Tabla 7 Mediciones en lunes por la mañana, medio día y tarde, con sonómetro.

medio dia		tarde		mañana	
DECIBELES					
Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes
Con alteración	Sin alteración	Con alteración	Sin alteración	Con alteración	Sin alteración
66.8	52.4	51.9	51.6	52.8	79
67.2	53.1	51.1	54.2	52.3	63.8
67.4	66.8	51.9	52.1	53.4	47.8
56.3	51.3	51.6	59.4	48.9	48.8
49.8	66.7	52.2	65.3	49.7	47.4

Se utilizó una habitación de casa habitación de dimensiones de 16m^2 midiendo en 30 puntos diferentes, con alturas de 1m, y 1.5m durante una semana en horario de diez de 10:00 hrs. a 20:00 hrs en treinta posiciones diferentes, envuelta con ruido blanco y después con ruido rosa a 125Hz y 250Hz primero se midió el nivel del sonido con el sonómetro y posteriormente con la aplicación Sound Meter en condiciones reales. En la tabla 8 se muestran algunos ejemplos de las mediciones tomadas y se mencionan las condiciones contempladas.

Tabla 8. Mediciones en habitación sin grietas a las 9:00hrs en lunes con sonómetro a 125Hz.

Mediciones en habitación sin grietas			
Decibeles			
Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4
37.1	36.4	39.1	36.6
36.6	36.3	36.6	36.5
36.7	36.8	36.8	36.7
37.5	36.9	36.7	37.3

Se realizó el muestreo probabilístico de los datos medidos bajo las condiciones controladas y no controladas, (tabla 9). se ejemplifican los resultados medidos con sonómetro en la cabina en condiciones óptimas con ruido rosa a 250Hz. En las figuras 10 y 11 se muestran las gráficas de los resultados del rango y la tendencia de mediciones.

Trabajos Futuros

- En este trabajo se realizó la caracterización y mediciones con el iOS 11 del iPhone 6s plus por lo que propone un trabajo futuro que caracterice y aplique el método con diferentes teléfonos inteligentes, diferentes aplicaciones para el tiempo de reverberación y diversas aplicaciones como sonómetro.
- Otra opción sería realizar las mediciones del sonido en diferentes recintos de diferentes aplicaciones y tamaños y comprobar el método.
- En el capítulo cuatro se ejemplifica el algoritmo de programación para diseñar una interfaz del método con la computadora por lo que a futuro se podría hacer un control por software que identificara el tipo de medidor utilizado de acuerdo con los rangos que maneja el sonómetro y la aplicación, así como realizar el análisis probabilístico automático al introducir los datos.
- Obtener un modelo matemático que demuestre el método.

Conclusiones

Se diseñaron y construyeron las cabinas de prueba bajo las condiciones de: recinto controlado, recinto con fisuras y recinto con grietas. Se calculó el Tiempo de Reverberación óptimo de las cabinas de prueba por medio de tres métodos: Sabine, Eyring y Millington Sette, y se demostró que los recintos cumplen con los niveles de un recinto real, se demostró que el ruido externo no interviene en las mediciones debido al aislamiento acústico
Se realizó la comparación de los resultados del Tiempo de Reverberación obtenido, con los métodos de Sabine, Eyring y Millington Sette con los medidos con la aplicación de Rev Meter Pro con iOS 11 del iPhone 6s plus obteniendo que entre las mediciones de la cabina óptima y la de fisuras tienen el mismo comportamiento. Se utilizó un sonómetro para medir los niveles de presión sonora en cada una de las cabinas de prueba y se detectaron variaciones entre las mediciones de la cabina óptima y la de grietas, tanto en amplitud y rango. Se utilizó la aplicación de Sound Meter con iOS 11 del iPhone 6s plus para medir el nivel de presión sonora y se compararon los resultados con los obtenidos con el sonómetro obteniendo que son muy diferentes las mediciones en cuanto a la amplitud, pero conservando la forma de la señal, demostrando esto con el método de mínimos cuadrados. Al realizar las mediciones en recintos con grietas se observa:

- - Existen similitudes entre las grietas de 1cm y 5cm y existen cambios graduales en los valores medidos con grietas entre 10cm y 30cm.
- - Se debe considerar la altura del recinto y de donde se realizan las mediciones.
- - Se debe considerar horario y temperatura en las mediciones.
- Se puede utilizar cualquier teléfono inteligente con aplicación de sonómetro para el método, siempre y cuando se realice la caracterización del recinto con el mismo.

Referencias

[1] Canas, J. A. (José Antonio);Pujades, Luis G. (Luis Gonzaga Tesis doctorales en red, http://www.tdx.cat/handle/10803/6216.
[2] http://www.pymetec.gob.mx/patentex.php?pn_num=WO2004097351&pn_clasi=A2&pn_fecha=2004-11-11(IMPI).
[3] http://www.pymetec.gob.mx/patentex.php?pn_num=WO2004113852&pn_clasi=A2&pn_fecha=2004-12-29(IMPI).
[4] Ávila Romero, Jorge Arturo (2013). Acondicionamiento acústico del auditorio Alfredo Harp Helu del planetario Luis Enrique Erro. Tesis de ingeniería en comunicaciones y electrónica, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México D.F.
[5] Llinares, J., Llopis, A., Sancho, J. (2015). Acústica arquitectónica y urbanística, Madrid: LIMUSA.
[6] B.J.C. Moore. (2012). An Introduction to the Psychology of hearing. USA: Emerald.
[7] INIFED, Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, Tomo IV, Volumen tres, 2014.
[8] Carrión, I. (2016). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Barcelona: Ediciones UPC.
[9] Recuero, M. (2005). Ingeniería acústica. Madrid España: Paraninfo.
[10] https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io9/public_html/propagacion.html.
[11] Kinsler, E. (2000). Fundamentos de acústica, México: Limusa.
[12] http://sonoflex.com/fonac/que-es-la-absorcion-acustica/.

"Estimación de la viabilidad en la generación de energía eléctrica utilizando celdas de combustible a base de Hidrógeno"

L.A. Alvarado Delfín[1], F.J. Ocaña Pimentel[2], M.C Torres Maza[3],*

[1] Ingeniería Industrial Instituto Tecnológico Superior De Panuco, Prol. Av.Art Tercero, Solidaridad Panuco Veracruz 93990 lilia.alvarado@itspanuco.edu.mx

[2] Ciencias Básicas , Instituto Tecnológico Superior De Panuco, Prol. Av.Art Tercero, Solidaridad Panuco Veracruz 93990
Fernando.Ocaña@itspanuco.edu.mx

[3]Contador Público, Instituto Tecnológico Superior De Panuco, Prol. Av.Art Tercero, Solidaridad Panuco Veracruz 93990
Manuel.torres@itspanuco.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Eléctrica y electrónica

RESUMEN

El presente trabajo está enfocado a la experimentación y determinación de energía eléctrica utilizando celdas de combustible a base de hidrógeno de tipo PEM (Membrana de intercambio protónico), como objetivos principales que se tienen es la de generar energía de manera limpia utilizando hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2) utilizando una conexión en serie o paralelo.

En primer término se experimentó con las celdas de combustible las cuales durante su funcionamiento no producen emisiones contaminantes. Se experimentó con dos conexiones diferentes las cuales son conexión paralelo y conexión en serie, así mismo en seguida se experimentó con dos tipos de entubamiento, el primero tipo serie y el segundo tipo arborescencia para así poder determinar cuál era el mejor para el suministro de los gases hacia las celdas, se determinó que conexión y que entubamiento era el adecuado para lograr un mejor desempeño de las celdas de combustible y un máximo aprovechamiento de los recursos.

***Palabras clave**: celdas de combustible, energía limpia, energía eléctrica, hidrólisis, producción de energía*

ABSTRACT

The present work is focused on the experimentation and determination of electrical energy using hydrogen-based fuel cells of the PEM type (Proton Exchange Membrane), as the main objectives are to generate energy in a clean way using hydrogen (H_2) and oxygen (O_2) using a serial or parallel connection.

In the first place, it was experimented with the fuel cells which during their operation do not produce polluting emissions. It was experimented with two different connections which are parallel connection and serial connection, likewise immediately it was experimented with two types of tubing, the first type series and the second arborescence type in order to determine which was the best for the

supply of the gases to the cells, it was determined that connection and which tubing was adequate to achieve better performance of fuel cells and maximum use of resources.

Key words: *fuel cells, clean energy, electric power, hydrolysis, energy production*

INTRODUCCIÓN

El uso de celdas de combustible a base de hidrógeno, es una tecnología que genera energía eléctrica que no produce daños al medio ambiente. Las celdas de combustible a base de hidrógeno es una alternativa a los métodos actuales para la generación de electricidad, siendo las industrias termoeléctricas la que más contamina nuestro planeta por medio de la emisión de óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, bióxido de azufre entre otras y que contribuyen a la lluvia acida, smog y aceleran el cambio climático [1].

Las celdas de combustible ofrecen un panorama diferente al de las industrias actuales para la producción de energía eléctrica, en donde los problemas de contaminación sean resueltos y los requerimientos de energía eléctrica satisfechos permanentemente, sin causar daños al medio ambiente y que además es un sistema económico [2].

El objetivo general de esta investigación es generar energía eléctrica utilizando celdas de combustible a base de hidrógeno y analizar la capacidad de producción del equipo.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló aplicando las características del método científico y fundamentado en las teorías relativas al objeto de estudio, ya que se requiere que los resultados tengan el grado máximo de confiabilidad. Se realizó una experimentación en el laboratorio apuntando hacia la innovación tecnológica mediante la utilización del proceso que se está desarrollando.

Para determinar viabilidad técnica la investigación se dividió en dos fases:

Primera: medir la energía eléctrica generada con diversas celdas y variando la potencia, para verificar el voltaje y amperaje alcanzado en cada prueba.

Segunda: medir la potencia de las celdas y apoyar las variaciones mediante circuitos electrónicos debidamente diseñados para lograr la estabilidad del voltaje y amperaje.

DESARROLLO

Para la obtención de hidrogeno (H_2) se realizó una investigación para determinar porque método es el más favorable su obtención, actualmente la generación de hidrógeno es por medio de gas natural, petróleo y carbón, dichos métodos no son

 ISSN 2007-8102

amigables con el medio ambiente ya que son combustibles fósiles y mediante su producción genera además del hidrogeno (H_2) monóxido de carbono (CO) el cual es un gas incoloro y altamente toxico que puede causar la muerte [2] [3].

La electrólisis del agua es un método alternativo para la producción del Hidrógeno el cual necesita electricidad para separar el oxígeno (O) y el hidrógeno (H_2), pero que debido a la utilización de energía eléctrica se vuelve redundante ya que en el proceso de la energía eléctrica actualmente depende de los combustibles fósiles y el proceso termina siendo igual de contaminante [2] [4].

La producción de Hidrógeno es más ecológico mediante la reacción del Zinc con el Ácido Clorhídrico pero el precio de los materiales es muy elevado, por lo cual para este proyecto no lo hace factible.

La producción de Hidrógeno mediante la reacción química del agua, hidróxido de sodio y aluminio por el precio de los materiales es muy bajo, lo cual lo hace posible para la obtención de Hidrógeno.

Se utilizaron dos recipientes de material PET. En la producción de hidrógeno (H_2) uno de los recipientes, al cual se conoce como reactor por ser en donde se produce la combinación de agua, hidróxido de sodio y aluminio, al segundo recipiente es el burbujeador el cual es llenado únicamente con agua destilada, dicho recipiente cumple la tarea de lavar el hidrógeno de partículas e impurezas que pudiera llevar consigo después de su salida del reactor. Posteriormente el hidrógeno se almacena en el recipiente almacén a base de látex para su próximo uso.

Se comprobó mediante la experimentación que el látex es un buen material para el almacenamiento de hidrógeno gaseoso. Se observó que el recipiente de látex de baja porosidad en donde se almaceno el hidrógeno no experimento cambios en volumen y tamaño.

Experimentación con celdas de combustible tipo PEM

Se trabajó con 10 celdas de combustible tipo PEM (membrana de intercambio protónico) las cuales utilizan oxígeno e hidrógeno como componentes principales para la producción de energía eléctrica, mostrado en la figura 1. Las celdas de combustible se conectaron en serie y paralelo conectando 2, 4, 8 y 10, poniendo cargas de 200 Ω, 100 Ω, 50 Ω, 10 Ω, 5 Ω, 3 Ω y 1 Ω sucesivamente para observar el voltaje y amperaje, así mismo verificar si aumentaban de acuerdo al aumento de celdas de combustible en el arreglo que se realizaba y así determinar cuál arreglo es el recomendable.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la experimentación de las celdas de combustible utilizando hidrogeno producido mediante la técnica que utiliza agua, sosa caustica y aluminio. Para la experimentación se utilizaron 10 celdas de combustible tipo PEM.

 ISSN 2007-8102

.

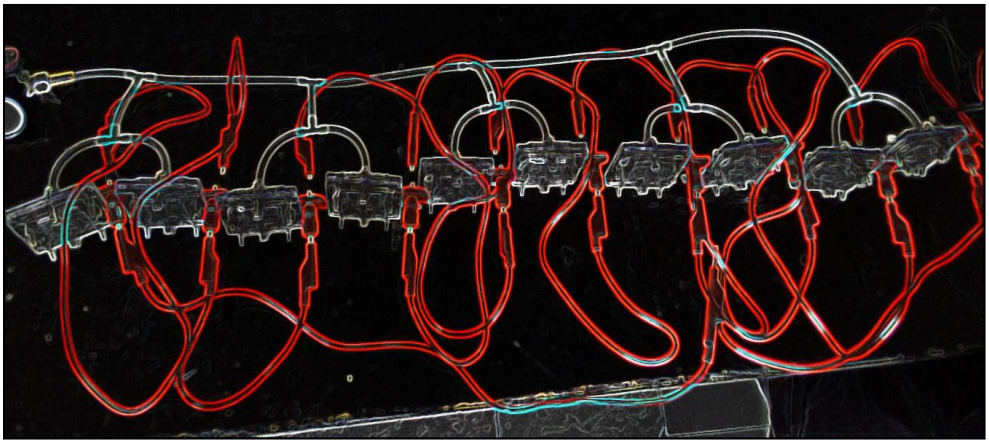


Figura1. Conexión de 10 celdas de combustible.

Mediante la lectura individual se observó que 3 celdas de combustible sometidas a la misma carga que las demás (200 Ω) tienen una lectura que es más baja del promedio lo cual puede influir en un resultado bajo cuando se experimente con una conexión en serie o paralelo de 2 o más celdas.

Lectura de celdas de combustible conectadas en serie

La lectura de las celdas de combustible conectadas en serie experimenta un aumento en su voltaje y amperaje casi proporcional de acuerdo a los diferentes arreglos ya sea con 2, 4, 8 y 10 celdas.

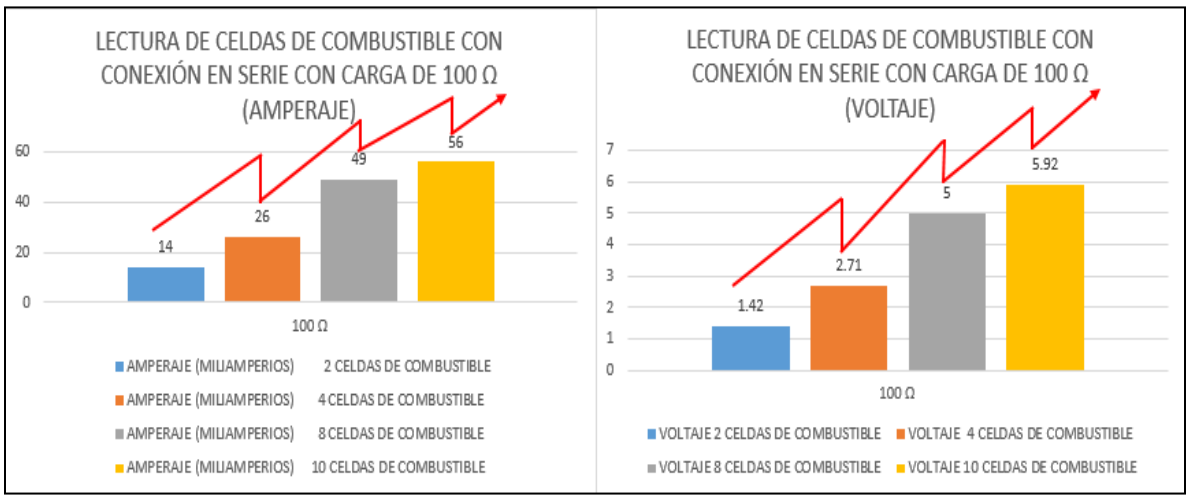


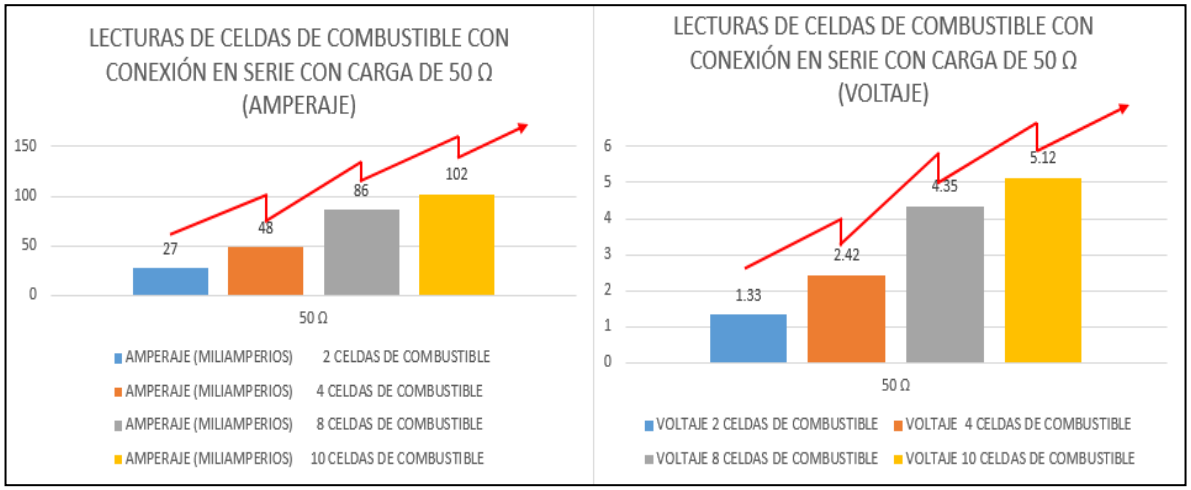
Figura 2. Amperaje y voltaje de celdas de combustible con conectadas en serie con carga de 100 Ω

Se observa en la figura 2 que el amperaje y voltaje obtenido en las diferentes conexiones con una carga de 100 Ω registró un aumento prácticamente proporciona.

El amperaje y voltaje obtenido en las diferentes conexiones con carga de 50 Ω registró un aumento proporcional en la conexión, según se muestra la figura 3, mientras que en la figura 4 se puede observar claramente que el amperaje y voltaje de las celdas de combustible conectadas en serie con carga de 10 Ω tuvo una

 ISSN 2007-8102

variación no proporcional que pudo deberse a la presión de los gases, lo cual pudo ser el factor para que no registrara una lectura proporcional ascendente esperada.



***.Figura 3. Amperaje y voltaje de celdas de combustible con conectadas en serie con carga de 50 Ω*.**

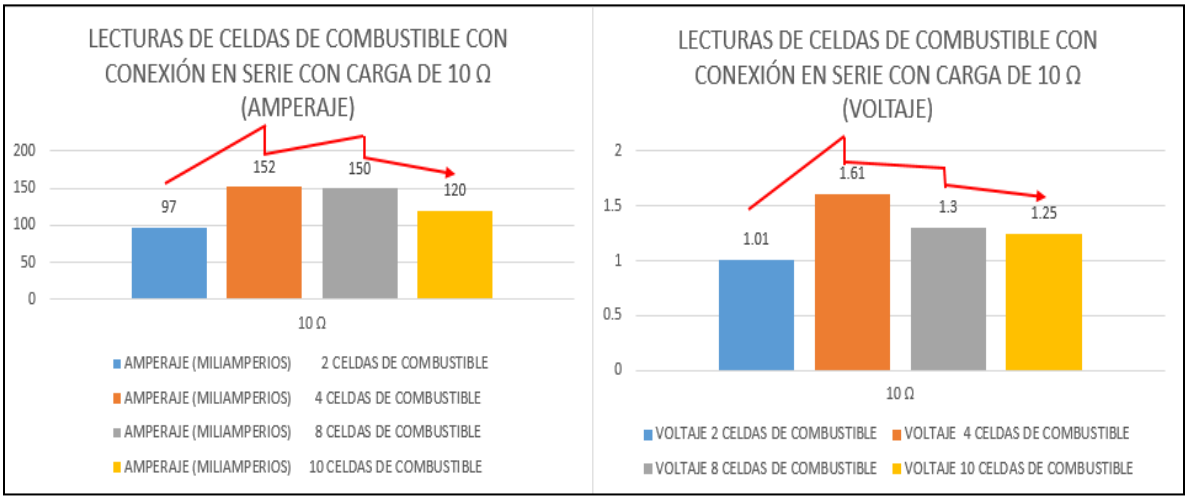


***Figura 4. Amperaje y voltaje de celdas de combustible con conectadas en serie* con carga de 10 Ω.**

En el amperaje y voltaje obtenidos en conexión en serie de las celdas de combustible con una carga de 5 Ω se observa un comportamiento inestable, primero hubo un aumento y posteriormente una pérdida de la carga, lo cual pudo haberse debido a un ligero cambio en la presión de los gases. Este mismo comportamiento se presentó en los experimentos realizados con cargas de 3Ω y 1 Ω.

La conexión en serie de las celdas de combustible es viable debido a que conforme se van añadiendo celdas de combustible a la conexión en serie aumenta el amperaje y voltaje gradualmente lo que quiere decir que la conexión en serie es apta para aumentar las demandas de energía eléctrica.

 ISSN 2007-8102

Lectura de celdas de combustible con conexión en paralelo

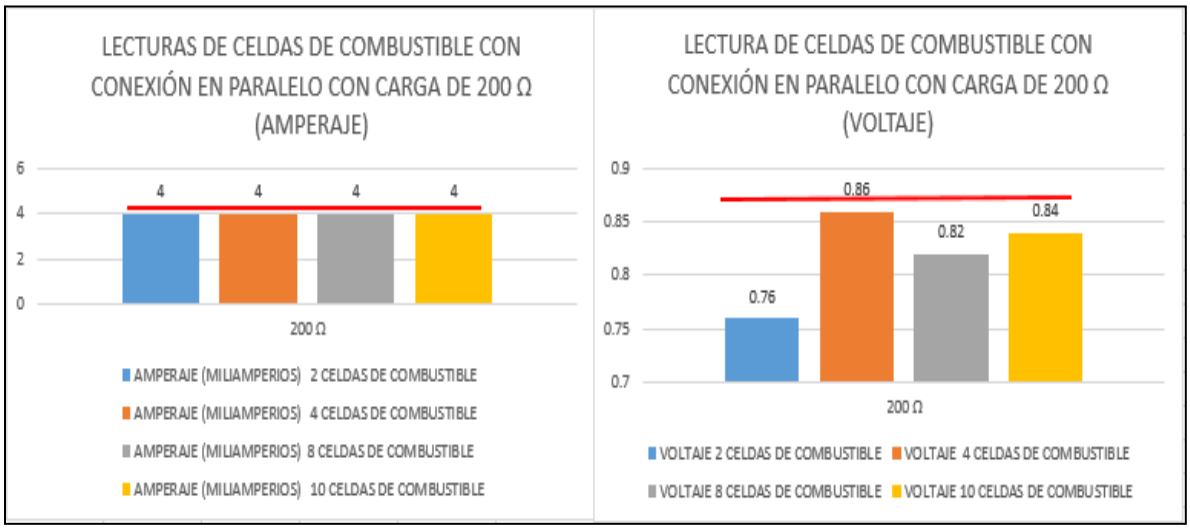


Figura 5 . Lectura de celdas de combustible sometido a una carga de 200 Ω

En la figura 5 se muestra la lectura de 2, 4, 8 y 10 celdas de combustible sometidos a 200 Ω con conexión en paralelo se observa que el voltaje y el amperaje es relativamente mismo, es decir no aumenta el voltaje y amperaje con conexión en paralelo y con carga de 200 Ω

Las celdas de combustible sometidas a una carga de 100 Ω el voltaje y amperaje aumento ligeramente pero no tuvo el aumento esperado ya que solo hubo un ligero aumento de una conexión con cierta cantidad de celdas de combustible a otra. Este comportamiento se repite en los experimentos realizados con cargas de 50Ω,10Ω, 5Ω y 1Ω.

La conexión en paralelo de las celdas de combustible no es viable debido a que si se conectan 2, 4, 8 y 10 no hay gran diferencia ya que el voltaje y el amperaje es relativamente igual al que se tiene con dos celdas de combustible sometido a diferentes cargas, es decir el voltaje y el amperaje no aumentan en conexión en paralelo.

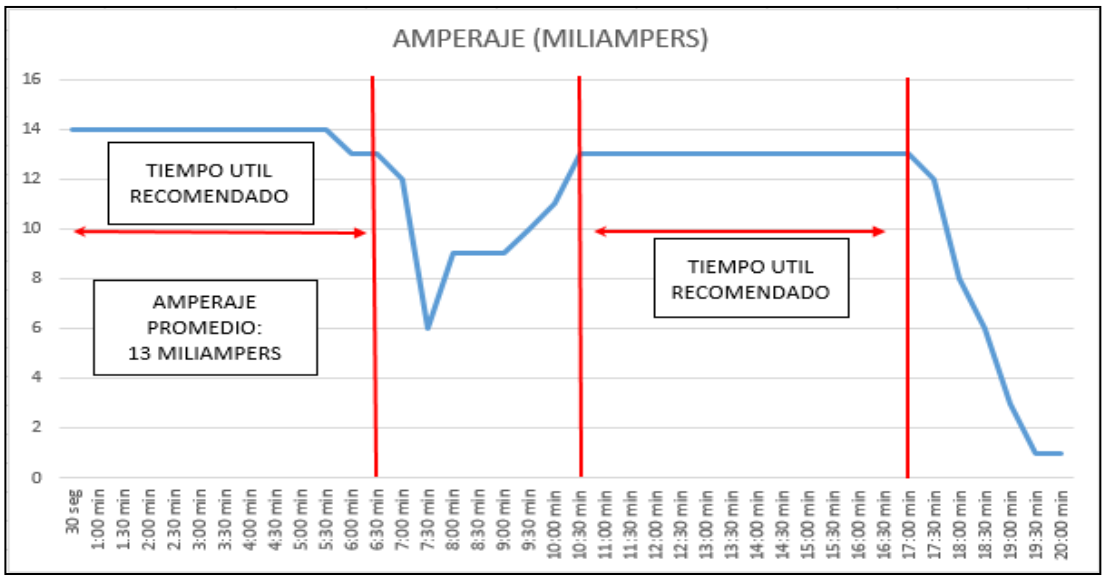
Lectura de conexión serie – paralelo

El amperaje promedio en esta conexión es de 13 miliampers, se observó (figura6) que el amperaje subió desde los primeros segundos de haber suministrado los gases, pero se observó que tuvo un decaimiento interno que pudo deberse a una variación en la presión del gas hidrogeno debido a que no se contaba con un regulador que tuviera la constancia de la presión del mismo.

El tiempo del voltaje promedio en la conexión serie-paralelo de 8 celdas de combustible es de 13:30 minutos con un voltaje promedio de 3 volts.

La energía total obtenida en esta conexión fue de 591 mW-minuto equivalente al 100% de energía producida en 20 minutos, la energía útil total fue de 495 mW-minuto con un 84% de energía producida en 13:30 minutos.

 ISSN 2007-8102



. ***Figura 6. Amperaje promedio de conexión serie paralelo***

Se observó un decaimiento interno en la lectura lo cual pudo deberse a múltiples factores entre ellos el más importante antes ya mencionado que pudo ser un altibajo en la presión del hidrogeno ya que no se contaba con un regulador de presión adecuado para las cantidades de hidrogeno que se tenían.

Cuando se detectó que en el entubamiento tipo serie no suministraba correctamente los gases se sustituyó por un entubamiento tipo arborescencia (figura 7) el cual se encarga de suministrar correctamente los gases a cada una de las celdas de combustible lo cual refleja desde los primeros segundos un rápido aumento en voltaje y amperaje en las celdas.

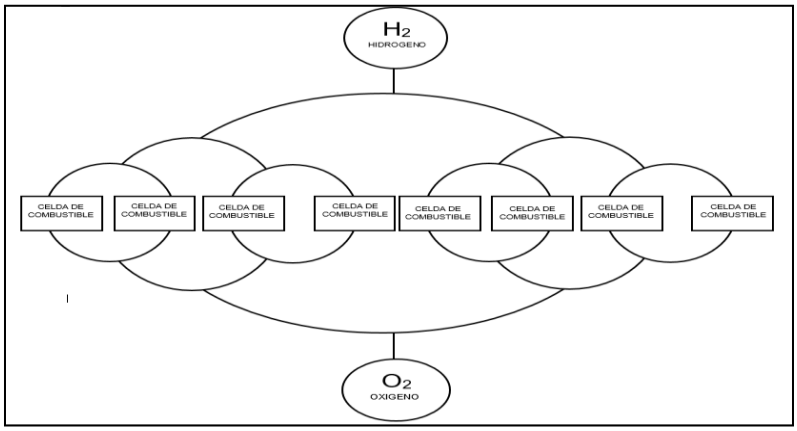


Figura 7. Entubamiento tipo arborescencia.

En la experimentación con celdas de combustible tipo PEM se llegó a la conclusión de recomendar utilizar la conexión en serie debido a que cuando se agregaban más celdas a una conexión aumentaba el voltaje y el amperaje gradualmente, situación que no se presentó cuando se experimentó con la conexión en paralelo de las celdas de combustible, la cual el desempeño arrojado en las mediciones de una

celda es relativamente igual al de diez, es decir, la conexión en paralelo de las celdas de combustible no es recomendable.

CONCLUSIÓN

Las celdas de combustible tipo PEM son consideradas de gran ayuda para contribuir en la producción de energía eléctrica limpia cuidando de medio ambiente. Los inconvenientes que se pueden tener en la utilización de las celdas de combustible es que se debe contar con un tanque adecuado para el almacenamiento de hidrógeno, el cual debe contar con características especiales por ser un gas muy permeable, pero que no es dañino para el medio ambiente. Actualmente se están produciendo tanques para el almacenamiento del hidrógeno pero su precio es muy alto, con las experimentaciones realizadas se obtuvo como resultado utilizar como almacén para el hidrógeno el material látex.

Los inconvenientes que se pueden tener en la utilización de las celdas de combustible es que se debe contar con un tanque de almacenamiento para el hidrogeno el cual debe contar con características especiales por ser un gas muy permeable y raro pero que no es dañino para el medio ambiente, actualmente se están produciendo tanques para el almacenamiento del hidrogeno pero su precio es muy alto.

LITERATURA CONSULTADA

[1] Lopez Perez, P. Microbiologia de la produccion de hidrogeno. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgacion de las ciencias, Vol.8, N°2, 2011. Pp. 201-204. ISSN 1697-011X

[2] Cruz, L. E. (12 de Febrero de 2012). *CONUEE*. Obtenido de CONUEE: www.conuee.gob.mx

[3] EPA. (16 de Junio de 2017). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos: https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono

[4] INEGI. (1 de ENERO de 2009). *INEGI Sensos Economicos*. Obtenido de INEGI Sensos Economicos: http://cuentame.inegi.org.mx/economia/parque/electricidad.html

[5] LENNTECH. (12 de Marzo de 2015). *Propiedades quimicas del zinc*. Obtenido de Propiedades quimicas del zinc: https://www.lenntech.es/periodica/elementos/zn.htm

[6] Mas, M. A. (18 de Mayo de 2009). *Medio ambiente y mas*. Obtenido de Medio ambiente y mas: https://medioambienteymas.blogia.com/temas/la-contaminacion/

[7] Conde, D. (2 de Enero de 2012). Hoja de seguridad del acido clorhidrico. Coruña, Coruña, España. Obtenido de Hoja de seguridad del acido clorhidrico.

Control de posición del motor de cd sintonizando las ganancias de un controlador PID

O. Serrano Verdugo[1], M. R. Lizárraga Ontiveros[1], A. Ceceña López[2]*
[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de Los Mochis/Tecnológico Nacional de México, Blvd. Juan de Dios Bátiz y 20 de Noviembre, C.P. 81259, Los Mochis, Sinaloa.
[2]Departamento de Ingenierías, Instituto Tecnológico del Norte de Nayarit/Tecnológico Nacional de México, Km. 3 Carretera a Ruiz, C.P. 63600, Ruiz, Nayarit.
**orseve@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Este trabajo comprende el diseño de un controlador Proporcional-Integral- Derivativo (PID), por medio de la sintonización de las ganancias del controlador, utilizando el método de Ziegler-Nichols, para el control de la posición angular de la flecha del motor de corriente directa o motor de cd. Para llevar a cabo esto, se considera la función de transferencia del motor de cd, donde la entrada es el voltaje de alimentación y la salida el desplazamiento angular de la flecha. El método de Ziegler-Nichols que se utilizará es el de la ganancia crítica y periodo crítico. Una vez sintonizadas las ganancias del controlador PID, que son un primer paso para obtener el mejor comportamiento de salida del sistema en lazo cerrado, se ajustará la ganancia proporcional hasta obtener la mejor respuesta del sistema, ya que al hacer esta variación de la ganancia no se modifica el lugar de la raíz del mismo.

***Palabras clave**: Motor de cd, PID, Ziegler-Nichols, Ganancias.*

Abstract

This work includes the design of a Proportional-Integral-Derivative (PID) controller, by tuning the gains of the controller, using the Ziegler-Nichols method, to control the angular position of the direct current motor arrow or dc motor. To accomplish this, the transfer function of the dc motor is considered, where the input is the supply voltage and the output is the angular displacement of the arrow. The Ziegler-Nichols method used is that of critical gain and critical period. Once the PID controller gains are tuned, which are a first step to obtain the best output behavior of the closed loop system, the proportional gain will be adjusted until the best response of the system is obtained, since by making this variation of the gain no the place of the root of it is modified.

***Key words**: CD Motor, PID, Ziegler-Nichols, Gains.*

Introducción

El motor de corriente directa, o comúnmente llamado motor de cd, es una máquina ampliamente utilizada en aparatos electrodomésticos, equipos de robótica, drones, entre otros. Debido a su gran utilidad y al amigable modelo matemático que posee se ha buscado realizar el diseño de controladores y compensadores para controlar la posición angular y la velocidad de la flecha.
El modelo matemático que se utilizará es la función de transferencia del motor de cd multiplicada por un integrado, en donde la entrada será el voltaje de alimentación y la salida será la posición angular de la flecha, que es lo que se pretende controlar.
Para el propósito del control de la posición angular, se diseñará un controlador Proporcional-Integral-Derivato, por sus siglas comúnmente llamado PID. Este tipo de controlador es comúnmente usado en la industria en el control de variables como temperatura, presión, entre otras, además que un gran número de Controladores Lógicos Programables (PLC) ya lo incluyen en su programación como parte del control. En este trabajo se presenta la función de transferencia del controlador PID, y debido a que se conoce el modelo matemático de la planta, utilizando uno de los métodos de Ziegler-Nichols [Ogata, 2010], se pueden encontrar los valores de las ganancias del controlador, con el objetivo de obtener la mejor respuesta del sistema.

 ISSN 2007-8102

El método de Ziegler-Nichols que se utilizará para sintonizar la ganancia proporcional, la ganancia integral y la ganancia derivativa, es el de la ganancia crítica y el periodo crítico, debido a que el sistema en lazo cerrado del motor de cd a un cierto valor de ganancia se puede convertir en un sistema críticamente estable, eso puede ser demostrado por medio de la gráfica del lugar geométrico de las raíces y aplicando el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.
Existen investigaciones donde se controla la posición del motor de cd por medio de la sintonización de las ganancias de un controlador PID [Thomas y Poongodi, 2009], además, con la finalidad de evitar un transductor que mida el par de la flecha, se han realizado estimadores de par [Liem, Troung y Ahn, 2015] para la máquina, con la aplicación de un controlador PID difuso.
Se ha desarrollado un controlador PID óptimo [Ibrahim, Hassan y Shomer, 2013] con la finalidad de determinar los parámetros óptimos para un motor de cd sin escobillas, donde se encontraron mejoras en el tiempo de respuesta del sistema, así como como en los sobrepicos de la respuesta transitoria.
En este artículo primero se aborda el modelo matemático del motor de cd [Kuo, 1996], posteriormente se introducen los parámetros de la máquina [Messner, Tilbury, Hill, y Taylor, 2017], teniendo un modelo con tres polos reales diferentes. Se realiza un análisis de estabilidad del motor de cd en lazo cerrado, considerando un controlador proporcional solamente.
Después se emplea el método de Ziegler-Nichols [Ogata, 2010] con la finalidad de sintonizar las ganancias de un controlador PID y encontrar el mejor comportamiento de la salida del sistema. Por último, se encuentran el trabajo a futuro y las conclusiones.
El propósito de este artículo es presentar un método sencillo, para encontrar las ganancias ideales de un controlador PID para controlar la posición del motor de cd, incrementando el margen de valores para la ganancia proporcional K_p del controlador, con el fin de mejorar la rapidez de respuesta de la salida del sistema.

Metodología

Modelo matemático del motor de cd

La función de transferencia del motor de cd está dada por

$$\frac{V(s)}{E_a(s)} = \frac{K_i}{L_a J_m S^2 + (R_a J_m + B_m L_a)s + (K_b K_i + R_a B_m)}$$

Donde $E_a(s)$ representa el voltaje de alimentación y $V(s)$ la velocidad de la flecha del motor de cd. Integrando ambos lados de la ecuación anterior (multiplicando por $1/s$) se obtiene

$$\frac{\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K_i}{L_a J_m S^3 + (R_a J_m + B_m L_a)S^2 + (K_b K_i + R_a B_m)s} \quad (1)$$

En este trabajo se utilizará como modelo matemático la función de transferencia de un motor de cd, en donde la entrada del sistema estará representado por el voltaje de alimentación de la máquina $E_a(s)$ y la salida será la posición angular de la flecha $\theta(s)$, como se muestra en la ecuación (1).

Donde $K_b = K_i = 0.01\,Nm/A$ Constantes de proporcionalidad de la máquina.
$J_m = 0.01\ kg - m^2$ Momento de inercia del motor.
$B_m = 0.1\,Nms$ Fricción del sistema mecánico.
$R_a = 1\ \Omega$ Resistencia de armadura.
$L_a = 0.5\ H$ Inductancia de armadura.

Los cuales representan los parámetros del motor de cd [Messner, Tilbury, Hill, y Taylor, 2017]. Sustituyendo los valores en la ecuación (1) se obtiene

$$\frac{\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{0.01}{0.005S^3 + 0.06S^2 + 0.1001s}$$

 ISSN 2007-8102

$$\frac{\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{2}{S^3 + 12S^2 + 20.02s} \tag{2}$$

Factorizando la ecuación (2) se obtiene

$$\frac{\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{2}{S(S + 2.0025)(S + 9.9975)} \tag{3}$$

Donde la ecuación (3) representa la función de transferencia de un motor de cd con excitación separada. Como se puede observar el modelo matemático posee tres polos, los polos se localizan en $S_1 = 0$, $S_2 = -2.0025$ y $S_3 = -9.9975$.

Análisis de estabilidad del motor de cd

Para realizar el estudio de estabilidad se considera la planta del motor de cd en lazo cerrado como se muestra en la figura 1.

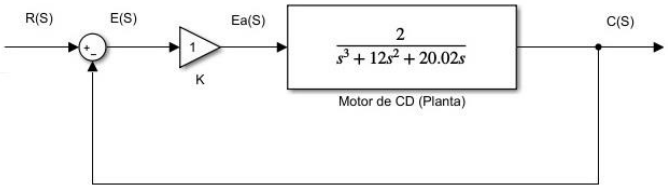


Figura 1. Motor de cd con lazo retroalimentado.

En la figura 1 se muestra la función de transferencia del motor de cd la cual representa la planta del sistema, un controlador proporcional K con valor de uno, lazo de retroalimentación unitario, además de la salida $C(S)$ y la entrada $R(S)$. Obteniendo la función de transferencia en lazo cerrado

$$\frac{C(S)}{R(S)} = \frac{2K}{S^3 + 12S^2 + 20.02S + 2K} \tag{4}$$

De la ecuación (4) se obtiene la ecuación característica dada por

$$S^3 + 12S^2 + 20.02S + 2K = 0$$

Aplicando el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz se obtiene que el sistema en lazo cerrado tiene una ganancia crítica $K_{cr} = 120.12$, lo que significa es que la ganancia del controlador proporcional no puede ser mayor a 120.12 debido a que el sistema se convertiría en inestable. La figura 2 muestra el lugar geométrico de las raíces graficado con MATLAB®, donde se observa que el sistema cruza el eje imaginario

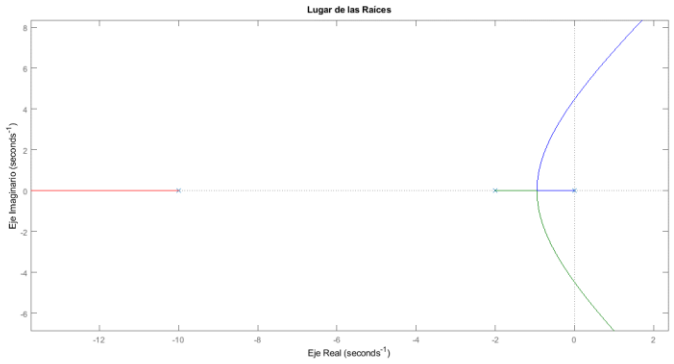


Figura 2. Lugar geométrico de las raíces.

 ISSN 2007-8102

Sintonización de las ganancias del controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID)

Para determinar una aproximación a los primeros valores de las ganancias de un controlador PID se utilizará el método de Ziegler-Nichols.
La función de transferencia de un controlador PID está dada por

$$\frac{U(S)}{E(S)} = K_p\left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S\right) \tag{5}$$

Donde $U(S)$ es la señal de salida de controlador, $E(S)$ es el error del sistema y la entrada del controlador, K_p es la ganancia proporcional, T_i es una ganancia de la parte integral del controlador llamada tiempo integrativo, T_d es la ganancia de la parte derivativa del controlador llamado tiempo derivativo. La ganancia del control integral está dada por $K_i = K_p/T_i$ y la ganancia del controlador derivativo es $K_d = K_p T_d$.

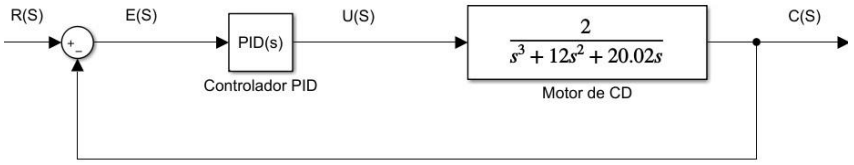


Figura 3. Sistema en lazo cerrado con controlador PID.

La figura 3 representa el sistema en lazo cerrado del motor de cd donde se considera un controlador PID. Como se mencionó anteriormente, se utilizará el método de Ziegler-Nichols para sintonizar las ganancias del controlador de la siguiente manera: $K_p = 0.6K_{cr}$, $T_i = 0.5P_{cr}$ y $T_d = 0.125P_{cr}$. $K_{cr} = 120.12$ es la ganancia crítica del sistema Y $P_{cr} = \frac{2\pi}{\omega}$ y representa el periodo crítico del sistema, ω es el valor de los polos sobre el eje imaginario.
Sustituyendo los valores de K_p, T_i y T_d en la ecuación (5), la función de transferencia del controlador PID queda de la forma

$$\frac{U(S)}{E(S)} = 0.075K_{cr}P_{cr}\frac{\left(S + \frac{4}{P_{cr}}\right)^2}{S} \tag{6}$$

Como se puede observar en la ecuación (6) el controlador PID aporta dos ceros en $S = -\frac{4}{P_{cr}}$ y un polo en $S = 0$, modificando así la dinámica de la planta representada por el motor de cd. Para calcular el periodo crítico P_{cr} se utiliza la ecuación característica dada por

$$S^3 + 12S^2 + 20.02S + 2K = 0$$

Donde se hace $S = j\omega$ y $K = K_{cr}$, esto es

$$(j\omega)^3 + 12(j\omega)^2 + 20.02j\omega + 2(120.12) = 0$$

Realizando las operaciones necesarias se obtiene que

$$\omega = \sqrt{20.02}$$

Calculando el periodo critico

$$P_{cr} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{20.02}}$$

$$P_{cr} = 1.40426$$

 ISSN 2007-8102

A partir de los valores de K_{cr} y P_{cr} se obtiene

$$K_p = 0.6K_{cr} = 72.072$$
$$T_i = 0.5P_{cr} = 0.70213$$
$$T_d = 0.125P_{cr} = 0.17553$$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación (5)

$$\frac{U(S)}{E(S)} = 72.072\left(1 + \frac{1}{0.70213S} + 0.17553S\right)$$

Factorizando se obtiene

$$\frac{U(S)}{E(S)} = 12.65098\frac{(S + 2.84847)^2}{S} \quad (7)$$

La ecuación (7) representa los valores del controlador PID ya sintonizado. La figura (4) muestra los valores del controlador que multiplican a la planta representada por el motor de cd.

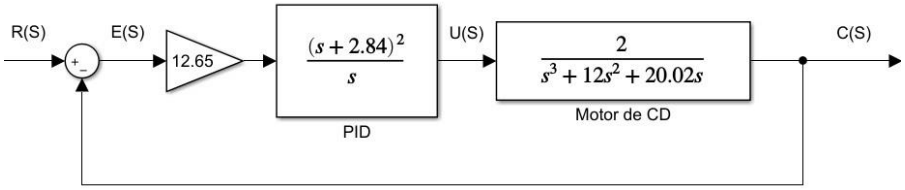


Figura 4. Controlador PID sintonizado por el método de Ziegler-Nichols.

Graficando por medio de MATLAB® El lugar geométrico de las raíces del sistema controlado por PID

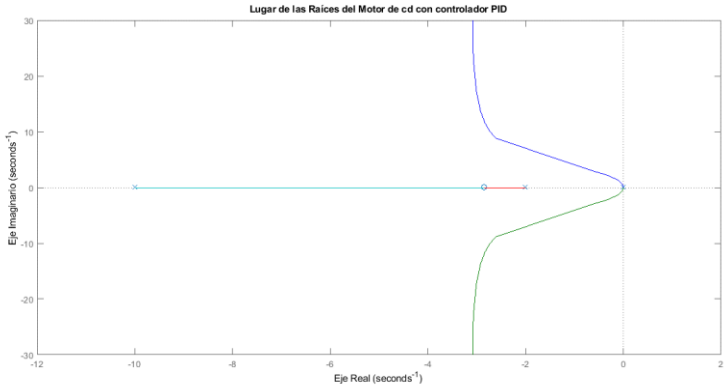


Figura 5. Lugar geométrico de las raíces del motor de cd compensado con un controlador PID, sintonizado por el método de Ziegler-Nichols.

Como se observa en la figura 5, el sistema de control retroalimentado nunca será inestable ya que la dinámica del sistema se ha modificado debido a la inclusión de un controlador PID. Se puede observar, en la figura 5ª, que la ganancia K_p del controlador PID, puede variar su valor sin modificar el lugar de las raíces del sistema en lazo cerrado.

 ISSN 2007-8102

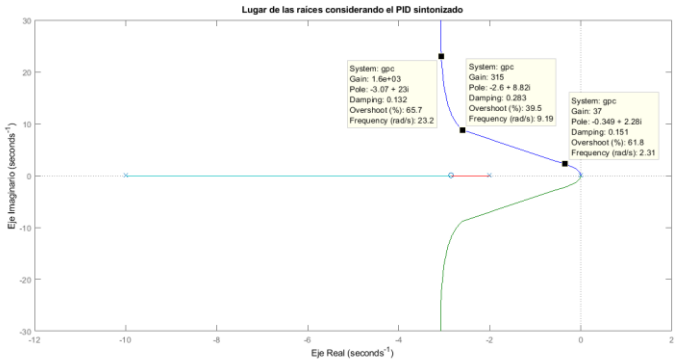


Figura 5a. Lugar geométrico de las raíces del motor de cd compensado con un controlador PID, muestra diferentes valores de ganancia.

Resultados y discusión

Respuesta de la salida del motor de cd a una entrada escalón unitario sin controlador PID

En un amplio número de casos en tiempo real las referencias son constantes, por tal motivo la referencia escalón unitario permite dar una pauta para el análisis del comportamiento de la salida del sistema a controlar.
Como se pudo observar en el sistema retroalimentado del motor de cd con controlador proporcional (sin controlador PID), el sistema tiende a ser inestable a medida que la ganancia proporcional se acerca al valor crítico de 120.12. A continuación se presenta la respuesta de la salida del motor de cd a diferentes valores de ganancia.

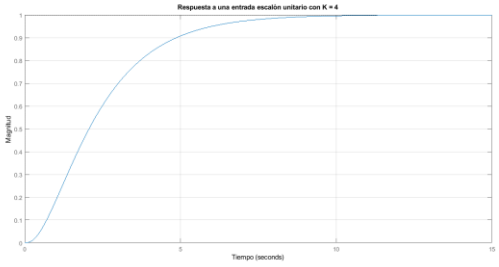


Figura 6. Respuesta sobreamortiguada de la posición de la flecha del motor de cd, con K = 4.

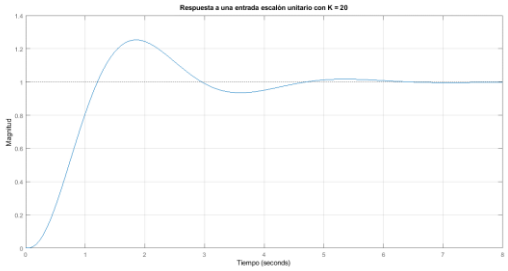


Figura 7. Respuesta subamortiguada de la posición de la flecha del motor de cd, con K = 20.

Como se observa en la figura 6, la posición de la flecha del motor se comporta de manera sobreamortiguada, alcanzando el valor de la referencia en 10 segundos aproximadamente.
En la figura 7 se puede observar una respuesta subamortiguada donde la posición de la flecha del motor de cd sobrepasa un 20% del valor de la referencia, alcanzando la misma en 7 segundos aproximadamente.

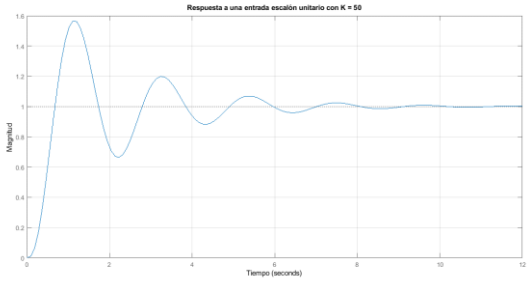


Figura 8. Respuesta subamortiguada de la posición de la flecha del motor de cd, con K = 50.

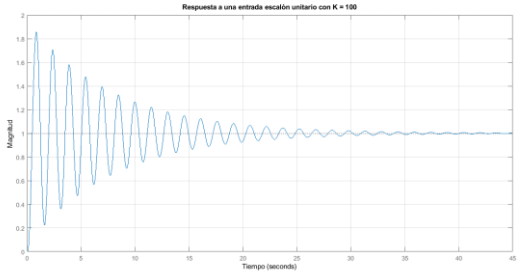


Figura 9. Respuesta subamortiguada de la posición de la flecha del motor de cd, con K = 100.

 ISSN 2007-8102

La figura 8 muestra una respuesta subamortiguada de la salida del sistema, con una ganancia con valor de 50 se observa un sobrepico en la respuesta arriba del 50% del valor de referencia, estabilizando la respuesta en aproximadamente 10 segundos.
La figura 9 presenta la respuesta del sistema con una ganancia con valor de 100, como se observa en la figura, a medida que aumenta la ganancia también aumentan las oscilaciones en la respuesta y por ende aumenta el tiempo de estabilización de la posición de la flecha.
Como se muestra en las figuras anteriores, entre más alto es el valor de la ganancia del controlador proporcional mayor es el número de oscilaciones del desplazamiento de la flecha del motor de cd, hasta sobrepasar el valor crítico de la ganancia del controlador (K = 120.12) la cual convertirá en inestable al sistema.

Respuesta de la salida del motor de cd a una entrada escalón unitario con controlador PID

Como se observó anteriormente, el controlador PID agrega al sistema un polo en cero y dos ceros que dependen de los valores de las ganancias del controlador, esto origina un cambio en la dinámica del sistema proporcionándole mayor estabilidad, tal es el caso del motor de cd.
Al graficar el lugar de las raíces para el sistema con controlador PID, se observa que al variar el valor de la ganancia proporcional K_p del controlador, no varía el lugar de las raíces del sistema, siempre y cuando se mantengan los valores de las ganancias de la parte integral T_i y la parte derivativa T_d.
A continuación se presentan las respuestas de la posición de la flecha del motor de cd a una entrada escalón unitario, considerando diferentes valores de ganancia proporcional K_p.

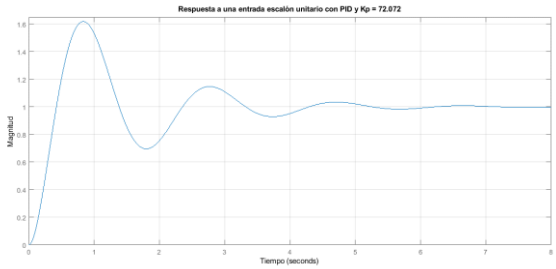


Figura 10. Respuesta subamortiguada de la posición de la flecha del motor de cd, con Kp = 72.072.

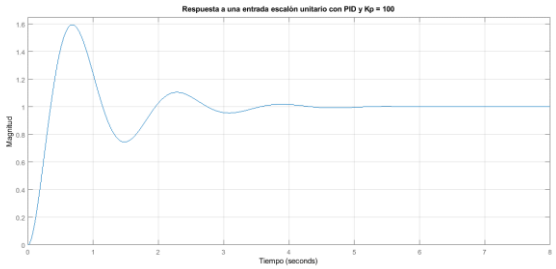


Figura11. Respuesta subamortiguada de la posición de la flecha del motor de cd, con Kp = 100.

La figura 10 muestra una respuesta subamortiguada del sistema, el valor máximo de la salida del sistema sobrepasa el 60% del valor de la referencia, pero a pesar de ello la salida estabiliza en 5 segundos aproximadamente.
La figura 11 muestra una disminución en el número de oscilaciones y la salida del sistema alcanza en 4 segundos aproximadamente a la referencia.

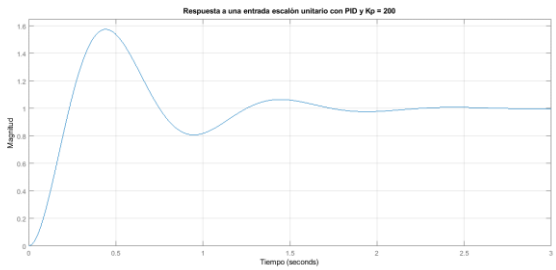


Figura 12. Respuesta subamortiguada de la posición de la flecha del motor de cd, con Kp = 200.

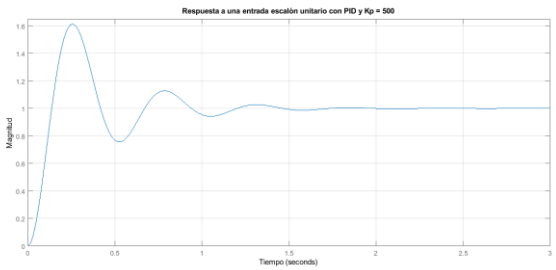


Figura13. Respuesta subamortiguada de la posición de la flecha del motor de cd, con Kp = 500.

En las figuras 12 y 13 se muestra que a medida que se aumenta la ganancia proporcional del controlador PID la salida del sistema estabiliza en un menor tiempo, cuando la ganancia proporcional es 200 la salida alcanza a la

referencia en 2 segundos aproximadamente, cuando se aumenta la ganancia proporcional a 500 la salida alcanza a la referencia en 1.5 segundos aproximadamente.

Trabajo a futuro

En esta primera etapa se está estudiando los distintos tipos de control, tanto de la posición de la flecha como de velocidad del motor de cd, desde la perspectiva de simulación. El trabajo a futuro que se pretende realizar es llevar los algoritmos de control calculados al tiempo real con el objetivo de ejecutar el trabajo del motor de cd en una aplicación práctica, ya sea controlando la posición de un brazo de robot, hasta la velocidad de las hélices de un cuadroptero. Se hace mención que la función de transferencia del motor de cd, es la que comprende la velocidad de la flecha como salida y voltaje de alimentación de la máquina como entrada. Si se desea obtener como salida la posición de la flecha solamente se integran ambos lados de la función de transferencia, como ya se explicó anteriormente.

Conclusiones

Después de observar los resultados obtenidos con respecto a la respuesta del motor de cd, la sintonización de los parámetros del controlador PID por medio del método de Ziegler-Nichols hace más rápida la respuesta de la salida logrando obtener una respuesta en estado permanente hasta en 2 segundos aproximadamente, ésto se puede apreciar en la figura 10 a la figura 13, obteniendo mayor rapidez en la respuesta del sistema con respecto al sistema controlado con un controlador proporcional. No obstante se tienen sobrepicos de hasta el 60% en la respuesta transitoria, además a medida que es mayor la ganancia proporcional se incrementan las oscilaciones en la misma respuesta debido a que el valor imaginario de los polos, por lo que se pudo constatar que las ganancias entre 200 y 500 representan las mejores respuestas.
Una de las ventajas principales de este método de control es que al incrementar la ganancia proporcional el sistema nunca tendrá una respuesta inestable.

Referencias

[1] B. Messner, D. Tilbury, R. Hill, J.D. Taylor. Control tutorials for MATLAB® & SIMULINK®, 2017, [En línea]. Disponible en: http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=MotorSpeed&section=SystemModeling
[2] N. Thomas, P. Poongodi. (2009, Julio 1-3). “Position Control of DC Motor Using Genetic Algorithm Based PID Controller”. [En línea]. Disponible en: http://iaeng.org/publication/WCE2009/WCE2009_pp1618-1622.pdf.
[3] K. Ogata. “Ingeniería de control moderna”. Madrid, Pearson, 2010, pp. 568-577.
[4] D.T. Liem, D.Q. Troung, K.K. Ahn. (2015, Enero 4). “A torque estimator using online tuning grey fuzzy PID for applications to torque-sensorless control of DC motors”. [En línea]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957415815000136
[5] H.E.A. Ibrahim, F.N. Hassan, A.O. Shomer. (2013, Septiembre 13). “Optimal PID control of a brushless DC motor using PSO and BF techniques”. [En línea]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447913000993.
[6] M.S. Álvarez. Modelo matemático de un motor de corriente continua separadamente excitado: Control de velocidad por corriente de armadura, Latin-American Journal of Physics Education, 2012, Vol. 6, No. 1, pp. 155-161.
[7] S. Neira. Cálculo de características de motores de CD mediante instrumentación virtual, Ingenierías, 2007, Vol. X, No. 35, pp. 20-25.
[8] M.G. Quijano. “Obtención experimental de los parámetros del motor que se utilizará en el sistema de locomoción de una esfera rodante”, Lic. Tesis, Escuela de Ingeniería y Administración, Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga. 2009.
[9] B.C. Kuo. Sistemas de control automático, México, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1996, pp. 171-180.
[10] J. Dorsey. Sistemas de control continuos y discretos: modelado, identificación, diseño, implementación, México, McGraw Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2005, pp. 292-296.

Reducción de los efectos de las Interferencias Electromagnéticas EMI en las señales de instrumentación

A.Vivaldo Vicuña , L. Cortez Calderón, A. Márquez Vázquez, F. Rodríguez García*
Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, Calle Barranca de pesos S/N San Lucas Atoyatenco CP. 74120 San Martín Texmelucan, Puebla.
**aracelivivaldo@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Electrónica*

Resumen

En este trabajo se realizará un artículo de revisión donde se analizarán algunas de las técnicas para poder reducir los efectos de las Interferencias Electromagnéticas EMI debido a que han aumentado considerablemente con el incremento de los sistemas electrónicos móviles, con el amplio uso de los sistemas de comunicación sin cables y las redes, lo cual genera que el espectro electromagnético está cada vez más poblado, y el problema de las EMI son las situaciones esporádicas que degradan despacio los equipos y componentes electrónicos, originando fallos en la comunicación entre dispositivos de una red de equipos o computadoras, alarmas generadas sin explicación en los equipos electrónicos, en lógica o comando en relés, la quema de componentes y circuitos electrónicos, ente otros, también es muy común la ocurrencia de ruidos en la alimentación eléctrica debido a mala puesta a tierra y blindaje de los conductores.

***Palabras clave**: EMI, espectro electromagnético, relés, equipos electrónicos.*

Abstract

In this work a review article will be carried out where some of the techniques to reduce the effects of EMI Electromagnetic Interferences will be analyzed because they have increased considerably with the increase in mobile electronic systems, with the wide use of wireless communication systems and networks, which generates that the electromagnetic spectrum is increasingly populated, and the problem of EMIs are sporadic situations that slowly degrade electronic equipment and components, causing communication failures between devices in a network of computers or computers, alarms generated without explanation in electronic equipment, in logic or command in relays, the burning of electronic components and circuits, among others, the occurrence of noise in the power supply due to poor grounding and shielding of the conductors is also very common.

Key words: EMI, electromagnetic spectrum, relays, electronic equipment

Introducción

En este trabajo se hace una búsqueda de información referente a las interferencias electromagnéticas EMI, cuyos objetivos son determinar las técnicas de reducción de las EMI y los avances de las interferencias electromagnéticas en las señales de instrumentación, debido a que estas causan daños a señales que se desean medir y finalmente a los equipos debido al crecimiento de la tecnología digital, al uso de las redes y al entorno de trabajo. EMI hace referencia a la emisión de energía electromagnética que degrada o perjudica la calidad de una señal o el funcionamiento de un sistema.

Se pueden generar EMI conducidas y radiadas, muchas clases de filtros han sido propuestos con el fin de minimizar su efecto, por ejemplo, un filtro de modo diferencial ha sido propuesto en (S. J. Kim y S. K. Sul, 1997)

 ISSN 2007-8102

y uno de modo común ha sido propuesto por S. Ogasawara y H. Akagi (2001), que ayudan a la disminución de EMI.

Se han estudiado los mecanismos físicos por los que se introduce una perturbación en el interior de un equipo electrónico. Se sabe que estos mecanismos obedecen a principios físicos fundamentales sencillos, pero se trata de circuitos que contienen parámetros distribuidos y las características no ideales de los componentes.

Se analizarán algunos tipos de acoplamientos como: por impedancias comunes, acoplamiento electrostático o capacitivo, acoplamiento magnético o inductivo y acoplamiento de radiación electromagnética.

Desarrollo

Se realiza la revisión de diferentes artículos y revistas para poder generalizar aspectos relacionados con las interferencias electromagnéticas EMI y analizar los avances de los últimos años, así como la evolución de las técnicas para disminuir dichas interferencias.

Definición de ruido

El ruido o interferencia se puede definir como señales eléctricas indeseables que distorsionan o interfieren con una señal analógica original. El ruido puede ser interno y externo, el interno se genera principalmente de las imperfecciones en el diseño eléctrico y por el ruido térmico, mientras que el ruido externo puede provenir de fuentes tales como las corrientes y voltajes en los cables de alimentación adyacentes a los cables de señales de instrumentos, de rayos y otras sobretensiones eléctrica s o transitorios, diafonía de otros cables cercanos y la interferencia de radio frecuencia. En la figura 1 se muestran ejemplos de ondas distorsionadas por causas diferentes.

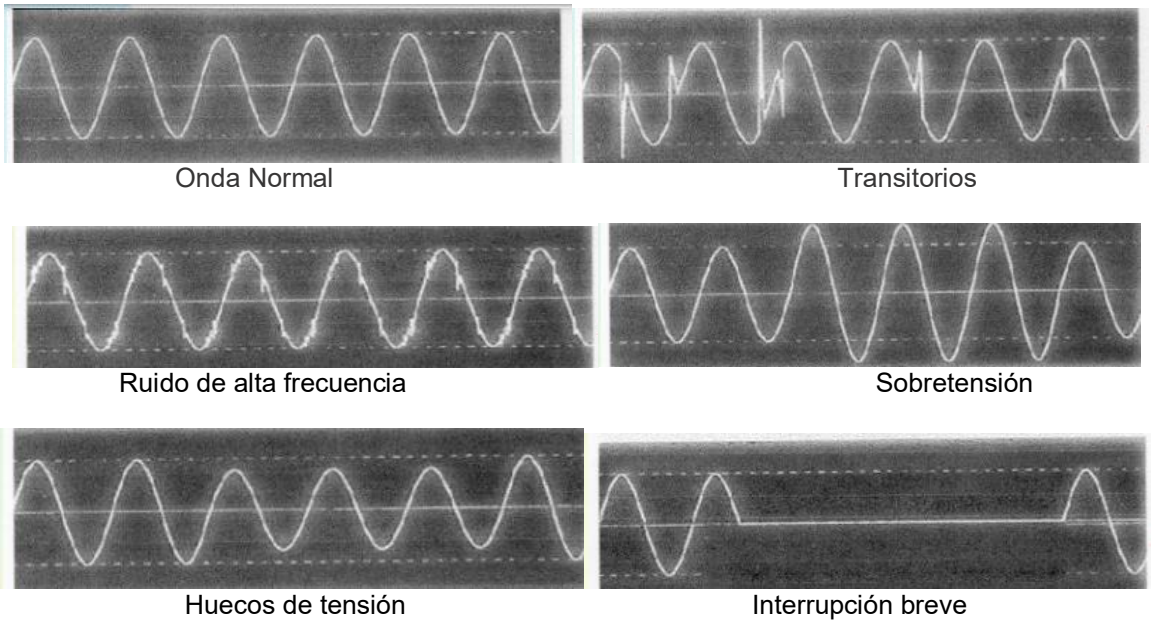


Figura 1. Perturbaciones conducidas en sistemas eléctricos.

En general las interferencias electromagnéticas EMI son las causantes de una gran cantidad de respuestas indeseables en varios equipos, la fuente de ruido más común la causada por la fuente de alimentación de 60 Hz debido a que es una tensión oscilante de alta potencia, pero los ruidos en muchos sistemas de instrumentación implican la medición de las señales analógicas en las que el ruido puede ser un componente prominente. Las señales analógicas de instrumentación se utilizan comúnmente para fines de control en la mayoría de las

 ISSN 2007-8102

instalaciones de instrumentación. Estas señales analógicas son muy susceptibles a diversas formas de ruido, que si no se controlan podrían distorsionar las señales que se transmiten a efectos de control. El resultado serían sistemas de control deficiente y peligrosos con una integridad de señal muy baja que podrían ser un riesgo.

Fuentes de EMI

Existen dos tipos de fuentes de interferencias electromagnéticas, las que se pueden considerar como fuentes de EMIs naturales y fuentes de EMIs que aparecen debido a la acción del hombre.

Como fuentes de EMIs naturales se encuentran los relámpagos que pueden llegar a ofrecer descargas de hasta 10 KV o efectos solares que afectan a la ionosfera.
Como fuentes de EMIs debido a la acción del hombre se encuentran: Las descargas electrostáticas, sistemas eléctricos y electrónicos, elementos de telecomunicaciones, pulsos electromagnéticos con corrientes de 10 kA.

Propagación de las EMI

Dependiendo de la frecuencia pueden ser: conducidas, acoplamiento reactivo y radiadas. Las interferencias radiadas, son cuando la señal se propaga de fuente a víctima mediante radiación electromagnética. La radiación efectiva requiere una antena adecuada para recibir o transmitir, lo que necesita un elemento metálico con una longitud que sea una fracción significativa de la longitud de onda de la EMI.
Las interferencias son conducidas, cuando se propaga a través de una conexión común, el acoplo inductivo se produce por el efecto del campo magnético, mientras que el acoplo capacitivo se produce por el efecto del campo eléctrico.

Propagación de las EMI

Conducidas < 30Mhz	Acoplamiento reactivo < 30Mhz	Radiadas > 30Mhz
*Por cables de alimentación *De señal y de tierra	*Capacitivos. Altos voltajes *Inductivos. Altas corrientes	*Intensionadas *No intensionadas

Técnicas de reducción de las EMI

Los métodos para eliminar o reducir las EMI son los mostrados en la figura 2, a pesar de estas técnicas se deben tener en cuenta que no existe una única solución en la reducción efectiva de las EMI y que, aunque minimizadas siguen existiendo.

 ISSN 2007-8102

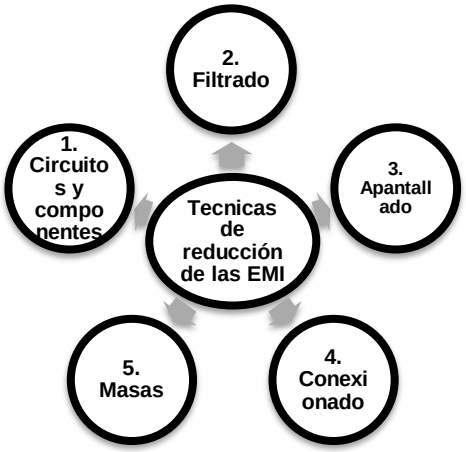
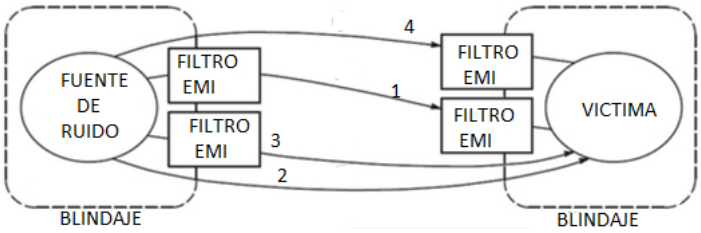


Figura 2. Técnicas de reducción de interferencias electromagnéticas

La figura 3 muestra las relaciones que pueden obtenerse cuando se tiene una fuente de ruido y una víctima que sufre las perturbaciones a consecuencia de las EMI, y se siguiere realizar filtros o blindaje dependiendo de radiación o conducción.



		Minimización de ruido	
1	Conducción	Filtro EMI	Filtro EMI
2	Radiación	Blindaje	Blindaje
3	Conducción Radiación	Filtro EMI	Blindaje
4	Radiación conducción	Blindaje	Filtro EMI

Figura 3. Minimización de efectos EMI

La distribución del cableado, los tipos de cables, las técnicas de protección son factores que se deben considerar para minimizar los efectos de EMI. No olvidar que en altas frecuencias los cables funcionan como un sistema de transmisión de líneas cruzadas, reflejando energía y difundiéndola entre todos los circuitos. Mantener las conexiones en buenas condiciones, pues conectores inactivos por mucho tiempo pueden desarrollar resistencia o volverse detectores de RF.

Un ejemplo típico de la influencia de EMI en el funcionamiento de un componente electrónico, es un capacitor sometido a un pico de tensión mayor que su tensión nominal especificada, arriesgándose a degradar el dieléctrico, cuya espesura es limitada por la tensión operativa del capacitor, lo que puede producir un gradiente de potencial inferior a la rigidez dieléctrica del material, causando la disfunción o mismo quemar el capacitor. O entonces pueden generarse corrientes de polarización de transistores, llevándolos a saturación o corte, o aún, dependiendo de la intensidad, a la quema de componentes por efecto joule.

¿Cómo reducir los efectos de la EMI en señales de instrumentación?.
Algunas sugerencias para reducir los efectos de EMIS (PR electronics S.L) son:

1. Instalar el cableado de alimentación y el cableado de las señales de instrumentación a través de conductos separados o en bandejas porta cables distintos. Mantener esta separación en el panel de control tanto como resulte práctico.

2. Si el cableado de instrumentación debe cruzar el de alimentación, que lo haga con un ángulo de 90 grados manteniendo la máxima separación posible.

3. Evitar que se formen bucles en el cableado de instrumentación. El cable debe instalarse lo más recto posible.

4. Usar cable blindado de par trenzado para llevar las señales de instrumentación. Al trenzar los cables se ecualiza el efecto de la EMI en ambos cables, lo que reduce considerablemente los errores debidos a la interferencia electromagnética. Si se emplea un apantallamiento o blindaje para rodear los cables de instrumentación, se les protege de la EMI y se proporciona una vía para que la corriente generada por la EMI fluya hacia tierra.

5. Conectar un extremo de la pantalla a tierra, a ser posible al punto de tierra que tenga el menor ruido eléctrico.

6. Las señales de corriente son intrínsecamente más inmunes a la EMI que las señales de voltaje, por lo que resulta benéfico usar un transmisor aislado para convertir las señales en corriente de 4-20 mA estándar del sector bajo las siguientes ventajas:

Las señales de 4-20 mA son muy inmunes al ruido eléctrico.

A diferencia de las señales de voltaje, las señales de 4-20 mA no se atenúan aunque tengan que recorrer distancias largas (dentro de los límites).

La mayoría de los transmisores puede programarse para regular la corriente en bucle a un nivel anormalmente alto o bajo si falla el sensor. Normalmente, estos límites son 3,5 y 23 mA. De esta forma, una señal de 4-20 mA puede notificar al sistema la existencia de un error de sensor.

Si se rompe un hilo de cable, se producirá un flujo de corriente de 0 mA lo que facilita la detección de un error de cable.

El aislamiento de la señal medida, bloqueará la EMI que afecta a ambos cables de entrada.

La mayoría de los transmisores tienen amortiguación de salida regulable, lo que permite filtrar la inestabilidad de la señal de salida causada por la EMI.

7. Reducir al mínimo la longitud de los cables de instrumentación sin blindar en el panel de control. Comprobar que los hilos expuestos permanecen bien trenzados en toda su trayectoria hasta los puntos de conexión.

8. En el panel de control, tender los cables de instrumentación alejados de las fuentes de EMI del panel. Las señales RTD y de termopar son especialmente propensas a los errores causados por la EMI, así que hay que prestar especial atención a la dirección de estos cables en el panel.

El seguimiento de estas directrices contribuirá a garantizar mediciones precisas en entornos con altos niveles de EMC compatibilidad electromagnética, por lo que resulta importante seguir las sugerencias mencionadas. Otro tipo de sistemas que pueden ayudar son los acoplamientos capacitivos e inductivos.

Acoplamiento capacitivo

El acoplamiento capacitivo o por campo eléctrico se modela como una capacitancia entre los dos circuitos R_L y V_s, donde la capacitancia equivalente, Cef, es directamente proporcional al área de actuación del campo eléctrico e inversamente proporcional a la distancia entre los dos circuitos.

Por lo tanto, aumentándose la separación o reduciéndose el área, la influencia de Cef se minimizará y el acoplamiento capacitivo afectará menos la señal. El efecto de capacitancia entre dos cuerpos con cargas

 ISSN 2007-8102

eléctrica, separadas por un dieléctrico se llama de efecto de capacitancia mutua. El nivel de acoplamiento capacitivo es directamente proporcional a la frecuencia y amplitud de la señal de ruido, el efecto del campo eléctrico es proporcional a la frecuencia e inversamente proporcional a la distancia.

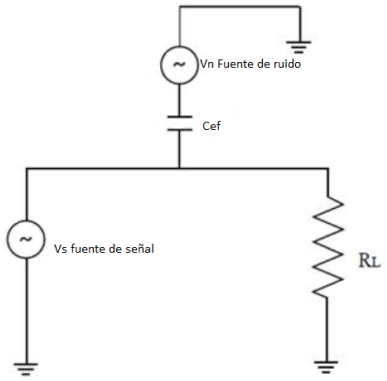


Figura 4. Acoplamiento capacitivo

Reducción del acoplamiento capacitivo

Las sugerencias realizadas son las siguientes: limitar el largo de los cables que van en paralelo, aumentar el largo entre el cable perturbador el cable víctima, conectar a tierra los dos cables de los circuitos, reducir el dv/dt de la señal perturbadora aumentando el tiempo de subida de la señal (bajando la frecuencia de la señal)

Acoplamiento Inductivo

El cable perturbador y el cable víctima se unen por un campo magnético, donde el nivel de perturbación depende de las variaciones de corriente (di/dt) y de la inductancia de acoplamiento mutuo se muestra en la figura 5.

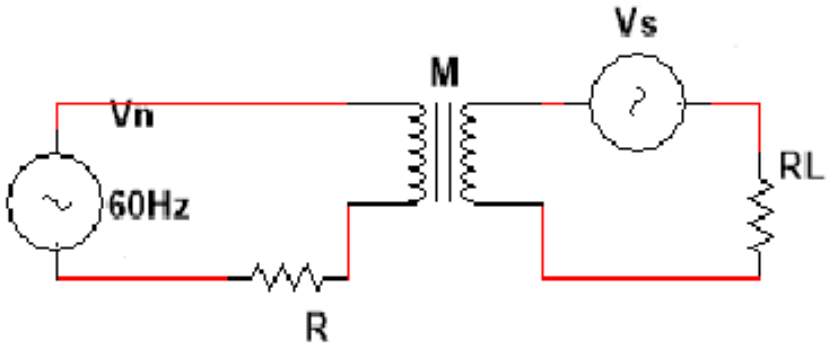


Figura 5. Acoplamiento inductivo

Aumento del acoplamiento inductivo

Las sugerencias para el aumento del acoplo inductivo son: La frecuencia, donde la reactancia inductiva es directamente proporcional a la frecuencia ($X_L = 2\pi fL$) , l a proximidad entre los cables perturbadores y víctimas y la largura de los cables que corren en paralelo, la altura de los cables con relación al plan de referencia colocarse relativamente al suelo, la impedancia de carga del cable o circuito perturbador.

Reducción del acoplamiento inductivo entre cable y campo

 ISSN 2007-8102

Se sugiere limitar la altura h del cable al plan de tierra, usar cables trenzados, usar ferrita y filtros de EMI, en altas frecuencias poner a tierra el shield en dos puntos y en bajas temperaturas en un solo punto.

Resultados y discusión

De acuerdo a los diferentes artículos analizados todos los problemas de EMI tienen tres elementos comunes como mínimo: siempre hay una fuente de EMI, un receptor de EMI y un camino de acoplamiento que une la fuente al receptor. Por lo general, no es posible eliminar la fuente o el receptor, por lo que solo queda atacar el camino de acoplamiento.

Dependiendo del problema, la fuente o el receptor o ambos, pueden ser evidentes, pero a veces es más difícil ser identificados.

Fuentes de EMI	Acoplos	Receptores de EMI
Microcontroladores	Radiación electromagnética	Circuitos digitales
Controladores de video	Campos electromagnéticos	Microcontroladores
Descargas electrostáticas	Diafonía capacitiva	Circuitos analógicos
Radio transmisores	Diafonía inductiva	Receptores de RF
Calentadores de RF	Conducidas por líneas de señal	Circuitos de realimentación
Perturbaciones de red	Conducidas por líneas de alimentación	Circuitos de reset
Rayos	Conducción por la masa	

Dentro de las técnicas de reducción de EMI , de las cuales se mencionaron cinco generales, en cada una de ellas se desglosan nuevas técnicas, y en la técnica de filtrado se dividen dos categorías, red eléctrica y bajo nivel, de las cuales la información es casi nula encontrando muy pocos artículos y revistas.

FILTRADO	
RED ELÉCTRICA	**BAJO NIVEL**
Filtros	Filtros pasa alta
Inductancias saturables	Filtros pasa bajo
Conectores	Filtros pasa banda
Transformadores de aislamiento	Rechazo de banda
Redes disipativas	Desacoplamiento
Distribución en estrella	

Conclusiones

Se puede concluir que a la fecha aún existe muy poca información de la reducción de las Inferencias Electromagnéticas, se realizaron algunas sugerencias que ayudan a disminuir, pero queda mucho trabajo sobretodo en el área de filtrado.

Debido al incremento de diferentes sistemas electrónicos conmutando en alta frecuencia como convertidores de potencia, ordenadores personales, sistemas de telecomunicación que incrementan continuamente el nivel de contaminación electromagnética ambiental.
Las nuevas tecnologías de los sistemas electrónicos circuitos de mayor escala de integración, menor tensión de alimentación, circuitos mixtos digital analógico, elevan la susceptibilidad a interferencias, especialmente en los circuitos analógicos que procesan señales débiles.

En las diferentes fuentes consultadas un factor predominante que destaca en las interferencias EMI son las bajas frecuencias, tales como las generadas por las fuentes conmutadas y los motores, tienden a dominar por debajo de los 30 MHz. Sin duda puede haber problemas de emisiones radiadas por debajo de los 30 MHz y problemas de emisiones conducidas mayores a los 30 MHz. Las normas requieren pruebas con una considerable superposición de frecuencias, pero no sucede lo mismo en las normas comerciales, en las que usualmente las pruebas de emisiones conducidas van de 9 kHz a 30 MHz. Y las pruebas de emisiones radiadas empiezan en los 30 MHz y terminan en 1 GHz, llegando en algunos casos a los 6 GHz.

Es conveniente seguir las recomendaciones para reducir los efectos en señales de instrumentación como mantener los cables separados, hacer una correcta conexión a tierra, usar par trenzado en los cables de instrumentación, limitar el largo de los cables, limitar la altura del cable a tierra , usar filtros EMI y otras sugerencias para evitar problemas posteriores con los equipos y líneas de alimentación.

Referencias

1. Cassiolato Cesár Director de Marketing, Calidad e Ingeniería de Proyectos & Servicios de SMAR Equipamentos Ind. Ltda, recuperado de http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/acoplamiento-inductivo-y-como-minimizar-sus-efectos-en-la-industria

2. Cassiolato Cesár Director de Marketing, Calidad e Ingeniería de Proyectos & Servicios de SMAR Equipamentos Ind. Ltda, recuperado de http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/profibus-puesta-a-tierra-blindaje-ruidos-interferencias-reflexiones-y-mucho-mas

3. Huibin Z., Lai, JS, Análisis de las emisiones IEM realizadas del inversor PWM basado en modelos empíricos y experimentos comparativos., IEEE PESC 99, 2 (27), 1999, pp.1727-1733.

4. Joseph Balcells. Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos. Ed. Marcombo, pp 8-15

5. Kim, S. J., Sul, S. K., A novel filter design for suppression of high also eliminate a small part of CM noise., Voltage gradient in voltage-fed PWM inverter, IEEE Proceeding Applied Power Electronics, 1997, pp. 122-127.

6. Lluís Ferrer i Arnau. Introducción a la compatibilidad electromagnética UPC Departamento de Ingeniería Electrónica. C. Colom,1 08222 TERRASSA Barcelona España.

7. Martín Pernía Alberto, Interferencias Electromagnéticas en sistemas electrónicos, Universidad de Oviedo, curso de doctorado, recuperado de http://ieee-pels-ies.es/Pels/Pdf/Oviedo/Doctorado_EMI.pdf

8. Ogasawara, S. Akagi, H., Suppression of common-mode voltaje in a PWM rectifier/inverter system., IEEE Industry Applications, Conference 2001, pp. 2015-2021.

9. PR electronics, Performance made smarter recopilado de la dirección: https://www.prelectronics.com/es/about-pr/innovation/emc/

10. PR electronics, Performance made smarter recopilado de la dirección: https://www.prelectronics.com/es/about-pr/news-and-events/news/8-tips-and-advice-for-reducing-the-effects-of-emi-on-your-instrumentation-signals/

Prototipo para telemetría satelital de sensores

M. A. Arenas Méndez[1], A. N. Aradillas Ponce[2], G. Ruiz Arteaga[3]*
[1]Departamento de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Prol. Av. Art. 3ro. Constitucional S/N, Col. Solidaridad, C.P. 93994, Pánuco, Ver., México.*
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Prol. Av. Art. 3ro. Constitucional S/N, Col. Solidaridad, C.P. 93994, Pánuco, Ver., México.
[3]Departamento de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Prol. Av. Art. 3ro. Constitucional S/N, Col. Solidaridad, C.P. 93994, Pánuco, Ver., México.
[1]manuel.arenas@itspanuco.edu.mx, [2]nelly.aradillas@itspanuco.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

En la actualidad la telemetría satelital es una técnica automatizada ampliamente utilizada en el mundo para la transmisión y recepción de información de toda índole. Aplicaciones industriales, militares, salud, medio ambiente, desarrollo sustentable son sectores, por mencionar algunos, que se han visto ampliamente beneficiados con el uso de esta tecnología. El presente artículo describe los resultados obtenidos a través del desarrollo de un prototipo de telemetría satelital para sensores. El desarrollo se compone de un sistema embebido que realiza la adquisición de información de geolocalización mediante un dispositivo de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) así como el monitoreo de la temperatura ambiente, dos entradas analógicas y dos entradas digitales, cuyos valores y estados se transmiten mediante un módem satelital al centro de administración de un servicio global de comunicación satelital comercial.

***Palabras clave**: telemetría, satelital, módem, sensores.*

Abstract

At present, satellite telemetry is an automated technique widely used in the world for sending and receiving information of all kinds. Industrial, military, health, environment, sustainable development applications are sectors that have benefited greatly from the use of this technology. This article describes the results obtained through the development of a satellite telemetry prototype for sensors. The prototype consists of an embedded system that performs the acquisition of geolocation information through a global positioning device (GPS), as well as the monitoring of the ambient temperature, two analog inputs and two digital inputs, whose values and states transmitted via a satellite modem to the administration center of a global commercial satellite communication service.

***Key words**: telemetry, satellite, modem, sensors.*

Introducción

Mediante la telemetría satelital es posible llevar un control en tiempo real de una infraestructura crítica sin depender de proveedores que ofrecen calidades de servicio, tecnología y modelos comerciales dispares, aportando además la ventaja de la movilidad en cualquier parte del mundo.

Sectores como el transporte, minería, agricultura, pesca, meteorología, sismología, entre otros, son algunos de los ámbitos beneficiados con esta tecnología al permitirles de forma oportuna controlar procesos y realizar análisis de datos para la toma de decisiones tácticas y estratégicas. (Globalsat USA, 2016).

Las transmisiones de y hacia los satélites se clasifican como de bus y de carga útil. En el bus se incluyen los mecanismos de control que respaldan la operación de carga útil. La carga útil es la información real de usuarios que pasa por el sistema (Tomasi, W., 2003).

Dada la importancia actual de la telemetría satelital es sustancialmente relevante el evaluar opciones que resulten accesibles para la implementación de aplicaciones con impacto en la relación costo-beneficio.

 ISSN 2007-8102

Metodología

El prototipo se implementa mediante un sistema embebido, figura 1, en base a una tarjeta de desarrollo Arduino Pro Mini, con microcontrolador Atmega 328P, a la cual se le conectan un sensor de temperatura digital DS18B20, dos potenciómetros para simulación de señales analógicas, dos interruptores para simulación de entradas digitales, un dispositivo de posicionamiento global para la adquisición de datos de geolocalización, tres indicadores led para mostrar estados del sistema y un módem satelital RockBLOCK.

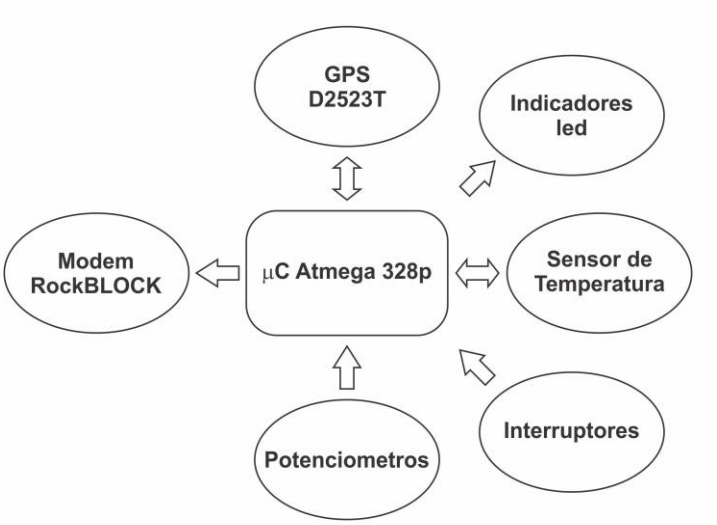


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema embebido.

El módem satelital RockBLOCK, figura 2, es fabricado por la empresa Rock Seven, un fabricante de sistemas de comunicación y seguimiento satelital basados en la red de satélites Iridium, que brinda servicios a una amplia gama de organizaciones, que van desde gobiernos, ejércitos, Organizaciones No Gubernamentales, empresas privadas y consumidores finales. El modem permite enviar y recibir mensajes cortos desde cualquier lugar de la Tierra con una vista clara del cielo y funciona mucho más allá del alcance de las redes WiFi y GSM.

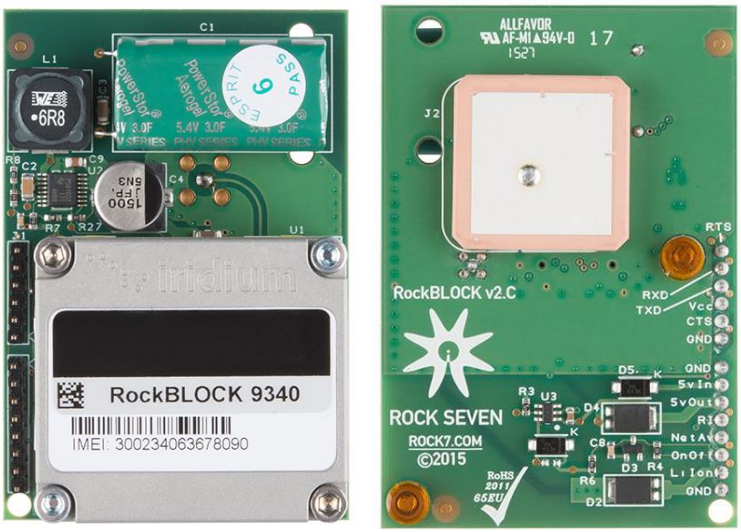


Figura 2. Módem satelital RockBLOCK.

 ISSN 2007-8102

Iridium es la única red de satélites que permite la transmisión de información desde cualquier punto de la Tierra; otras redes no tienen cobertura en las regiones polares además de que en diversas zonas marinas y terrestres ésta es intermitente o nula. La red Iridium cuenta con 66 satélites en órbita alrededor de la Tierra, permitiendo establecer una comunicación desde cualquier lugar las 24 horas del día los 365 días del año.

Para acceder a los servicios de telemetría de la empresa Rock Seven es necesario abrir una cuenta en el sitio web de la empresa Rock Seven (http://www.rock7mobile.com) y registrar el, o los, módem RockBLOCK. El manejo de la cuenta es gestionado mediante un sistema de alquiler de línea el cual se paga en bloques de un mes y permite que el módem intercambie información a través de la red de satélites Iridium. Solo se paga por los meses en los que se desea utilizar el servicio, no se requiere de contrato anual. El alquiler de la línea cuesta £12.00 por mes ($291.18 MXN al tipo de cambio actual) e incluye el acceso al sistema de administración RockBLOCK para la gestión de múltiples dispositivos.

El envío de información se basa en créditos. Los créditos se utilizan cada vez que se realiza él envió de un mensaje de hasta 50 bytes, ya sea en transmisión o recepción. También se usa un crédito si se verifica el buzón de correo y no hay mensajes en espera. Los créditos no caducan a menos que no se use la cuenta del dispositivo en absoluto durante 12 meses.

Los créditos se comparten y agrupan entre todos los modem registrados en la cuenta, en la Tabla 1 se describen los costos de los paquetes de datos de telemetría ofrecidos por la empresa Rock Seven.

Tabla 1. Paquetes y precios de créditos, en libras esterlinas, por el servicio de telemetría de la empresa Rock Seven. 1 £ = $24.25 MXN al tipo de cambio actual.

Paquete	Costo por crédito	Precio del paquete
50 créditos	£ 0.14	£ 7.00
100 créditos	£ 0.13	£ 13.00
200 créditos	£ 0.11	£ 22.00
500 créditos	£ 0,10	£ 50.00
1000 créditos	£ 0.09	£ 90.00
2000 créditos	£ 0.08	£ 160.00
5000 créditos	£ 0.07	£ 350.00
10000 créditos	£ 0.06	£ 600.00
20000 créditos	£ 0.045	£ 900.00

En caso de recibir un mensaje se recibe un aviso a través del correo electrónico proporcionado en la cuenta, de igual forma la cuenta presenta un apartado en el cual es posible monitorear los mensajes recibidos, así como otro que se emplea para el envío de mensajes desde el sitio de administración al módem RockBLOCK.

Cada módem RockBLOCK cuenta con un bus de pines de conexión que expone las diversas líneas de señal para la conexión del dispositivo, figura 3.

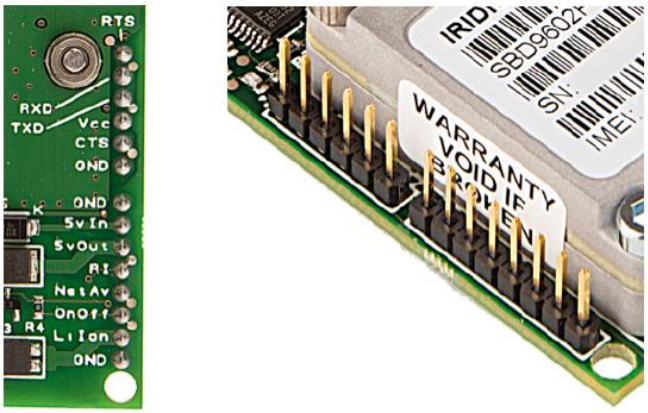


Figura 3. Diagrama a bloques del sistema embebido.

 ISSN 2007-8102

En la tabla 2 se describe la configuración de cableado que se emplea en el prototipo mientras que en la tabla 3 se muestra la configuración para la alimentación eléctrica del módem.

Tabla 2. Conexiones entre RockBLOCK y el sistema embebido.

Conexión del RockBLOCK	Conexión microcontrolador
GND	GND
TX	PIN TX
RX	PIN RX
Sleep	Pin GPIO (Definido por el código)

Tabla 3. Conexiones de alimentación eléctrica del módem.

Conexión del RockBLOCK	Fuente de alimentación eléctrica
GND	GND
+5V (potencia)	+5V

El desarrollo del circuito impreso del prototipo para telemetría satelital de sensores se realizó en el software de diseño Eagle, figura 4.

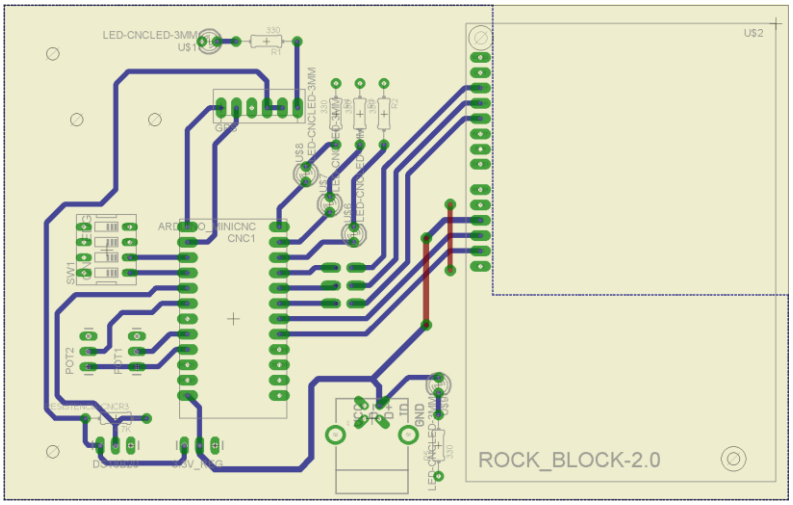


Figura 4. Diseño del circuito impreso del prototipo para telemetría satelital de sensores.

En la figura 5 se muestra el prototipo para telemetría satelital de sensores una vez ensamblado.

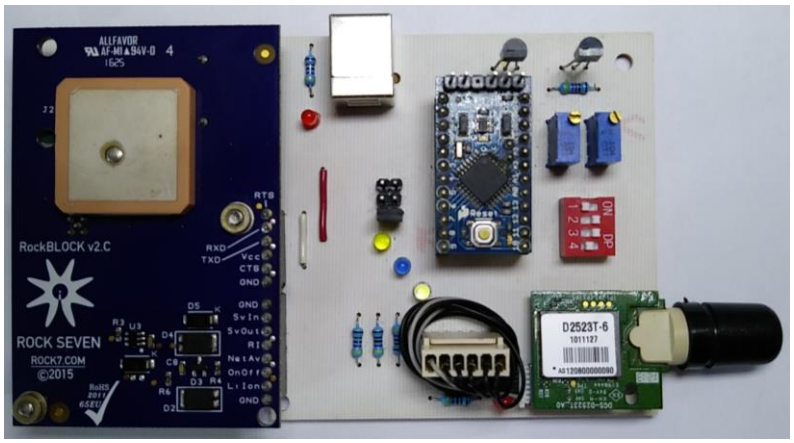


Figura 5. Prototipo para telemetría satelital de sensores.

 ISSN 2007-8102

En la figura 6 se muestra el diagrama a bloques del algoritmo implementado en la tarjeta de desarrollo Arduino Pro Mini para la lectura y envío de la información de los sensores conectados al prototipo.



Figura 6. Algoritmo de operación del prototipo.

La información recopilada de los sensores se envía mediante el módem satelital bajo el siguiente formato de cadena de texto $DAT,22.039209,N,98.191367,W,31.4,513,758,1,0*. En la tabla 4 se describe la estructura de ésta.

Tabla 4. Estructura de cadena de información de sensores.

CAMPO	FORMATO
IDENTIFICADOR DE MENSAJE	$DAT
LATITUD	22.039209
N/S Indicador	N
LONGITUD	98.191367
E/W Indicador	W
TEMPERATURA	31.4
VALOR ENTRADA ANALÓGICA 1	513
VALOR ENTRADA ANALÓGICA 2	758
ESTADO ENTRADA DIGITAL 1	1
ESTADO ENTRADA DIGITAL 2	0
FIN DE MENSAJE	*

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

En la figura 7 se muestra la alerta recibida por correo electrónico correspondiente al envío del mensaje de ejemplo de la tabla 4.



Figura 7. Mensaje de alerta de mensaje de lectura de sensores recibida en el correo electrónico registrado en la cuenta de Rock Seven.

La figura 8 muestra el monitoreo del mensaje a través del sitio de administración de la cuenta.

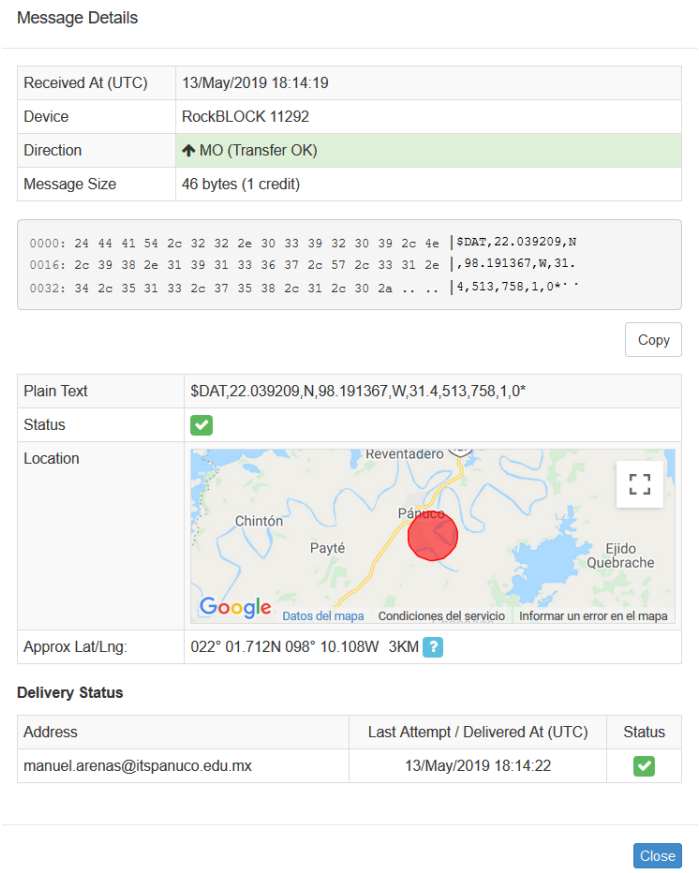


Figura 8. Monitoreo de mensajes en el sitio de administración de la cuenta en el sitio web de Rock Seven.

Trabajo a futuro

Entre los trabajos futuros a desarrollar podemos mencionar:

1. Modificación del prototipo y del algoritmo ejecutado por éste con la finalidad de permitir una comunicación satelital bidireccional, así como la implementación de una función de verificación de errores de la cadena de texto que contiene la información recabada.

2. Desarrollo de un software de computadora, así como de una aplicación para dispositivos móviles, que obtenga desde el sitio de administración de la cuenta del módem la información enviada por el prototipo.

Conclusiones

Para concluir podemos afirmar que el prototipo desarrollado ha funcionado satisfactoriamente de acuerdo al objetivo planteado por el proyecto bajo las siguientes limitaciones.

1. El prototipo cuenta solamente con la capacidad de envío de información.

2. La información transmitida solo se visualiza en el centro de administración del módem RockBLOCK y en el correo electrónico enviado al usuario.

3. Debido al costo del servicio de comunicación satelital la frecuencia del envío de datos programado es de una muestra por hora.

4. El sistema cuenta con solo dos sensores a monitorear: el dispositivo de posicionamiento global y el sensor de temperatura. Adicionalmente realiza la lectura de dos entradas analógicas y dos entradas digitales que emulan las señales de otros sensores.

Se espera que a partir de éste prototipo se implementen otros proyectos relacionados con la telemetría satelital tal y como el envío de datos de procesos industriales en campo, así como sistemas de navegación autónoma para vehículos no tripulados como rovers, drones, entre otros.

Referencias

1. Aranda D. (214). *Aplicaciones de los sensores*. Electrónica: Técnicas digitales y microcontroladores (pp. 115-117). Argentina: RedUSERS.

2. Creus A. (2004). *Generalidades*. En Instrumentación Industrial (pp 13-14). México: Alfaomega.

3. Globalsat USA. (2016). *Terminal Satelital M2M BGAN Hughes 9502.* Abril 28, 2017, de Globalsat USA Sitio web: https://www.globalsat.us/collections/m2m/products/gs-bgan-m2m-9502

4. Mikal Hart. (2018). *IridiumSBD*. Junio 20, 2018, de Arduiniana Sitio web: http://arduiniana.org/libraries/iridiumsbd/

5. Mikal Hart. (2018). *IridiumSBD code*. Junio 20, 2018, de GitHub Sitio web: https://github.com/mikalhart/IridiumSBD/issues/2

6. PC Magazine. (2016). *Modem Satelital*. Abril 28, 2017, de PC Magazine Sitio web: http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/50818/satellite-modem

7. Quake Global. (2014). *Modem satelital Quake Global Q9612.* Abril 28, 2017, de Quake Global Sitio web: http://quakeglobal.com/Product/Q9612

8. Torrente, O. (2013). *ARDUINO Curso práctico de formación*. México: Alfaomega.

Sistema de monitoreo visual para el área de producción de maquiladora CONFETEX por red local

Y. Marín Lombard[1], A. Pérez López[2], H. Vicenteño Rivera[3]
[1] Academia de Ingeniería Informática, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[2] Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Ingeniería Informática. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C P. 73960 Teziutlán, Puebla, México.
[3] Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C P. 73960 Teziutlán, Puebla, México

**yasser.marin@live.itsteziutlan.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen
Este trabajo presenta el diseño electrónico de un dispositivo para realizar notificaciones por medio de un semáforo que mostrará visualmente la existencia de fallos de las prendas de vestir, en alguna sección de la línea de producción la empresa maquiladora Confetex S.A. de C.V. del municipio de Teziutlán, en el estado de Puebla, mismo que estará embebido en un sistema web, que permitirá verificar los factores de desempeño, reducir los índices de defectos en la producción de pantalón y minimizar tiempos de monitoreo por parte de los auditores de calidad y agilizará el proceso de producción general de cada uno de los cortes en las prendas de vestir.

***Palabras clave**: monitoreo, producción, electrónica, red*

Abstract
This paper contains the design of an electronic device able to make notifications through a stoplight which will visually show the presence of faults in clothing, in any of the production line section of Confetex inc., in Teziutlan city, in the State of Puebla. It will be embedded in a web system, which allow to verify the performance factors, reduce the rates of defects in the production of pants and reduce monitoring times by quality auditors and expedite the overall production of each of the cuts in clothing.

***Key words**: monitoring, production, electronics, network*

Introducción
La industria mexicana de manufactura es uno de los principales estandartes de la economía nacional. De hecho, de acuerdo la Organización Mundial del Comercio (OMC), México es el 13° exportador de mercancías y el 12° importador de bienes a nivel mundial, y, si se excluye el comercio al interior de la Unión Europea, el país es colocado en la octava posición tanto en exportaciones como en importaciones mundiales. (World, 2019). La innovación de procesos o métodos de producción se basa en incluir cambios significativos en técnicas, equipos, comportamiento de empleados y software utilizados (Sancho, 2007); lo que ha derivado en la necesidad de mejorar la gran cantidad de actividades realizadas en el ámbito industrial; ya no se trata de crear la mayor cantidad de productos o elementos a toda costa o tratar de automatizar algunos de los procesos únicamente con la idea de que estos cambios por sí solos solucionarán los problemas. El poder obtener información de lo que ocurre en cada una de las tareas en tiempo real y de ello generar predicciones, estimaciones y simulaciones para la toma de decisiones y estrategias, apoyados mediante elementos de conectividad por medio de una red o internet, es el nuevo paradigma que poco a poco las industria y los servicios están adoptando para ser más competitivos; esta innovación dio paso al concepto de Industria 4.0, conforme lo establece Sachon [2018], que permite contar con herramientas que hacen posible la comunicación de todos los sistemas, instalaciones e incluso los elementos producidos para transmitir datos eficientemente e intuitiva, ya no únicamente para los supervisores o responsables de área, sino entre los elementos en sí, apoyados con las tecnologías de información y comunicación (TIC) y las posibilidades de conexión mediante internet o redes de área local (LAN) internas, dentro de la Industria 4.0 existen diversas tecnologías compatibles con la industria manufacturera, tales como el Internet

 ISSN 2007-8102

de las Cosas (IoT), Cloud Computing, Robótica Colaborativa, Fabricación Aditiva (impresiones 3D), Realidad Aumentada y Data Intelligence, esta última de gran relevancia ya que permite obtener información precisa de casi cualquier eslabón de la cadena productiva para generar inteligencia operativa. (World, 2019)
Las posibilidades de que la industria, más que los operadores, se adapten a las necesidades de cada producto, supone, pues, un paso adelante en cómo debe concebirse una cadena de suministro, cómo se toman decisiones a nivel corporativo, el agilizar las tareas y reducir costes sin sacrificar calidad, Mientras más eslabones hay en una cadena de suministro, más distorsiones habrá en la información de la demanda real del mercado. Estas distorsiones, generan excesos de stocks en los diferentes eslabones de las cadenas y altas roturas de inventarios. Para evitar esto, muchas compañías líderes en gestión de su cadena de suministro están implementando sistemas tecnológicos. (ERP, 2014).
Al introducir elementos como sensores, equipos digitales y dispositivos capaces de brindar o permitir el intercambio de datos por medio de una red en cada una de las etapas de un proceso de fabricación o manufactura se obtiene una colección de datos versátiles, rápidos y sobre todo sensibles denominado Big Data, en el que se incluyen estados de fabricación, tiempos empleados, errores producidos, demoras, movimientos, posiciones y todo aquello que gire en torno a una cadena de suministro [Blanco-Rojas y col., 2017] bajo el paradigma Industria 4.0, que se empieza a ser conocida como como Cuarta Revolución Industrial. Esta forma innovadora de trabajar incluye los elementos de Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la fabricación inteligente.

Por lo anteriormente expuesto, la empresa Confecciones Textiles de Teziutlán, S.A. de C.V. (CONFETEX), dedicada a la confección de prendas de vestir, decidió transformar sus procesos en la supervisión de calidad, apoyados en este caso, de uno de los principales elementos de la industria 4.0, como lo es Internet de las Cosas (IoT).

Metodología

Equipos y dispositivos empleados

El sistema, en su fase de prototipo, consta de los siguientes elementos: un router inalámbrico modelo TPLINK Modelo TL-WR940N, una tarjeta Arduino UNO Rev. 3, un módulo de expansión para funciones Ethernet basado en el controlador Wiznet 5100, cable de red, dos circuitos integrados modelo 74HC595, 12 resistores de 1 kΩ a ¼ W, 12 Transistores NPN modelo BC548, 12 diodos de silicio modelo 1N4007, 12 relevadores modelo Sun Hold RAS-0510 a 5 V de un polo y dos tiros (SPDT), 9 focos incandescentes (3 color verde, 3 color amarillo y 3 color rojo) y 3 timbres, el diagrama general del sistema se muestra en la figura 1.

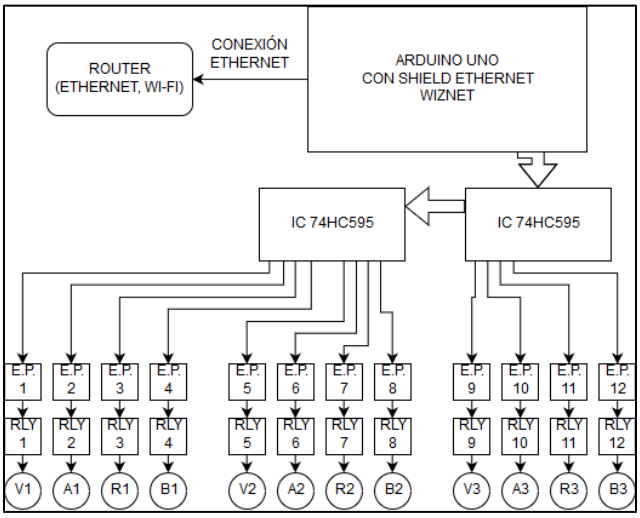


Figura1. Esquema general del sistema de alarma

El módulo de expansión otorga a la tarjeta los medios físicos para una conexión por medio de Ethernet, en full dúplex con velocidades entre 10 y 100 Mbps, velocidades mínima y máxima que dispone el estándar FastEthernet. A su vez, la conexión con el router inalámbrico permite también la difusión de red LAN inalámbrica para que cualquier dispositivo de red pueda acceder como cliente, siempre que se conecte correctamente a ésta. Debido

 ISSN 2007-8102

a que el protocolo de comunicación que emplea el módulo es SPI (acrónimo de Serial Peripherical Interface), y la tarjeta, además de contar con una interface ICSP (acrónimo de In-Circuit Serial Programmer), los pines asociados abarcan del 10 al 13, por lo que el número de salidas digitales se reduce. Por ello se emplean dos circuitos integrados 74HC595, que fungen como registros de desplazamiento tipo entrada serial y salida paralela (SIPO, acrónimo del inglés) de 8 bits, que pueden funcionar en cascada al contar una salida serial adicional; con ello se pueden manipular múltiples salidas digitales controlando únicamente 3 señales principales, que serán descritas más adelante. Cada una de ellas activará una etapa de potencia (marcadas en la figura como E.P.) que permitirán controlar un relevador (marcados como RLY) de manera individual, siendo éste el actuador necesario para encender ya sean las luces de los semáforos (marcados como V, A y R) y las alarmas sonoras (B) conforme a la lógica del programa.

Esquema eléctrico

El esquema eléctrico del sistema se muestra en la figura 2, en él se aprecian los componentes que conforman el esquema general del sistema: la tarjeta Arduino UNO, los registros de desplazamiento, las etapas de potencia para los relevadores y las conexiones tanto de señales, energía de los componentes de corriente directa y corriente alterna tanto para focos como las alarmas sonoras.

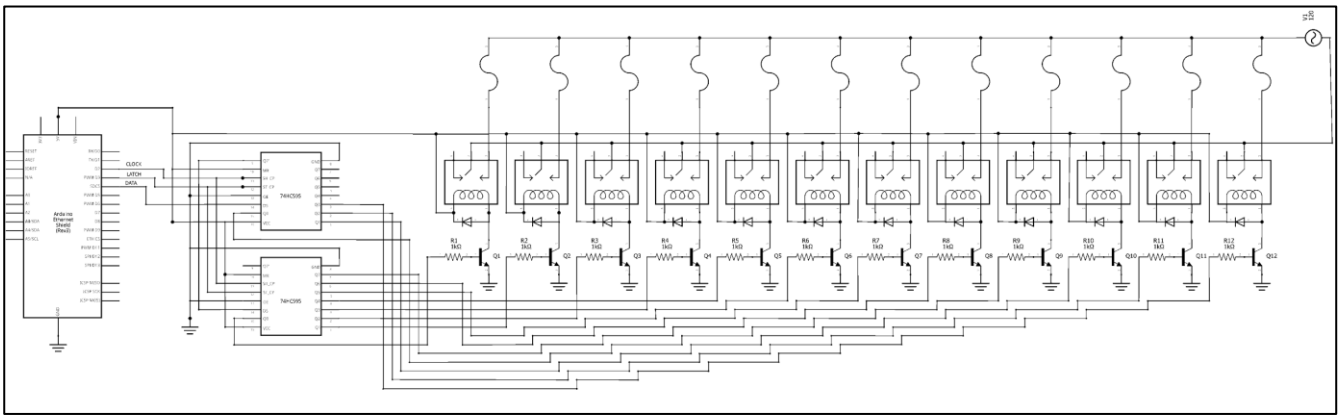


Figura 2. Diagrama eléctrico del sistema (versión completa)

La figura 3 muestra la sección del circuito, donde logran apreciarse los bloques representativos de la tarjeta Arduino y los registros de desplazamiento; éstos, como elementos síncronos, requieren de tres señales suministradas por el microcontrolador: una señal de reloj (CLOCK) que marcará las transiciones de los datos, cuya frecuencia coincide con la del sistema (16 MHz), una señal de datos serial (DATA) que entrega tramas de datos de 8 bits, coincidentes con el tamaño de la salida y una señal de cerrojo (LATCH) que permite la salida de los datos a los pines de salida (Q0 – Q7). La activación de los focos se efectúa cada que se entregue un ‘1’ lógico, y se desactiva al existir un ‘0’ lógico. Siendo la lógica del sistema de tipo TTL (Lógica transistor-transistor) estos valores estarán comprendidos en una tensión entre 3.3 V y 5 V para los valores verdaderos y de 0 V a 0.8 V aproximadamente para los valores falsos. Para la conexión en cascada, las señales CLOCK y LATCH son comunes para los circuitos integrados (obsérvese que la señal de reloj se coloca en el pin 11 y la señal de cerrojo en el 12), mientras que la señal DATA se coloca primeramente en el pin 14 de uno de los integrados (tomando éste como origen de los datos) y, posteriormente, el pin 9 (que tiene como función salida serial) de éste mismo se conecta al pin 14 del siguiente integrado. Dicha conexión debe repetirse si es requerido agregar más registros en cascada.

 ISSN 2007-8102

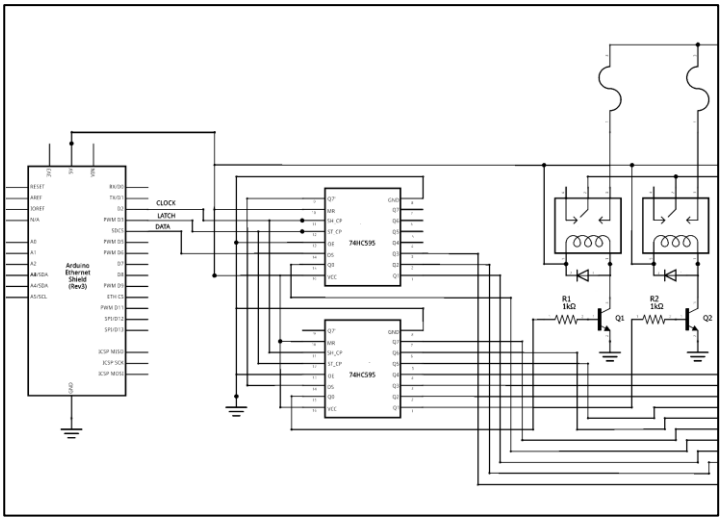


Figura 3. Diagrama eléctrico del sistema (sección 1)

La figura 4 representa la segunda sección del sistema eléctrico, las etapas de potencia constan de un transistor NPN en configuración como conmutador, esto es, que permite las etapas de corte y saturación ante la presencia o ausencia de un pequeño pulso en la base. Los bits entregados por los registros de desplazamiento, en conjunto con la resistencia de base, activan el transistor de manera que se alcanza su saturación, cuya corriente de colector ronda como máximo 500 mA. La bobina de los relevadores está conectada en serie con los colectores de cada transistor, y éstas tienen una impedancia de alrededor de unos 69 Ω, lo que las vuelve una resistencia de colector de un valor lo suficientemente pequeño para que se amplifique un monto de corriente suficiente para activarlas.

La corriente mínima demandada por el relevador para activarse es de 60 mA, por lo que se asegura su encendido al momento de existir un pulso digital, y apagarse en el momento en que ocurra lo contrario. Debido al comportamiento de desfase que provocan las bobinas entre el voltaje y la corriente, en el momento en que el transistor se apaga, el campo magnético producto de la inducción puede generar picos de corriente que, de no atenderse, pueden fluir hacia los sistemas digitales y dañarlos. Para ello se utilizan diodos de silicio en paralelo a la bobina para que funcionen como elemento de retorno, es decir, que la corriente fluya por el diodo y la bobina misma, y no por el transistor vía colector-base hacia el pin del cualquiera de los registros de corrimiento. Dada sus características de elemento pasivo, la bobina consumirá esa corriente conforme pase el tiempo hasta volverla cero.

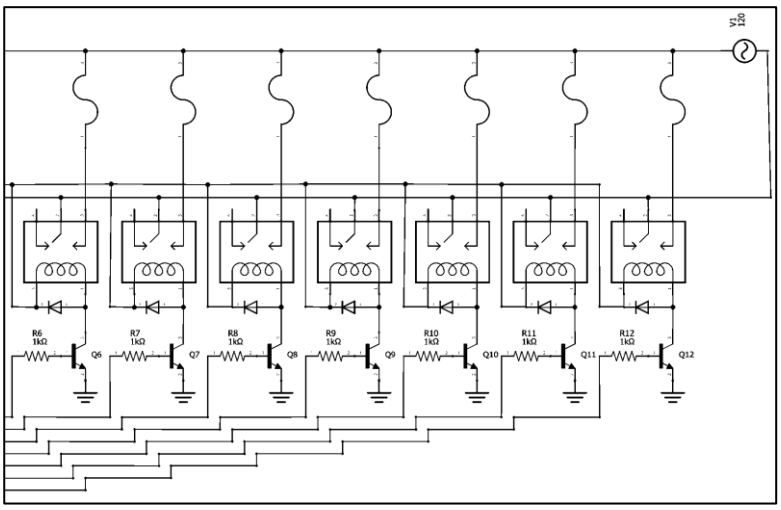


Figura 4. Diagrama eléctrico del sistema (sección 2)

 ISSN 2007-8102

Cada relevador tiene conectado en su contacto normalmente abierto una luz de cada semáforo o alarma sonora, que a su vez están conectados a la fase de la línea de corriente alterna, mientras que el neutro está conectado a los puntos comunes.

Descripción del código

El programa requerido para efectuar las funciones del sistema de alarma consiste en dos partes esenciales: una que se encarga de configurar todos los elementos para la configuración de la tarjeta Arduino como servidor y la generación de una página web en HTML, y la otra que controla los encendidos de alerta de los semáforos.

El módulo de expansión Wiznet 5100, al ser genérico, permite que se le asigne cualquier dirección MAC, y la dirección IP está en función del formato asignado por el router inalámbrico empleado. La tarjeta configura dichos parámetros, así como las señales CLOCK, LATCH y DATA para los registros de desplazamiento. Adicionalmente, se declara un objeto de tipo String que servirá como variable para generar la página web en HTML como leer las peticiones hechas por el dispositivo cliente por medio de los hipervínculos. De manera predeterminada, los semáforos estarán encendidos en verde al momento de arrancar el sistema. El sistema esperará a que se reciba la activación de cualquier hipervínculo. Al ocurrir esto se ejecutará alguno de los tres procesos indicadores de la figura 5.

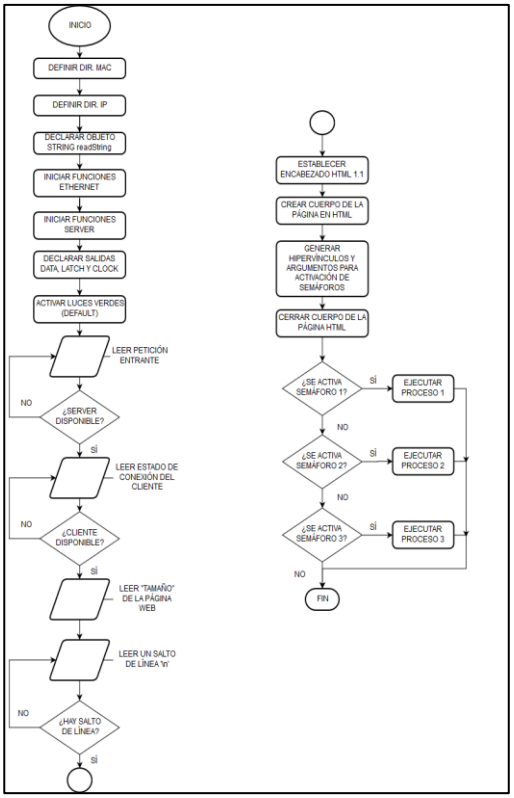


Figura 5. Diagrama de flujo del sistema de alarma (sección 1)

Cada proceso ejecuta la misma acción, pero con su semáforo. En el momento de activar alguno de los hipervínculos, el semáforo cambiará a amarillo, y se iniciará un conteo ascendente a modo de cronómetro, esto con el fin de permitir que, al presionar el hipervínculo de reseteo, el ciclo se interrumpa abruptamente en cualquier momento y colocar el sistema nuevamente en la condición predeterminada. De no atenderse la línea pasado el equivalente a 5 minutos en el conteo, el semáforo comenzará a encender la luz roja y la alarma sonora de manera intermitente, manteniendo este comportamiento hasta que se active de manera obligatoria el hipervínculo de reseteo, dicho proceso se representa en el diagrama de la figura 6.

 ISSN 2007-8102

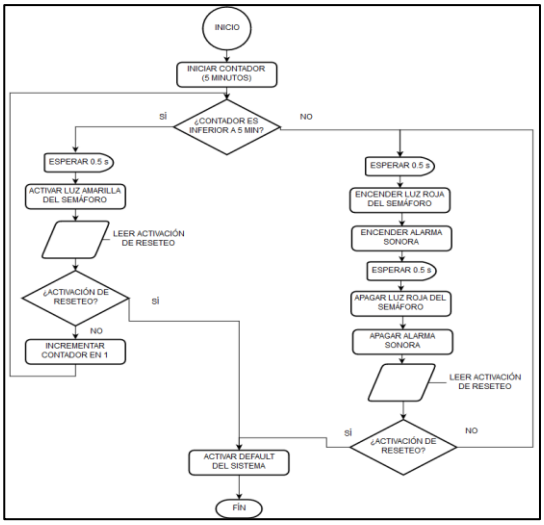


Figura 6. Diagrama de flujo del sistema de alarma (sección 2)

Resultados y discusión

El prototipo del sistema fue probado en dos partes, para verificar el funcionamiento de los elementos de corriente alterna únicamente con dos luces (rojo y verde), y después uniendo los registros de desplazamiento con un semáforo completo y su alarma sonora, siendo el resto simulados mediante diodos emisores de luz, para verificar que las tramas de datos entregadas por la tarjeta Arduino UNO se desplegaran correctamente. La página en HTML, en ambos casos, fue la mostrada en la figura 7.

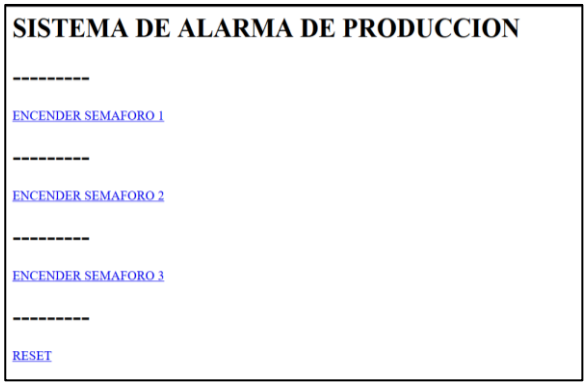


Figura 7. Página generada por la tarjeta Arduino UNO.

Para la prueba 1, el hipervínculo 1 fue el elemento de prueba el cual, al dar clic sobre él, realiza la transición de verde a rojo como en la figura 8; al momento hacer lo correspondiente con el hipervínculo de RESET, vuelve a su estado original. El elemento cliente fue una PC Laptop conectada vía Wi-Fi:

 ISSN 2007-8102



Figura 8. Ejecución de la prueba 1

La prueba dos arrojó como resultado la ejecución conforme a lo planteado en los diagramas de flujo anteriormente expuestos, tal como se muestra en la figura 9.

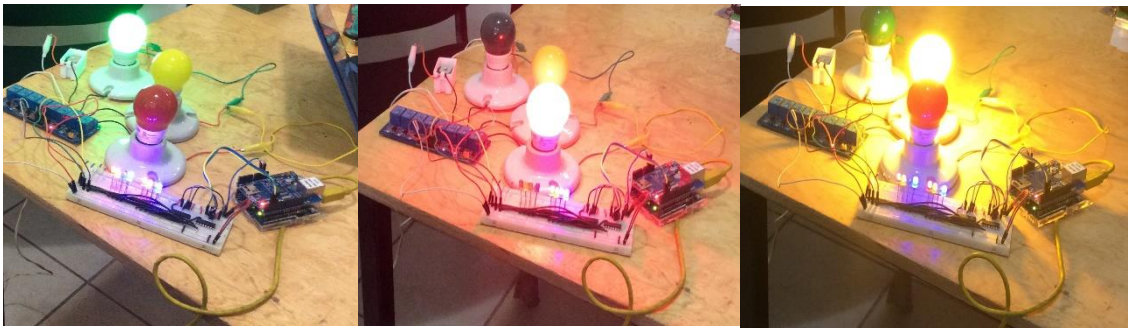


Figura 9. Ejecución de la prueba 2

Trabajo a futuro

Este proyecto deberá pasar por las siguientes etapas de desarrollo y prueba en la Empresa Confetex S.A. de C.V., que son la fabricación de las carcasas o chasis para los semáforos, la instalación eléctrica adecuada y las pruebas de funcionamiento para ajustes en el programa. Por compromisos relacionados con la producción, a la empresa es complejo disponer de tiempo en el que la manufactura se detenga para realizar las pruebas requeridas. Al momento de la redacción de este artículo, continúan las pruebas que tienen que ver con el ajuste de la respuesta, puesto que, dadas las limitaciones de hardware interno de la tarjeta, se generan retardos pero que no comprometen el funcionamiento general. Posteriormente, se realizarán pruebas de ergonomía, visualización a distancia y registro del sonido requerido para las alarmas sonoras.

Finalmente se realizarán pruebas de envío y recepción de datos desde el sistema de información que la empresa ha implementado, el cual, forma parte del actual proceso de seguimiento a notificaciones que se generan en cada una de las líneas de producción, mismas que hasta este momento solo pueden ser consultadas dentro del dashboard del propio sistema.

Conclusiones

Uno de los objetivos de la ingeniería es el brindar soluciones a los diferentes problemas en las que impere el conocimiento aplicado, que no es otra cosa que el significado elemental de tecnología. La adopción de soluciones de automatización, sea en forma parcial o completa, no obstante, sigue representando gastos elevados, por lo que muchas empresas manufactureras no están seguras de adoptar las tendencias actuales. Por tanto, el poder crear soluciones flexibles, probadas y que brinden beneficios a precios reducidos son la respuesta más viable a esta situación. En nuestro contexto, el poder acercar a la empresa Confetex S.A. de C.V. a una aplicación básica de industria 4.0 implica una potencial mejora no solo en el seguimiento de los productos y las potenciales utilidades que puedan generar, sino a todas las personas involucradas en los procesos. Con este proyecto se pretende brindar una herramienta útil a los responsables del área de producción que es susceptible de evolucionar conforme las necesidades lo requieran, así como la unión a sistemas posteriores unidos a una misma red.

Referencias

1. Blanco-Rojas, M.J.; González-Rojas, K.T.; Rodríguez-Molano, J.I. (2017). Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la ingeniería industrial. *Ingeniería Solidaria* **(13)** 1-27.
2. Sancho, R. (2007). Innovación industrial. *REVISTA ESPAÑOLA DE DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICA **(30)***, 553–564.
3. ERP, E. (2014 de Noviembre de 2014). *Evaluando ERP*. Obtenido de https://www.evaluandoerp.com/mejores-practicas-en-la-cadena-de-suministro/
4. Sachon, M. (2018). Cuando personas y máquinas trabajan juntos. Los pilares de la industria 4.0.**(148),**1-8.
5. World, C. (17 de Jun de 2019). Computer World México. Obtenido de http://computerworldmexico.com.mx/retos-de-la-industria-manufactura-en-mexico-ante-la-industria-4-0/

Control por retroalimentación de estados proporcional-integral basado en asignación por eigenestructura aplicado a un cuadrirrotor.

J. A. Vazquez Trejo[1], J. A. Vazquez Trejo[1], M. Adam Medina[1], C. Daniel García Beltrán[1], Jesús Aguayo Alquicira[1]*

*[1]Departamento de Ingeniería Electrónica, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, *jesus.vazquez18ee@cenidet.edu.mx*
***Área de participación**: Unmanned Aerial Vehicle*

Resumen

En este artículo se presenta un control de posición para un cuadrirrotor. El control de posición es diseñado utilizando el enfoque de asignación por eigenestructura a partir del modelo aumentado del sistema. El objetivo de control que se resuelve utilizando el modelo aumentado es el de seguimiento de trayectoria, de tal manera que los ángulos del cuadrirrotor se perciban como entradas. Se presentan condiciones necesarias y suficientes para demostrar la existencia de la matriz de retroalimentación.

Palabras clave:
Cuadrirrotores, eigenestructura, control por retroalimentación.

Abstract

This paper presents a position control for a quadrotor. The position control is designed using eigenstructure approach with an augmented model. The control objective using the augmented model is the tracking angles such that those angles are input control. Necessary and sufficiency condition are presented in order to prove the state-feedback matrix.

Key words:
Quadrotor, eigenstructure assignment, state-feedback control.

Introducción

En las últimas dos décadas los cuadrirrotores han sido ampliamente estudiados debido a su gran potencial tecnológico en desempeñar tareas de riesgo para los seres humanos. Un cuadrirrotor es un sistema particular de los vehículos aéreos no tripulados (*UAV*, por sus siglas en inglés "*Unmanned Aerial Vehicle*"), el cual, se define como una aeronave sin piloto (Lozano, 2013). Los objetivos tecnológicos de los cuadrirrotores hasta el momento pueden ser de carácter militar o civil, tales como, reconocimiento, espionaje, monitoreo, asignación de objetivos, eliminación de objetivos, seguridad, fotografía aérea, agricultura, búsqueda y rescate, entre otros (Austin, 2011).

Cuadrirrotores en la literatura

En la actualidad, existen un gran número de problemas resueltos desde el punto de vista de control para los cuadrirrotores. En (Zhang et al., 2018), un esquema de rechazo de perturbaciones activo es propuesto mediante el uso de modelos virtuales. Un control por modos deslizantes sumado a un control de seguimiento adaptable es presentado en (Zhou et al., 2018), en (Wu and Liu, 2018) se presenta un control de seguimiento de trayectoria utilizando algoritmos tipo *backstepping* y un control de rechazo de perturbaciones. En (Xiong and Zhang, 2016) se presenta un control en modos deslizantes para cuadrirrotores con incertidumbres paramétricas. En (Wang and Liu, 2017) se presenta el estudio del problema de control de formación en vehículos aéreos no tripulados con incertidumbre en parámetros y perturbaciones externas utilizando el modelado de quaterniones; el objetivo del control consiste en mantener la formación de los vehículos y que todo el grupo siga una velocidad en común. Se propone en (Yu et al., 2017) un control para vuelos de cuadrirrotores en exteriores de manera experimental. El

 ISSN 2007-8102

diseño de un control tolerante activo para el seguimiento de trayectoria es presentado en (Zhong et al., 2018) utilizando filtros de Kalman para la estimación de fallas en actuadores, además en (Başak and Prempain, 2017) se presenta un control tolerante a fallas cuando se presenta la pérdida de uno de los motores; así como en los trabajos presentados en (Jun et al., 2018; Xulin and Yuying, 2018).

Asignación por eigenestructura

El enfoque basado en la asignación por eigenestructura permite diseñar una ganancia por retroalimentación de estados tal que sean recolocados los eigenvalores del sistema en lazo cerrado. En (Wang et al., 2009), se presenta el control de sistemas de suspensión de vehículos minimizando la influencia de perturbaciones en la misma utilizando la asignación por eigenestructura. Un control tolerante a fallas active basado en modelo es diseñado en (Hajiani and Poshtan, 2011) para un sistema de 4 tanques. El diseño de un control amortiguado para sistemas de potencia utilizando la asignación por eigenestructura parcial derecha en múltiples operaciones es presentado en (Konara and Annakkage, 2016). En (Richiedei and Trevisani, 2017), se presenta un control activo-pasivo simultáneo para sistemas amortiguados. El diseño e implementación de un control por retroalimentación robusto para un intercambiador de calor con incertidumbres paramétricas es presentado en (Vazquez Trejo et al., 2018) con la finalidad de trabajar en varios puntos de operación.

Objetivo del artículo

La principal contribución de este artículo es presentar una estrategia de control alterna que resuelva el problema de posicionamiento y estabilización de un cuadrirrotor. La estrategia de control consiste en una extensión del control retroalimentado lineal basado en la asignación por eigenestructura propuesto en (Moore, 1975) de tal manera que el cálculo de la ganancia de retroalimentación se calcula a partir de la integración del error. De esta manera, se propone una estructura aumentada del modelo basada en los estados del sistema y la integración del error. Posteriormente se calcula una ganancia de retroalimentación utilizando la estrategia de asignación por eigenestructura utilizando el modelo aumentado del sistema lineal. La ganancia de retroalimentación cuenta con parte integral y proporcional.

En el presente trabajo se expone un ejemplo numérico y resultados en simulación con la finalidad de comprobar el desempeño de la estrategia presentada a continuación.

Metodología

Modelo de un cuadrirrotor

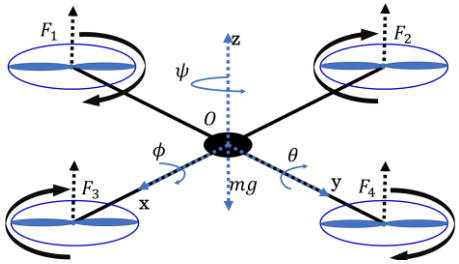


Figura 1: Cuadrirrotor.

Un cuadrirrotor tiene 4 motores con ángulos fijos que representan cuatro fuerzas de empuje vertical. El marco de cuerpo fijo se asume como el centro de gravedad del cuadrirrotor. Los ejes del cuerpo se relacionan con el marco inercial por el vector de posición $(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}, \boldsymbol{z})$ y tres ángulos de Euler (ϕ, θ, ψ). La matriz de rotación R es parametrizada en función de los ángulos de Euler (Altug et al., 2002; Salih et al., 2010).

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\psi)\cos(\theta) & \cos(\psi)\sin(\theta)\sin(\phi) - \sin(\psi)\cos(\phi) & \cos(\psi)\sin(\theta)\cos(\phi) + \sin(\psi)\sin(\phi) \\ \sin(\psi)\cos(\theta) & \sin(\psi)\sin(\theta)\sin(\phi) + \cos(\psi)\cos(\phi) & \sin(\psi)\sin(\theta)\cos(\phi) - \cos(\psi)\sin(\phi) \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta)\sin(\phi) & \cos(\theta)\cos(\phi) \end{bmatrix}$$

 ISSN 2007-8102

(1)

El modelo dinámico del cuadrirrotor puede ser obtenido por medio del enfoque Lagrange. Utilizando el balance de movimiento y fuerzas, las ecuaciones pueden ser escritas como:

$$\ddot{x} = \frac{T(\cos(\psi)\sin(\theta)\cos(\phi) + \sin(\psi)\sin(\phi))}{m}$$
$$\ddot{y} = \frac{T(\sin(\psi)\sin(\theta)\cos(\phi) - \cos(\psi)\sin(\phi))}{m}$$
$$\ddot{z} = \frac{T(\cos(\theta)\cos(\phi))}{m} - g$$
$$\ddot{\phi} = \frac{\dot{\theta}\dot{\psi}(J_y - J_z) + J_r\dot{\theta}\Omega_r + \tau_\phi}{J_x}$$
$$\ddot{\theta} = \frac{\dot{\phi}\dot{\psi}(J_z - J_x) + J_r\dot{\phi}\Omega_r + \tau_\theta}{J_y}$$
$$\ddot{\psi} = \frac{\dot{\phi}\dot{\theta}(J_x - J_y) + \tau_\psi}{J_z}$$

(2)

donde m es la masa de cuadrirrotor, g es la aceleración de la gravedad, T es la fuerza de empuje, (J_x, J_y, J_z) son las inercias del cuadrirrotor, Ω_r es la suma total de las velocidades de los motores. En (Bouabdallah and Siegwart, 2005), se considera Ω_r como una perturbación del sistema, debido a la ausencia de sensores en los motores y Ω_r es ignorada para el diseño de controladores. Por lo tanto, la expresión (2) puede ser reescrita como:

$$\ddot{x} = \frac{T(\cos(\psi)\sin(\theta)\cos(\phi) + \sin(\psi)\sin(\phi))}{m}$$
$$\ddot{y} = \frac{T(\sin(\psi)\sin(\theta)\cos(\phi) - \cos(\psi)\sin(\phi))}{m}$$
$$\ddot{z} = \frac{T(\cos(\theta)\cos(\phi))}{m} - g$$
$$\ddot{\phi} = \frac{\dot{\theta}\dot{\psi}(J_y - J_z) + \tau_\phi}{J_x}$$
$$\ddot{\theta} = \frac{\dot{\phi}\dot{\psi}(J_z - J_x) + \tau_\theta}{J_y}$$
$$\ddot{\psi} = \frac{\dot{\phi}\dot{\theta}(J_x - J_y) + \tau_\psi}{J_z}$$

(3)

Diseño de un control lineal por retroalimentación de estados proporcional-integral

El propósito de un control lineal por retroalimentación de estados proporcional-integral para estabilizar el cuadrirrotor en un vuelo suspendido *(hovering flight)* y el seguimiento de deseados descritos a continuación. Considerando el modelo que representan las ecuaciones rotacionales (3), este se linealiza en $\dot{\phi} = 0, \dot{\theta} = 0, \dot{\psi} = 0, \phi = 0, \theta = 0, \psi = 0$, y se obtienen la siguiente representación en espacio de estados lineal:

$$\dot{z} = Az + Bu$$
$$y = Cz$$

(4)

donde $A \in \mathbb{R}^{n\times x}$, $B \in \mathbb{R}^{n\times m}$ y $C \in \mathbb{R}^{p\times n}$ como resultado; $z = \left[\dot{\phi}, \dot{\theta}, \dot{\psi}, \phi, \theta, \psi\right]^T$ son los estados, $u = \left[\tau_\phi, \tau_\theta, \tau_\psi\right]^T$ son las entradas y $y = [\phi, \theta, \psi]^T$ son las salidas. Se introduce un vector z_e el cual representa la dinámica del error en estado estable presentado por $e = r - y$ como:

 ISSN 2007-8102

$$\dot{z}_e = e \tag{5}$$

donde r son los ángulos deseados. El sistema presentado en (4) con la parte integral se reescriben como el sistema aumentado:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{z}_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0_{n\times p} \\ -C & 0_{p\times p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \\ z_e \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0_{p\times n} \\ I_{p\times p} \end{bmatrix} r$$
$$y = [C \quad 0_{p\times p}] \begin{bmatrix} z \\ z_e \end{bmatrix} \tag{6}$$

donde $r = [\phi_d, \theta_d, \psi_d]^T$ son los ángulos deseados. Entonces, utilizando las ecuaciones presentadas en (6), el control se propone como:

$$u = -[K \quad K_e] \begin{bmatrix} z \\ z_e \end{bmatrix} \tag{7}$$

Control por asignación por eigenestructura aumentado

Sean las siguientes ecuaciones la representación del modelo aumentado del sistema presentado en (6):

$$\dot{z}_a = A_a z_a + B_a u \tag{8}$$

y la ganancia por retroalimentación de estados aumentada como:

$$u = -K_a z_a \tag{9}$$

Utilizando la matriz $S_\lambda = [\lambda_i I - A_a \quad B_a]$, asumiendo que (A_a, B_a) es controlable, entonces S_λ tiene filas independientes $\forall \lambda_i \in \mathbb{C}$, con $i = 1,2,\dots,(n+p)$. Por lo tanto, existe una matriz $N_\lambda = \begin{bmatrix} N_{1\lambda} \\ N_{2\lambda} \end{bmatrix}$ con columnas linealmente independientes tal que:

$$[\lambda I - A_a \quad B_a] \begin{bmatrix} N_{1\lambda} \\ N_{2\lambda} \end{bmatrix} = 0. \tag{10}$$

Las columnas de N_λ forman una base para el kernel de S_λ. De esta manera se pueden proponer los eigenvalores λ_i tales que los eigenvectores en lazo cerrado quedan definidos:

$$(A_a - B_a K_a) v_i = \lambda_i v_i \tag{11}$$

Teorema 1. La ganancia de retroalimentación aumentada K_a existe si y sólo si los eigenvectores en lazo cerrado son linealmente independientes y forman una base de N_λ (Moore, 1975).

Condición necesaria:

De la ecuación (11) se puede obtener que:

$$A_a v_i - B_a K_a v_i = \lambda_i v_i$$

 ISSN 2007-8102

(12)

se iguala (12) a 0

$$A_a v_i - B_a K_a v_i - \lambda_i v_i = 0 \tag{13}$$

de (13) se obtiene que:

$$(A_a - I\lambda_i)v_i - B_a K_a v_i - \lambda_i v_i = 0 \tag{14}$$

la ecuación (14) se multiplica por -1:

$$\lambda_i I - A_a + B_a K_a v_i + \lambda_i v_i = 0 \tag{15}$$

de (15) se factoriza:

$$[\lambda_i I - A_a \quad B_a]\begin{bmatrix} v_i \\ K_a v_i \end{bmatrix} = 0 \tag{16}$$

La matriz N_λ es una base para el kernel de S_λ, por lo que v_i son vectores generadores de N_λ.

Condición suficiente:

Suponga que los eigenvectores v_i son linealmente independientes y son vectores generadores de N_λ por lo que existe un vector ζ_i tal que:

$$v_i = N_\lambda \zeta_i \tag{17}$$

De la ecuación

$$[\lambda_i I - A_a \quad B_a]\begin{bmatrix} N_{1\lambda} \\ N_{2\lambda} \end{bmatrix}\zeta_i = 0 \tag{18}$$

cabe recordar que la matriz N_λ forma una base para el kernel de $[\lambda_i I - A_a \quad B_a]$ y puede reescribirse como $(\lambda_i I - A_a)v_i + BN_{2\lambda}\zeta_i = 0$. Esto revela que si K_a se elige de tal manera que $N_{2\lambda}\zeta_i = K_a v_i$, se tiene que $[\lambda_i I - (A_a + B_a K_a)]v_i = 0$, y puede ser reescrito como, $(A_a - B_a K_a)v_i = \lambda_i v_i$.

De esta manera la ganancia de retroalimentación se calcula como:

$$K_a[v_1 \quad v_2 \quad \cdots \quad v_{n+p}] = [\omega_1 \quad \omega_2 \quad \cdots \quad \omega_{n+p}],$$
$$\omega_i = N_{2\lambda}\zeta_i \tag{20}$$

esto es posible porque los eigenvectores v_i son linealmente independientes. Por lo que de (1) se obtiene:

$$K_a = [\omega_1 \quad \omega_2 \quad \cdots \quad \omega_{n+p}][v_1 \quad v_2 \quad \cdots \quad v_{n+p}]^{-1} \tag{21}$$

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Con la finalidad de mostrar la eficacia de la estrategia de control presentada anteriormente, se considera el siguiente ejemplo numérico. La dinámica del cuadrirrotor presentada en (3) tiene los siguientes parámetros: $m = 0.33\ Kg$, $g = 9.81\frac{m}{s^2}$, $J_x = 3.10 \times 10^{-5}\ Kg \times m^2$, $J_y = 2.98 \times 10^{-5}\ Kg \times m^2$, y $J_z = 6.1 \times 10^{-5}\ Kg \times m^2$. Las matrices aumentadas del sistema quedan como:

$$A_a = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B_a = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 3.225 \times 10^4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3.355 \times 10^4 & 0 \\ 0 & 0 & 1.639 \times 10^4 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(22)

de esa manera utilizando los siguientes eigenvalores

$$\lambda_i = [-10 \quad -10.0001 \quad -10.0002 \quad -10.0003 \quad -10.0004 \quad -10.0005 \quad -200.0005 \quad -200.0006 \quad -200.0007]$$
$$i = 1,2,\dots,9.$$

(23)

el cálculo de la ganancia de retroalimentación aumentada queda con los valores:

$$K_a = \begin{bmatrix} 0.12710594478 & 0.00682004 & 0.00000148901 & 0.00000000712 & 0.00000011978 & 0.00000000057 & 0.62005521664 & 0.00001417780 & 0.00000114081 \\ -0.00004628745 & -0.00000022 & 0.12217098796 & 0.00655597598 & -0.00000075099 & -0.00000000357 & -0.00044041755 & 0.59591227913 & -0.00000715243 \\ 0.00116633909 & 0.00000156 & 0.00024038825 & 0.00000109230 & 0.25011758535 & 0.01342008698 & 0.01150773424 & 0.00229469393 & 1.22016715513 \end{bmatrix}$$

(24)

El objetivo de esta simulación es llevar al cuadrirrotor a las coordenadas $x_r = 1$, $y_r = 0.5$ y $z_r = 1$; para que posteriormente que el cuadrirrotor alcance la posición deseada continúe su vuelo en esa misma posición. Las condiciones iniciales del cuadrirrotor son: $x(0) = 0.2, y(0) = 0.5$ y $z(0) = 0$. La velocidad inicial es igual a cero. En la Figura 4, se muestra la trayectoria del cuadrirrotor en un espacio Euclidiano de 3 dimensiones a lo largo de 7 segundos.

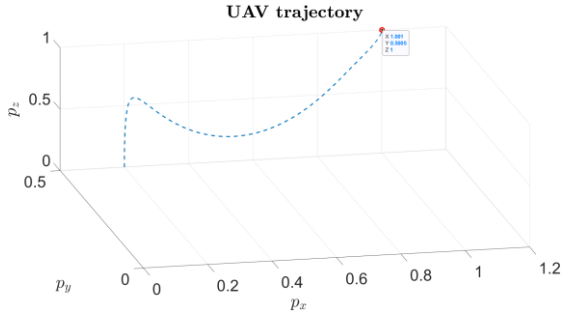


Figura 2: Trayectoria del cuadrirrotor.

En la Figura 3, se presentan cada una de las coordenadas del cuadrirrotor con respecto al tiempo a lo largo de 7 segundos. El cuadrirrotor llega al punto deseado para cada una de las coordenadas.

 ISSN 2007-8102

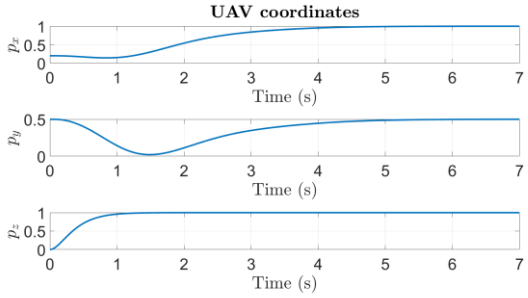


Figura 3: Coordenadas (x, y, z) a lo largo del tiempo del cuadrirrotor.

En la Figura 4 se presentan el perfil dinámico correspondiente a los ángulos y se estabilizan cuando se ha llegado a la posición deseada para posteriormente realizar un vuelo fijo en las coordenadas deseadas.

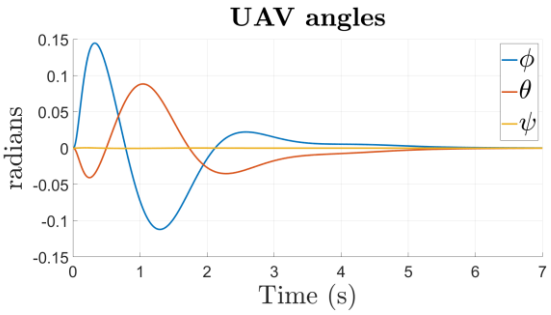


Figura 4: Ángulos del cuadrirrotor.

Trabajo a futuro

- Implementar la técnica presentada en un prototipo experimental de cuadrirrotor.
- Utilizar esta técnica presentada para estudiar su desempeño en vuelos grupales coordinados utilizando algoritmos de consenso.

Conclusiones

Este trabajo presenta una alternativa para el cálculo de una ganancia con una parte proporcional y otra integral para el control de posición de un cuadrirrotor basado en la asignación por eigenestructura. Es posible realizar el cálculo de la ganancia de retroalimentación por técnicas tradicionales como lo es la asignación de polos por el método de Ackerman. El método que nosotros presentamos es un opción que pretende explorar el subespacio generado por el sistema en lazo cerrado.

Referencias

Altug, E., Ostrowski, J.P., Mahony, R., 2002. Control of a quadrotor helicopter using visual feedback. Proc. 2002 IEEE Int. Conf. Robot. Autom. Cat No02CH37292 1, 72–77 vol.1. https://doi.org/10.1109/ROBOT.2002.1013341

Austin, R., 2011. Unmanned aircraft systems uavs: design, develpment and deployment. John Wiley & Sons.

Başak, H., Prempain, E., 2017. Switched fault tolerant control for a quadrotor UAV. IFAC-Pap. 50, 10363–10368. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1686

Bouabdallah, S., Siegwart, R., 2005. Backstepping and Sliding-mode Techniques Applied to an Indoor Micro Quadrotor. Proc. 2005 IEEE Int. Conf. Robot. Autom. 2247–2252. https://doi.org/10.1109/ROBOT.2005.1570447

Hajiani, P., Poshtan, J., 2011. Fault-tolerant tracking control for a four-tank system benchmark via eigenstructure assignment and parameter estimation. Control Instrum. Autom. ICCIA 2011 2nd Int. Conf. On 502–506.

Jun, W., Xiong-Dong, Y., Yu-Yang, T., 2018. Fault-Tolerant Control Design of Quadrotor UAV Based on CPSO, in: 2018 IEEE 4th International Conference on Control Science and Systems Engineering (ICCSSE). pp. 279–283. https://doi.org/10.1109/CCSSE.2018.8724803 Konara, A., Annakkage, U., 2016. Robust Power System Stabilizer Design Using Eigenstructure Assignment. IEEE Trans. Power Syst. 31, 1845–1853.

Lozano, R., 2013. Unmanned Aerial Vehicles: embedded control. John Wiley & Sons, Ltd.

Moore, B.C., 1975. On the flexibility offered by state feedback in multivariable systems beyond closed loop eigenvalue assignment, in: 1975 IEEE Conference on Decision and Control Including the 14th Symposium on Adaptive Processes. pp. 207–214. https://doi.org/10.1109/CDC.1975.270678

Richiedei, D., Trevisani, A., 2017. Simultaneous active and passive control for eigenstructure assignment in lightly damped systems. Mech. Syst. Signal Process. 85, 556–566.

Salih, A.L., Moghavvemi, M., Mohamed, H.A.F., Gaeid, K.S., 2010. Modelling and PID controller design for a quadrotor unmanned air vehicle. 2010 IEEE Int. Conf. Autom. Qual. Test. Robot. AQTR 1, 1–5. https://doi.org/10.1109/AQTR.2010.5520914

Vazquez Trejo, J.A., Adam Medina, M., Ortiz Torres, G., Reyes Reyes, J., Guerrero Ramirez, G.V., 2018. Robust Control System Design using Eigenstructure Assignment with Uncertain Parameters for a Double-Pipe Heat Exchanger. IEEE Lat. Am. Trans. 16, 851–858.

Wang, G.-S., Liu, F., Lv, Q., 2009. Robust active control design for vehicle suspension systems via eigenstructure assignment. 2009 Int. Conf. Mach. Learn. Cybern. 4, 1984–1989.

Wu, X., Liu, Y., 2018. Trajectory Tracking Control of Quadrotor UAV, in: 2018 37th Chinese Control Conference (CCC). pp. 10020–10025. https://doi.org/10.23919/ChiCC.2018.8482939

Xiong, J., Zhang, G., 2016. Sliding mode control for a quadrotor UAV with parameter uncertainties, in: 2016 2nd International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR). pp. 207–212. https://doi.org/10.1109/ICCAR.2016.7486727

Xulin, L., Yuying, G., 2018. Fault tolerant control of a quadrotor UAV using control allocation, in: 2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC). pp. 1818–1824. https://doi.org/10.1109/CCDC.2018.8407422

Yu, F., Chen, G., Fan, N., Song, Y., Zhu, L., 2017. Autonomous flight control law for an indoor UAV quadrotor, in: 2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC). pp. 6767–6771. https://doi.org/10.1109/CCDC.2017.7978396

Zhang, Y., Chen, Z., Zhang, X., Sun, Q., Sun, M., 2018. A novel control scheme for quadrotor UAV based upon active disturbance rejection control. Aerosp. Sci. Technol. 79, 601–609. https://doi.org/10.1016/j.ast.2018.06.017

Zhong, Y., Zhang, Y., Zhang, W., 2018. Active Fault-Tolerant Tracking Control of a Quadrotor UAV, in: 2018 International Conference on Sensing,Diagnostics, Prognostics, and Control (SDPC). pp. 497–502. https://doi.org/10.1109/SDPC.2018.8665002

Comparación de colorimetría del *Arceuthobium globosum* en imágenes de UAV y con iluminación LED.

L. A. León Bañuelos,[1,2], G. González Vázquez[1]*
[1]Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Valle de Bravo, 51200, Estado de México., México
[2]Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) UAEM; México.
**leon.l@tesvb.edu.mx*

***Área de participación**: Sistemas Computacionales.*

Resumen

En la última década se ha destacado el uso de las tecnologías de teledetección, específicamente los vehículos aéreos no tripulados, los cuales permiten el monitoreo aéreo a bajas alturas, esto permite la obtención de resolución espacial fina. Estas tecnologías tienen un amplio desarrollo en sectores como la agricultura de precisión, sin embargo, en el sector forestal no se tiene un gran impacto en la identificación de plantas parásitas como el muérdago (*Loranthaceae*), que es el segundo agente que afecta los bosques. En estudios previos se han analizado técnicas colorimétricas de identificación In situ para el *Arceuthobium globosum*, presentando un sesgo en la obtención de pixeles debió al ruido de los elementos del entorno, por lo cual comparamos con un método controlado bajo iluminación de luz led blanca; se generaron estadísticas descriptivas, correlaciones y la implementación de filtros para generar patrones de colorimetría con mayor precisión que los obtenidos In situ.

***Palabras clave**: Drone, Píxel, Plantas parásitas, Descomposición RGB.*

Abstract

In the last decade, the use of remote sensing technologies, specifically unmanned aerial vehicles, which allow aerial monitoring at low heights, allows for high spatial resolution. These technologies have extensive development in sectors such as precision agriculture, however, in the forestry sector it does not have a great impact on the identification of parasitic plants such as mistletoe (*Loranthaceae*), which is the second agent that affects forests. In previous studies, colorimetric identification techniques have been analyzed in situ for the *Arceuthobium globosum*, presenting a bias in obtaining pixels due to the noise of the surrounding elements, so we compared with a controlled method with white LED lighting; Descriptive statistics, correlations and the implementation of filters were obtained to generate colorimetry patterns more accurately than In situ

***Key words**: Drone, Pixel, Parasitic plants, RGB decomposition*

Introducción

Las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC) interaccionan en habilidades, ideas, servicios y colaboraciones infinitas entre los seres humanos. En la última década ha destacado el uso de las TIC para la interpretación de datos implementado diversas herramientas para la captura de información a bajo costo de manera que se optimice el tiempo en la toma de información [Martin, 2016]. Una de las herramientas que ha sobresalido en los últimos años es la implementación de vehículos aéreos no tripulados (UAV por sus siglas en inglés) también llamados drones, los cuales reducen los costos en comparación con las técnicas de monitoreo tripuladas y obtienen un alto detalle en las imágenes ya que se puede manipular de manera autónoma en bajas alturas, imposibles para otros vehículos [Anderson y Gaston 2013].

Las aplicaciones que se tienen con UAV se desarrollan principalmente en agricultura de precisión ya que evitan el contacto humano y mantienen un control total de las áreas supervisadas. En el ámbito forestal aun es poca la aplicación debido a las condiciones de densidad de los bosques o a las amplias áreas territoriales y aunque son utilizadas como auxiliares en el monitoreo de fauna y seguimiento de incendios forestales; aún se ha dejado un área de oportunidad importante y con necesidades específicas para fortalecer las técnicas de sanidad forestal [Sotier, 2014].

El decaimiento del bosque se ha asociado a la interacción de múltiples factores, entre ellos las plantas parásitas [Allen et al, 2010]. El muérdago es una planta parásita que afecta los bosques de alta montaña y es el segundo agente biológico de perturbación en los bosques de clima templado [Geils y col., 2002], para detectar los brotes en áreas territoriales extensas el procedimiento es muy costoso e implementa una gran cantidad de personas y tiempo. El empleo de las imágenes satelitales no es eficiente debido al detalle (resolución espacial < 10 cm por pixel) que se necesita para identificar su presencia en el hospedero [Barnoaiea y Iacobescu, 2008].

Los UAV posibilitan el desarrollo de una teledetección con alta resolución espacial que si se aprovechan en conjunto con herramientas de software permiten realizar estudios de monitoreo y captura de imágenes que incluyan el tratamiento e interpretación de datos, por ejemplo, en estudios previos se validó la identificación del MEA con imágenes obtenidas por UAV, sin embargo, tienen un sesgo que se da por elementos que generan ruido en la imagen debido a que presentan colorimetría similar [León-Bañuelos y col., 2019].

Por lo tanto se obtuvo la colorimetría del MEA con un método controlado expuesto a luz led blanca tomando en consideración que es la que se asemeja a la luz solar, Zhang y Folta, [2012] mencionan que las plantas responden al color de la luz, la luz LED (light emitting diode) ofrece ventajas como son el control de la composición espectral (Massa y col.., 2008); con el objetivo de obtener pixeles con una mejor precisión que en el entorno in situ, sin la interferencia de los elementos del entorno y garantizar que los pixeles obtenidos son parte del MEA, a diferencia de los pixeles obtenidos de las fotografías aéreas in situ en los cuales se tiene la posibilidad de obtener pixeles erróneos.

Metodología

La metodología se llevó a cabo con base en estudios previos con el algoritmo de descomposición colorimétricas CRPL [León-Bañuelos y col., 2019].

Plataforma de captura de imágenes

Para la captura de imágenes In situ se utilizó la cámara integrada del UAV quadcopter (DJI Phantom 3 standard), el cual está equipado con sistema de navegación GPS, despegue y aterrizaje automático controlado mediante la aplicación móvil DJI GO, telemetría y transmisión de video vía Wi-FI. De igual forma se utilizó la misma cámara en la captura de las imágenes controladas con iluminación de luz blanca para evitar diferencias por el sensor de captura. Las características de la cámara se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Cámara integrada DJI Phantom 3 Standard [Fuente DJI Oficial]

Cámara Integrada DJI	
Sensor	1/2.3” CMOS Effective pixels:12 M
Lens	FOV 94° 20 mm (35 mm) f/2.8
Image Size	4000×3000
Still Photography Modes	Single Shot Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 Timelapse
Video Recording Modes	2.7K: 2704 x1520p FHD: 1920x1080p HD: 1280x720p
Photo	JPEG, DNG (RAW)
Video	MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264)

Área de estudio

La captura de fotografías aéreas se realizó en el mes de noviembre de 2016 en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), la cual se ubica dentro de las cumbres más altas de México (4,660 msnm) y constituyen uno de los principales suministros de servicios ambientales del centro de México, tal es el caso de

 ISSN 2007-8102

los escurrimientos que nacen en las laderas que aportan a dos de las cuencas hidrológicas más importantes del país, debido a su enorme capacidad de captación de agua [CONANP, 2017]. Los pinos (Pinus spp.) y abetos (Abies spp.) ocupan aproximadamente 66% del área total del APFFNT [Franco y Burrola, 2009], los cuales están siendo amenazados por una tendencia al cambio de uso de suelo y la presión antrópica, lo que repercute en la perdida de la biodiversidad, proliferación de plagas y enfermedades, así como en la afectación de los suelos [Franco y col., 2006].

Captura de imágenes para obtención de colorimetría.

Arceuthobium globosum es una planta hemiparasita de coloración amarilla, corta altura, tallos quebradizos, con un periodo de floración en marzo-abril y fructificación en Agosto [Hawksworth y Wiens, 1996] su color cambia de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encuentra, también es llamado Muérdago Enano Amarillo (MEA). Leon-Bañuelos y colaboradores 2019 divide las coloraciones de la fenología como: joven(verde), adulto(amarillo) y senescente (marrón) para su identificación con el método Colorimetric Ranges at Pixel Level(CRPL).



Figura 1. Pinus hartwegii infestado por MEA en el APFFNT.

Sin embargo, el método tiene sesgo por los elementos del entorno que presentan colorimetrías similares, principalmente acículas cecas o segmentos de pastizales. Por lo tanto, se aplicó el método CRPL en un entorno controlado con luz blanca para validar la obtención de la colorimetría de forma que disminuya el sesgo del método.

La captura de imágenes del entorno In situ se realizó con el UAV a una altura de 55 a 60 metros de altura del punto de despegue con una distancia de 5 a 10 metros sobre el pino en condiciones de iluminación soleadas (mayor 24999 luxes [Bunning y Moser, 1969]). Por su parte para el entorno controlado Se realizó sobre un cubo de 35 centímetros, dejando orificios en la parte superior con la finalidad de introducir la cámara del UAV, la iluminación se generó con luz blanca emitida por 16 leds con una intensidad luminosa de 25,000 luxes simulando el entorno soleado. Se utilizó un fondo negro para evitar la interferencia de otros colores.

Obtención de rangos colorimétricos

Para la definición de los rangos de color del MEA con el método controlado se colectaron muestras aleatorias en una parcela de 2 ha. Por su parte para el método in situ se tomaron fotografías aéreas en la misma parcela. Como resultado, se seleccionaron 12 fotografías para cada entorno, las cuales se clasificaron de acuerdo con la tonalidad de color: 4 de color verde (joven), 4 de color amarillo (adulto) y 4 de color marrón (senescente) según la etapa fenológica descrita por [Cibrián y col., 2007]. De estas imágenes se obtuvieron 36 (pixeles) del MEA utilizando la herramienta Instant Eyedropper 1.9.1 (2016), los datos obtenidos se registraron de acuerdo con la Tabla 2 en formato RGB de 0 a 255 en valor digital [Saghri y col., 1998] [Das, 2004].

Tabla 2 diseño para la obtención de colorimetría

Entorno	Tonalidad	Repeticiones R-G-B

 ISSN 2007-8102

1.- Luz Blanca Controlada (LBC)	1.-Verde	N=36
	2.-Amarillo	N=36
	3.- Marrón	N=36
2.- Luz Solar In Situ (LSI)	1.-Verde	N=36
	2.-Amarillo	N=36
	3.- Marrón	N=36

Se obtuvieron las estadísticas descriptivas de cada entorno como un primer acercamiento para observar su similitud, así mismo para identificar patrones en el comportamiento de los subpíxeles RGB se generaron las gráficas de los subpíxeles RGB. Los datos RGB no presentaron normalidad de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis y para identificar las correlaciones entre los subpíxeles se aplicó la correlación de Spearman. Por último, se ejecutó el algoritmo CRPL (figura 2) programado en el lenguaje java para la identificación del MEA con los rangos de ambos entornos.

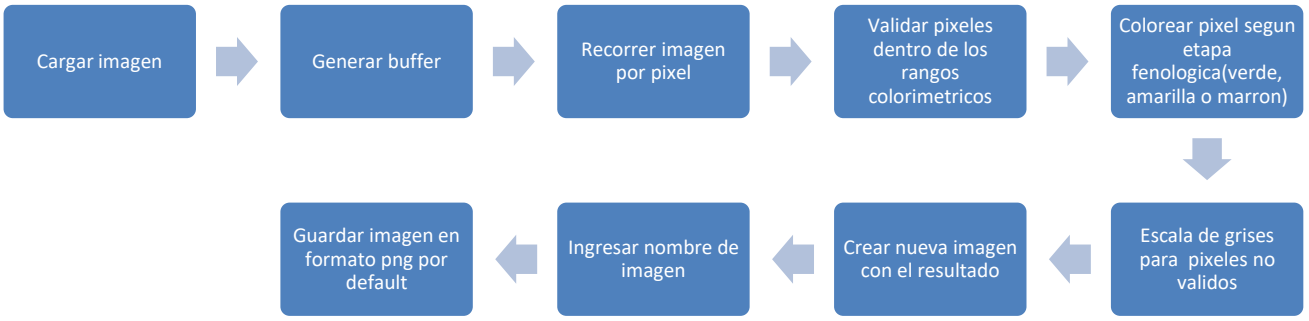


Figura 2. Algoritmo de identificación CRPL.

Resultados y discusión

Estadística descriptiva In situ y controlada luz blanca

En el entorno controlado las medias indican que los subpixeles verdes tienen valores digitales mayores a los subpixeles rojos y azules, esta diferencia se nota en cada una de las muestras obtenidas, esto indica que la luz blanca favorezca a los subpixeles verdes(Tabla 3) y altera la colorimetría original del MEA en comparación con los resultados obtenidos en el tratamiento in situ que se muestra en la Tabla 4, generando un margen de error muy amplio debido a que el dosel del pino tiene tonalidades verdes. Sin importar si se regula la intensidad de luz blanca para simular el entorno soleado o nublado, los subpixeles verdes siguen favorecidos con un incremento en su valor digital.

Tabla 3 Estadística Descriptiva del tratamiento 1 LBC: Soleado

	CLASIFICACIÓN VERDE			CLASIFICACIÓN MARRON			CLASIFICACIÓN AMARILLA		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Media	171	222.666	108.888	215.888	225.888	144.444	208.444	211	83.333
Máximo	187	239	133	25515	253	191	230	243	121
Mínimo	139	199	75	167	179	93	183	178	41
Rango	48	40	58	88	74	98	47	65	80
Desviación	16	12.944	18.058	23.344	20.754	29.029	15.341	19.113	22.400

 ISSN 2007-8102

Tabla 4 Estadística descriptiva del tratamiento 2 LSI: Soleado. Fuente (León-Bañuelos y col., 2019)

	CLASIFICACIÓN VERDE			CLASIFICACIÓN MARRON			CLASIFICACIÓN AMARILLA		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Media	145.4444	134.5557	76.5277	114	95.3611	52	182.3333	152.9166	82.9444
Máximo	171	164	113	150	122	81	212	177	109
Mínimo	104	103	47	91	70	12	134	106	48
Rango	67	61	66	59	52	69	78	71	61
Desviación	12.90229	13.86531	14.18035	13.30204	12.62526	20.13289	18.72461	16.38491	14.29441

Correlación de subpíxeles RGB del tratamiento In situ y controlado.

Los resultados demuestran una relación directa en ambos tratamientos entre los subpixeles R y G respectivamente, en todas las clasificaciones de tonalidad con una correlación positiva a un nivel de significancia de $p<0.01$, con la diferencia que el tratamiento In situ domina el pixel Rojo con una separación entre R-G de 20 puntos y en el tratamiento controlado domina el subpixel verde con una separación mínima, es decir que se mantienen en los mismos rangos, esto debido a que son los encargados de dar la tonalidad verde, amarilla y mostaza, el MEA, mientras que los subpixeles azules son los encargados de dar la intensidad de brillo. Por su parte B tiene una correlación positiva a un nivel de significancia $p<0.05$ la cual indica que no es tan dependiente del subpixel dominante como R y G.

Para comprender la relación que existen en los subpíxeles se tabularon los datos de cada tratamiento en la tonalidad amarilla y se puede apreciar que hay una tendencia a aumentar o disminuir con respecto al valor de los subpixeles rojos y verdes, esto comprueba la relación directamente proporcional obtenida en la prueba de Spearman como se visualiza en la Figura 3.

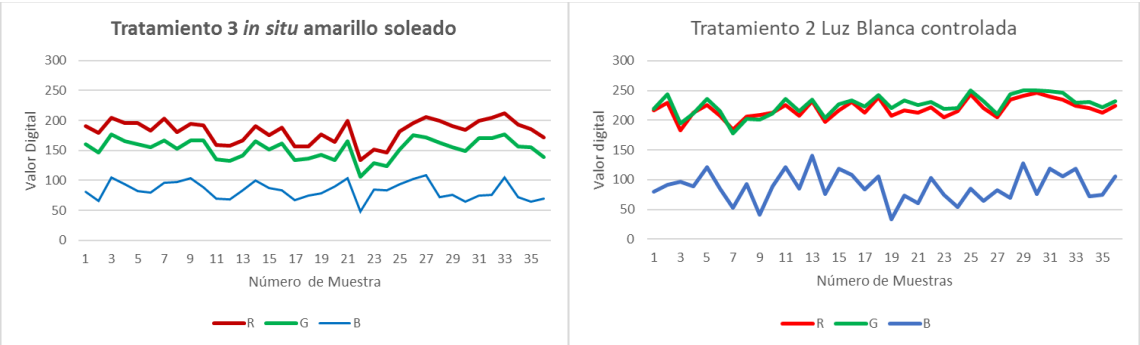


Figura 3 Tabulación de subpixeles RGB de la tonalidad amarilla

Ejecución del algoritmo CRPL en condiciones In situ y controladas

Los datos indican que no tienen similitud en el comportamiento y por lo tanto en la tonalidad. Para tratar de asemejar los datos del tratamiento controlado, se modificaron los valores de los subpíxeles R y G restando 50 en

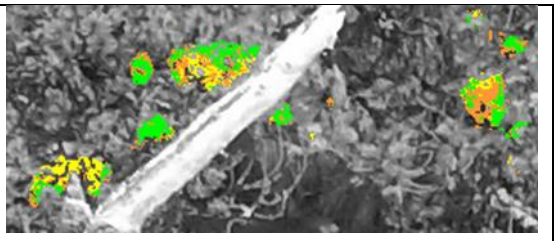
 ISSN 2007-8102

valor digital, así mismo se sumaron 20 puntos a la distancia entre R y G con la finalidad de tomar un patrón correspondiente al tratamiento In situ.

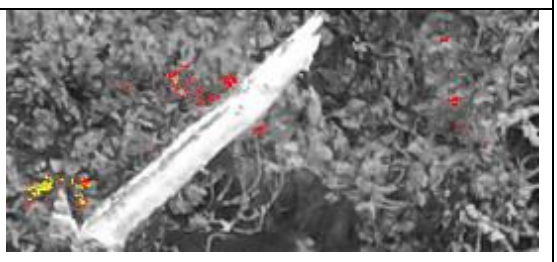
Se realizo la aplicación del algoritmo con los rangos de ambos tratamientos incluyendo las modificaciones de valores en el controlado. Los resultados se muestran en la Figura 4



a) Fuente [Leon-Bañuelos y col., 2019]



b) Fuente [Leon-Bañuelos y col., 2019]



c) Fuente, Elaboración propia.

Figura 4 Resultados de algoritmo CRPL, a) Colorimetría original, b) Identificación con Rangos In situ, c) Identificación con rangos controlados de Luz Blanca

La identificación del tratamiento controlado no tiene similitud en la identificación, por lo tanto, no es viable la obtención con luz blanca. Como últimas pruebas se utilizaron filtros Rojos, Verdes y Azules, para destacar la obtención de pixeles del MEA; no fue posible obtener la tonalidad ya que se modifica el rango de algún color en particular.

Al combinar diferentes colores en los filtros(Amarillo, Azul, Rojo) se puede llegar a una tonalidad similar, pero la graduación del nivel de cada uno debe ser precisa y en este caso no nos fue posible obtenerla. Los filtros utilizados se muestran en la Figura 5.



Figura 5 implementación de filtros para obtención de colorimetría.

Trabajo a futuro

Es necesario analizar las diferentes técnicas de refracción para obtener la mayor precisión en el algoritmo de identificación. También se trabajará con algoritmos de clasificación para el reconocimiento de patrones, excluyendo las áreas que no pertenecen a la masa forestal.

Conclusiones

En este estudio concluimos que la luz LED blanca es una alternativa que ha tenido resultados en el cultivo de platas al tener similitud con las propiedades de la luz solar y la capacidad de adaptación de las plantas, sin embargo, en la descomposición colorimétrica de los pixeles se modifica la colorimetría del MEA favoreciendo el subpixel G a diferencia de la colorimetría original en la que predomina R. Aunque se tiene una mejor precisión en la obtención de pixeles en el entorno controlado, no hay similitud en el comportamiento de los subpíxeles, así mismo el uso de filtros puede ser útil siempre y cuando se tenga control de la graduación de color y la combinación de colores para crear una equivalencia con los resultados del entorno in situ.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el Programa de Gestión del proyecto para el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (No. 3674 / 2014E), al Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) UAEM.

Referencias

1. Anderson, K., And K. J. GAston. 2013. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. Frontiers in Ecology and the Environment 11: 138–146
2. Barnoaiea, I., Iacobescu, O. 2008. Using pixel and object based IKONOS image analysis for studying decay in silver fir stands. Annals of Forest Research 52(1): 151-162.
3. Bunning, Erwin; and Moser, Ilse (Apr. de 1969). Interference of moonlight with the photoperiodic measurement of time by plants, and their adaptive reaction. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 62 (4): 1018-1022.
4. Cibrián, D., Vázquez, I. y Cibrián, J. (2007). Muérdagos enanos del género Arceuthobium. En D. Cibrián, D. Alvarado y S. García (Eds.), Enfermedades forestales en México (pp. 357– 395). Montecillo, Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
5. Consejo de Areas Naturales Protegidas (CONAMP). Programa de Manejo Area de Proteccion de Flora y Fauna Nevado de Toluca. 2017. México, 4-11.
6. Das I.C., 2004. Spectral signatures and spectral mixture modeling as a tool for targeting aluminous laterite and bauxite ore deposits, Koraput, India. www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0017.htm
7. Franco MS, Regil-Garcia HH, y Ordoñez Díaz JA B (2006) Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca Madera y Bosques, 12(1), pp 17-28
8. Franco, M. S., y Burrola, A.C., 2009. Los hongos comestibles del parque nacional nevado de Toluca. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
9. Geils, B.W., Wiens, D., and F.G. Hawksworth. 2002. Phoradendron in Mexico and the United States. In: Mistletoes of North American Conifers. Geils, B.W., Cibrián-Tovar, J., Moody, B. (Tech. Coords). Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden. UT:US. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 19-28.
10. Hawksworth, F. y D. G. Wiens (1996). Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology, and Systematics. Washington, D. C.: United States Department of Agriculture/Forest Service
11. León-Bañuelos, et al. J. For. Res. (2019). https://doi.org/10.1007/s11676-019-00954-5

12. Massa, G.D.; H.H. Kim, R.M. Wheeler, y C.A. Mitchell, 2008. "Plant productivity in response to LED lighting". Hortscience, 43(7): 1951-1956.
13. Martín, S. de P. (2016). EL USO DE LAS TICs EN LA GESTIÓN EMPRESARIAL. 17, 18. Retrieved from http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/23407/1/TFG-O 967.pdf
14. Saghri J.A., Laghar M. S., Boujarwah A., Tescher A. G., 1998. Spectral-signature-preserving compression of multispectral data, Applications of digital image processing. Conference No21, San Diego CA, ETATSUNIS (21/07/1998) 1998, 3460: 399-410.
15. Sotier, B. (2014). High resolution aerial images from UAV for forest applications State-of-the-Art. Forest Resources & LiDar, (2).
16. Zhang T., y K.M. Folta, 2012. "Green light signaling and adaptive response". Plant Signaling & Behavior, 7(1): 1-4.

Control de variables físicas de una máquina de electrospinning para elaborar microfibras con polímero PVDF

X. López Juárez[1], J. Vargas Hernández[1] y C. O. González-Morán[1]*
[1]Lab. de Investigación de Materiales y Procesos inteligentes, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Valle de México, Blvd. Universitario s/n Valle Escondido, Predio San Javier Atizapán de Zaragoza, C.P. 54500, Edo. De México., MÉXICO.
**ximenalj9@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica.*

Resumen

El objetivo es generar un sistema con un microcontrolador ATMEGA328P; para reducir los defectos que ocasiona la temperatura y humedad en las fibras poliméricas, producidas en una máquina de electrospinning y que son generadas con un sistema eléctrico de 30 kv. Para que la máquina sea eficiente al momento de definir el tamaño de las fibras, se requiere que se controlen las variables ya mencionadas; esto será por medio de dos sensores (DHT22), un microcontrolador ATMEGA328P, este será el alternativo a la tarjeta Arduino y que para generar información de salida se empleará una pantalla LCD de 16 x 2; además se desarrollará la programación para que el usuario recabe información de las lecturas de los dos sensores DHT22 simultáneamente. Las muestras adquiridas muestran un cambio significativo al momento de monitorease y controlarse las variables físicas.

***Palabras clave**: Electrospinning, Arduino, Variables físicas, Control.*

Abstract

The objective is to generate a system with an ATMEGA328P microcontroller; to reduce the defects caused by temperature and humidity in polymeric fibers, produced in an electrospinning machine and that are generated with a 30 kv electrical system. In order for the machine to be efficient when defining the size of the fibers, the aforementioned variables are required to be controlled; this will be through two sensors (DHT22), an ATMEGA328P microcontroller, this will be the alternative to the Arduino card and that to generate output information a 16 x 2 LCD screen will be used; In addition, the programming will be developed so that the user collects information from the readings of the two DHT22 sensors simultaneously. The acquired samples show a significant change when the physical variables are monitored and controlled.

***Key words**: Electrospinning, Arduino, Physical Variables, Control.*

Introducción

En 1934 Formhals construyó por primera vez un equipo para fabricar nano fibras por medio de Electrospinning, para estirar la solución del polímero utilizó un campo eléctrico muy elevado. (Germany, U.S. Patente nº 19975504, 1934)
Dicha técnica de electro hilado que durante los últimos años ha sido estudiada ocasionando duplicar publicaciones de diferentes temas de interés, pero principalmente en materiales obtenidos en nanotecnología.
Por lo que las nanofibras son estructuras a escala nanométrica con longitud teóricamente ilimitada y una gran relación entre la superficie y el volumen para poder crear fibras de escala nano y micro para una gran cantidad de aplicaciones tales como; biomédicas, textiles, etc. (Bhardwaj, 2010)

Cabe mencionar que en la Universidad de las Américas Puebla se creó un diseño mecatrónico de un sistema que permite, mediante la técnica de electrospinning, fabricar a bajo costo nanomateriales (nano fibras). El sistema

 ISSN 2007-8102

diseñado se ha convertido en una base de experimentación muy interesante ya que, gracias al enfoque de diseño mecatrónico bajo el cual fue creado, permite realizar variaciones en distintos parámetros, entre los cuales se tienen: distancia de separación entre el colector y el inyector, velocidad de inyección, velocidad de rotación del colector e intensidad de campo eléctrico, lo cual permite a los usuarios fabricar sus nano fibras en un ambiente controlado y repetible de modo que el producto puede alcanzar un nivel de calidad superior a aquellos que se han producido con sistemas donde los parámetros que afectan las características del producto no se han controlado o que en muchas ocasiones no son repetibles. Para mantener el control de los parámetros, diseñaron un circuito eléctrico que les permitiera la manipulación de dichos parámetros que a continuación se muestra. (González, 2017)

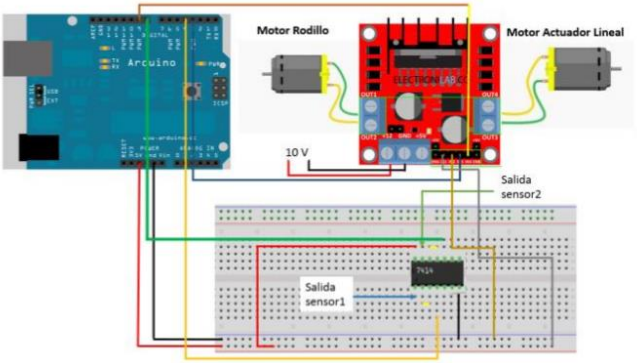


Figura 1. Diagrama de las conexiones del sistema mecatrónico (González, 2017).

De igual forma en el Departamento de Textiles de la Universidad de Gante Bélgica, estudia la influencia de la temperatura y la humedad en la formación y las propiedades de las nanofibras, empleando materiales como acetato de celulosa (CA) y vinilpirrolidona (PVP). Este experimento indica que dos grandes parámetros dependen de la temperatura y tienen su influencia en el diámetro promedio de la fibra. En primer parámetro es la velocidad con la que se evapora el solvente que aumenta con el número de temperatura, el segundo parámetro es la viscosidad de la solución de polímero que disminuye con el aumento de la temperatura. La tendencia en la variación de la nanofibra promedio. El diámetro en función de la humedad es diferente para CA y PVP, que puede explicarse por variaciones en productos químicos e interacción molecular y su influencia en el solvente tasa de evaporación. A medida que aumenta la humedad promedio. El diámetro de la fibra de las nanofibras de CA aumenta, mientras que para PVP el diámetro promedio disminuye. El diámetro promedio de nanofibras hechas por cambio de giro eléctrico significativamente a través de la variación de temperatura y humedad. (Clerck, 2009)

Por otra parte, la Universidad Politécnica de Valencia ha construido una cámara prototipo, con una estructura de perfiles de aluminio y otros materiales, donde realizaran varias muestras con una disolución de P (MA-co-MMA) con 12 % de DMF. Tomaron en cuenta los parámetros que afectan al proceso de electrohilado, el sistema de control de la temperatura y de la humedad del interior de la cámara de electrohilado tiene que ser capaz de funcionar en rangos de temperatura de 20ºC a 30ºC y rangos de humedad relativa de 0% a 60%, para facilitar el estudio del sistema de control de la temperatura y la humedad, se ha estudiado primero los diferentes elementos que permiten un control de la humedad y los distintos elementos que permiten un control de la temperatura en el interior de una cámara. (Carrión, 2015)

En este caso se notará una evolución de la máquina de electrospinning, ya que, con su construcción, se busca obtener un proceso controlado de las variables fundamentales en la fabricación de nano y microfibras de polímeros, además, se incentiva la investigación en nuevas aplicaciones para la obtención, fabricación y utilización de nuevos compuestos a base de polímeros biocompatibles. Llevando esto a la aplicación del área de ingeniería que es innovar, crear y en algunos casos realizar reingeniería, para sistema de producción de las fibras micrométricas. Es por ello por lo que nos llevó a crear un sistema que permita obtener datos relativos como son la temperatura y humedad con la que se estén elaborando las fibras de polímero micrométrico.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Se diseño y construyo una máquina de electrospinning, con el objetivo de innovar, crear e integrar los conocimientos adquiridos, lo cual permitirá a los usuarios obtener información dentro del display LCD 16X2. La información visualizada es: el promedio de la temperatura y el promedio de la humedad, respectivamente con sus unidades de medida para controlar las variables físicas que afectan a la elaboración de fibras poliméricas.

Materiales

Se utilizaron: un potenciómetro B100k, un LCD 1602A, un conector USB hembra tipo B, un microcontrolador ATmega328p-pu en sustitución a la tarjeta Arduino, un par de capacitores de 22 picofaradios, un capacitor de 0.1 microfaradios, un cristal de 16MHz, una resistencia de 10K Ohms, un par de resistencias de 220 Ohms, cables Dupont Hembra-Macho, un par de adaptadores de carga de 2.0 A - 5V, un conector USB hembra tipo B.

Descripción de funcionamiento del sistema

Se preparo un diagrama de flujo que se representa en la Figura 2. Se describe la secuencia del sistema se llevará acabo el funcionamiento. Permitiendo observar las acciones secuenciales que se determinan en cada proceso y una alternativa para posibles soluciones puedan presentarse.

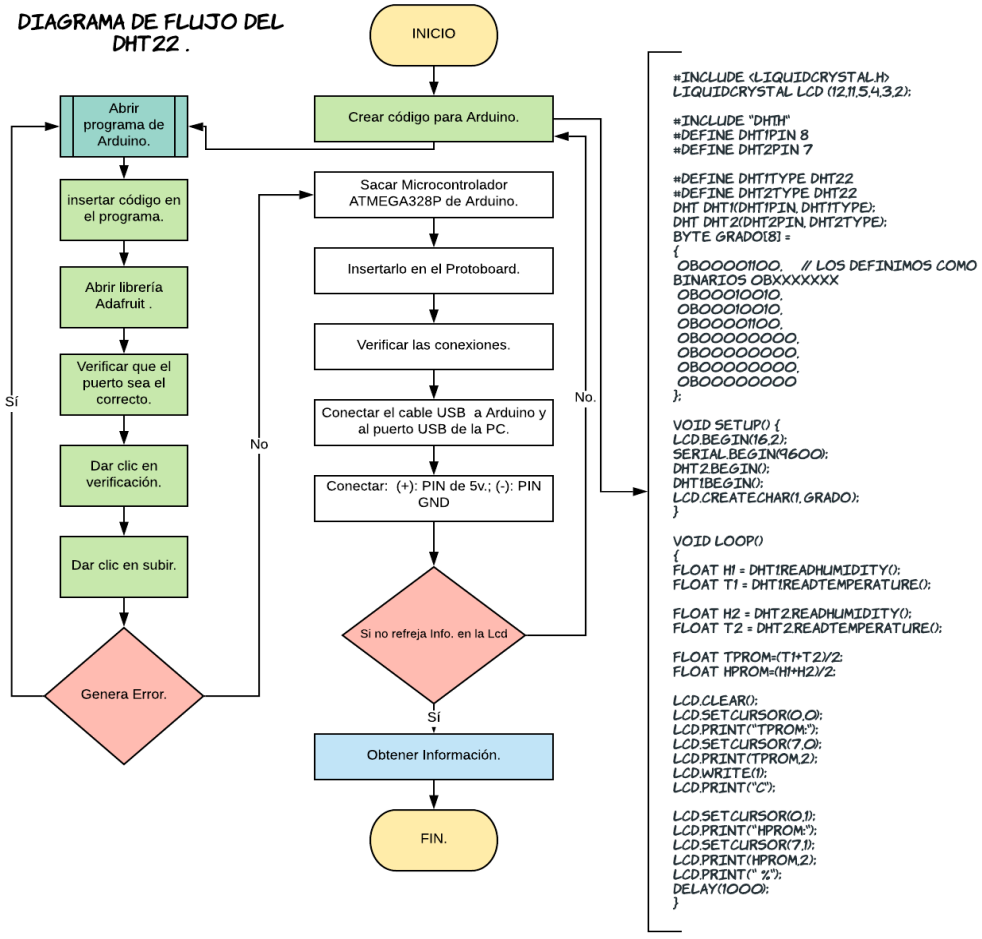


Figura 2. Diagrama de flujo de la secuencia del sistema.

 ISSN 2007-8102

Secuencia del sistema

El sistema se considera una jerarquía como se muestra en la Figura 3. La comunicación que tendrán los componentes que sobresalen; esta será continua; siendo el funcionamiento del sistema para el control de las variables físicas (temperatura & humedad), a su vez gestionar la información requerida.

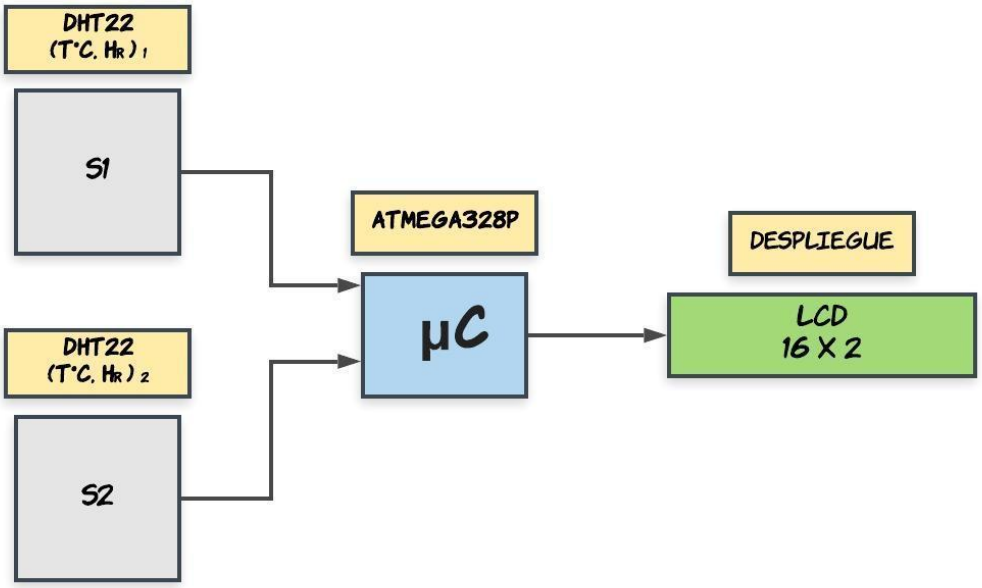


Figura 3. Jerarquía de los componentes del sistema.

S1, S2: (Sensor) se encuentra conectado a un ATMEGA328P funciona en el remplazo de un Arduino. Elementos principales del sistema, el cual determinara la información que se visualizara en el display LCD.

µC: (ATMEGA328P, Microcontrolador) es un circuito integrado de alto rendimiento, su funcionamiento permite almacenar el código diseñado para que en el display LCD de salida a la información requerida. Conecta a los dos sensores.

LDC 16X2: (despliegue) sistema de pantalla electrónica que permitirá visualizar la información que genera los S1, S2; por medio de la programación grabada en el microcontrolador ATME328P.

Sustitución de la tarjeta Arduino UNO por el microcontrolador ATMEGA328P e integración de componentes electrónicos.

Para la sustitución de la tarjeta Arduino UNO, se deben de integrar algunos componentes electrónicos como se muestra en la Figura 4. Mediante el diagrama eléctrico, realizado en el programa de Ciruit Wizard, mediante esto podemos sustituir las funciones de la tarjeta Arduino UNO, cargándole la programación a desarrollar en el programa de Arduino IDE. Los diversos componentes electrónicos; que se muestran en la Figura 4. Son: 2 sensores DHT22, el cual permitirán obtener la lectura de temperatura y humedad; por medio de la secuencia programada obtendrá un promedio de humedad y temperatura, la cual se visualizará por medio de la LCD 16X2, este funciona como emisor del microcontrolador; gracia a la secuencia programada permitirá la obtención de información requerida. Mientras el cristal oscilador nos permitirá regular la frecuencia del circuito, es ideal como base de sistema de tiempo como nuestro. Los diferentes capacitores tienen como función almacenar la energía en forma de campo eléctrico,

 ISSN 2007-8102

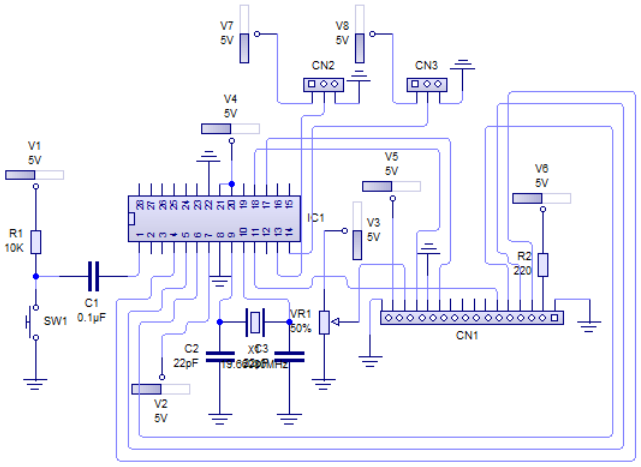


Figura 4. Diagrama eléctrico para la sustitución de tarjeta Arduino por el Microcontrolador ATMEGA328P.

Resultados y discusión

Anteriormente se fundamenta el concepto del estudio de la temperatura y humedad, por su gran influencia pero se considera que nunca ha sido estudiada de forma sistémica; es por ello que se pone en marcha este proyecto. A continuación, en la Figura 5. Se muestra que el funcionamiento del sistema de control de variables de un microcontrolador generado una visualización de información por medio de una pantalla LCD, el cual permitirá tomar los datos correspondientes para obtener un conteo de las muestras a realizar.

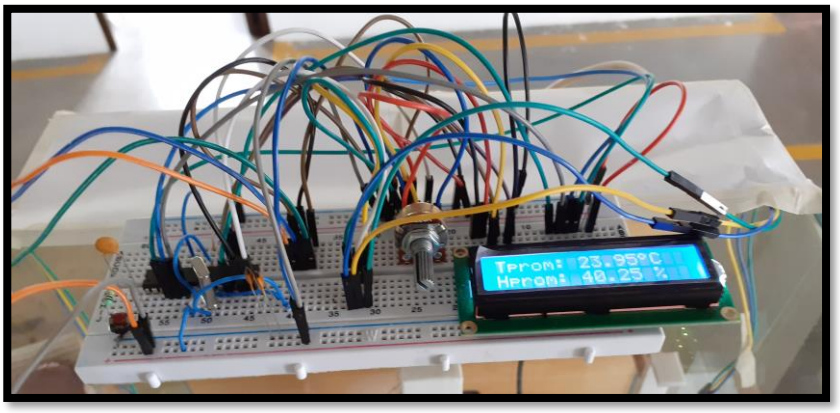
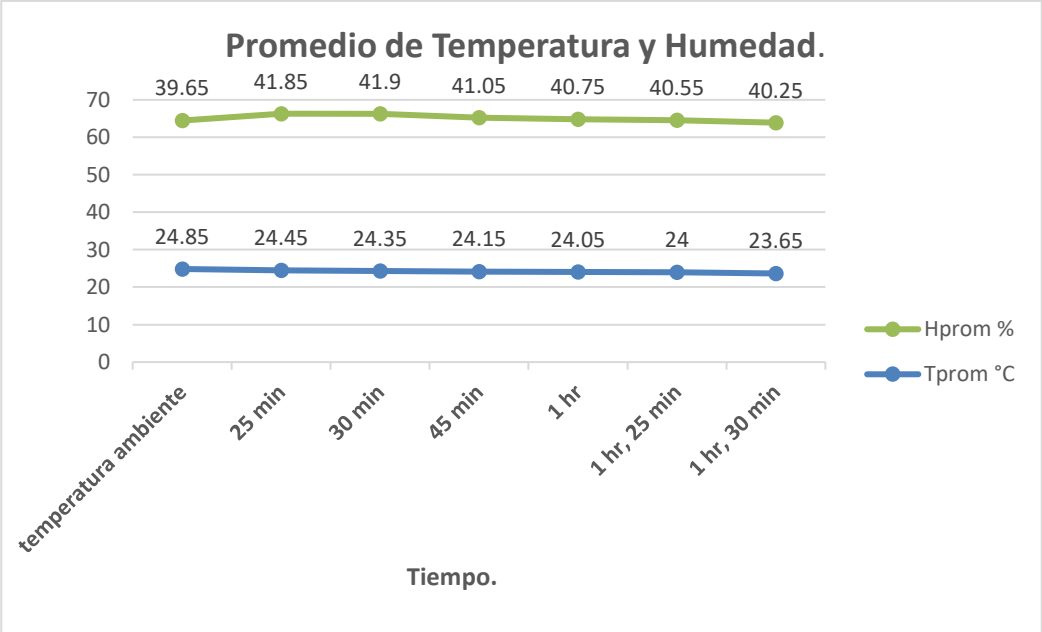


Figura 5. Funcionamiento del sistema de control de variables.

 ISSN 2007-8102

Durante un lapso de 1 hr 30 minutos, a continuación, se muestran los resultados que se obtuvieron del sistema de control de variables físicas:

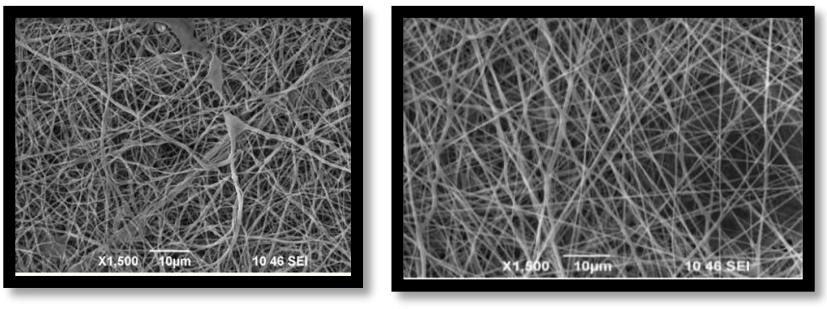
	Temperatura ambiente	25 min	30 min	45 min	1 hr	1 hr, 25 min	1 hr, 30 min
Tprom °C	24.85	24.45	24.35	24.15	24.05	24	23.65
Hprom %	39.65	41.85	41.9	41.05	40.75	40.55	40.25



Gráfica 1. Promedio de temperatura y humedad en un lapso de 1 hr y 30 min.

Se observa el primer prototipo de sistema control de variables, el cual integra los componentes necesarios para su buen funcionamiento, interconectando con elementos que permiten llegar al objetivo deseado para la elaboración de fibras de polímero micrométrico en el C.U. UAEM V.M.

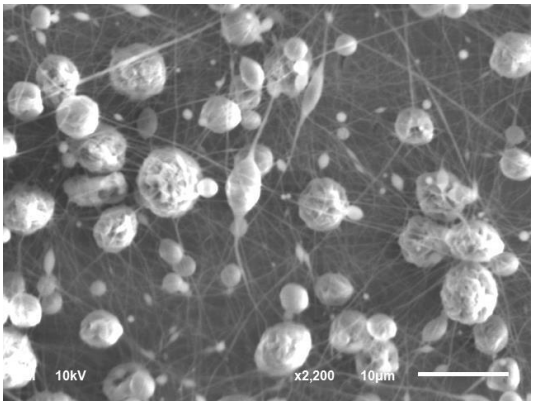
Se realizaron muestras de la disolución de Dimetil-Formamida (DMF) y Difluoruro de Polivinilideno (PVDF), teniendo en cuenta que la máquina es factible para la realización de película polimérica, por la obtención de grado de partículas esperado.



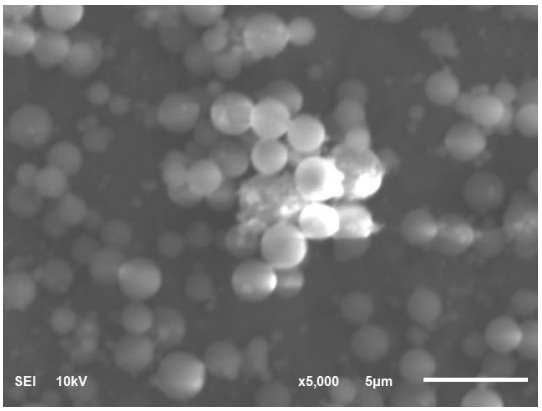
Muestra 1: eyectado a 15 kV. Muestra 2: eyectado a 18 kV.

 ISSN 2007-8102

Las siguientes micrografías de SEM, podemos observar las cadenas macromoleculares, estos han sido unidos durante la polimerización. Para generar polímeros útiles no deberán ser tan voluminosos en cuanto a esto ayudara a evitar la cristalización y deberá realizarse de forma coaxial o helicoidales; para no aglomerar este tipo de esferas, ya que dentro de ella encapsulan las variables físicas a estudiar.



Vista a 2,200x



Vista a 5,000x

Trabajo a futuro

El siguiente paso del proyecto es la evolución de su funcionamiento en la elaboración de fibras de polímero micrométrico, el nivel de exigencia que puede generar el sector salud es considerablemente alto, por la proliferación de la película polimérico requiere de mantener controlado las variables físicas en este caso se manipularan lo que es temperatura y humedad, también para la obtención de mayor calidad y seguridad del usuario.

Conclusiones

El objetivo de diseñar este sistema de control de variables es para realizar mejora continua en la máquina de electrospinning que permitirá la gestión de la elaboración de fibras poliméricas en el CU UAEM VALLE DE MÉXICO, este como primer prototipo se considera exitoso con el fin de obtener resultados de las variables físicas, para satisfacer nuestras necesidades de poder obtener las fibras poliméricas elaboradas con una solución de Difluoruro de Polivinilideno (PVDF) con el diluyente Dimetilformamida (DMF), empleando un alto campo de voltaje electrostático, dicho solución es colocada en una jeringa que posteriormente esta atraído a una placa recolectora la cual forma y solidifica la fibra polimérica las cuales a su vez formaran sus membranas.

Las variables físicas que se pretenden manipular son los principales factores que afectan a la solución del polímero en la placa colectora por ejemplo la temperatura muy elevada genera diámetros de fibras menores y una viscosidad caída. Mientras que en la humedad a mayor porcentaje genera poros en las fibras poliméricas y mientras se emplea un porcentaje bajo la solución tiende a evaporarse y provocar una obstrucción en el orificio de la aguja.

Referencias

1. Bhardwaj, N. K. (2010). Electrospinning: afascinantefabricación de fibratecnología-nique. . *Biotechnol.*, 325-347.
2. Carrión, A. H. (2015). Diseño y puesta a punto de una camara de electrohilado control de temperatura y humedad ambiental. Valecia , España.
3. Clerck, S. D. (2009). The effect of temperature and humidity on electrospinning. *Journal of Materials Science, 44*, 1357-1362. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s10853-008-3010-6
4. Formhals Anton, R. S. (1934). *Germany, U.S. Patente nº 19975504.*
5. González, J. (2017). Diseño Mecatrónico de un Sistema de Electrospinning para la fabricación de nanofibras a bajo costo. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/318710049_Diseno_Mecatronico_de_un_Sistema_de_Electrospinning_para_la_fabricacion_de_nanofibras_a_bajo_costo

Sistema para control y monitoreo de un brazo robótico en Moodle con fines didácticos

O. A. Martínez Roa[1], M. T. Ruíz Flores[2] y C. O. González-Morán[1]*
[1] Laboratorio de materiales y procesos inteligentes, UAEM Valle de México, Boulevard Universitario S/N Valle Escondido, Río San Javier, 54500 Cd López Mateos, Méx.
[2] Instituto Tecnológico de Tlalnepantla Campus Oriente, Estado de México
Área de Desarrollo y Aplicación de Materiales Inteligentes,
**ngenieroomaralberto@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

En este artículo se hace un breve resumen de los pasos que se están llevando a cabo para hacer un sistema con el cual se pretende controlar un brazo robótico por medio de Moodle utilizando una computadora conectada a internet, en donde el estudiante y el robot se encuentran a una gran distancia, el estudiante seguirá los movimientos del robot por medio de una cámara IP, desde un centro de cómputo o desde el hogar si cuenta con una computadora conectada a internet. De igual manera daremos a conocer las fuentes bibliográficas consultadas para llegar a esta idea, en la cual notamos la necesidad del sistema, enfocándonos en estudiantes de bajos recursos, eliminando gastos de traslado y equipo necesario para ingresar a un laboratorio científico con un brazo robótico.

Palabras clave: *Sistema, Moodle, control y robot*

Abstract

This article makes a brief summary of the steps that are carried out to make a system with which it is intended to control a robotic arm through Moodle using a computer connected to the internet, where the student and the robot are located a great distance, the student controlled the movements of the robot through an IP camera, from a computer center or from the student's home if he has a computer connected to the internet. In the same way we will make known the bibliographic sources consulted to reach this idea, in which we notice the need of the system, focusing on low-income students, eliminating transportation expenses and equipment necessary to enter a scientific laboratory with a robotic arm.

Key words:

Introducción

La educación de los jóvenes es uno de los principales aspectos en una sociedad, para comenzar el camino hacia el desarrollo, alcanzando lugares importantes en el mundo, tomando en cuenta que la tecnología avanza a pasos agigantados, utilizando la evolución de las TIC´s (Tecnologías de la Información y la Comunicación). En la lucha implacable de desarrollar nuevas tecnologías que faciliten los procesos y resuelvan los problemas de una forma rápida y sencilla, hizo que el hombre trabajara con sueños que parecían inalcanzables. Quién iba a pensar que en pleno siglo XXI ya se estaría programando el viaje del primer turista espacial por la compañía SpaceX, empresa que llevara a Yasaku Maezawa un multimillonario japonés, a dar una vuelta alrededor de la luna. (Roldán, 2018). Con esto nos podemos dar cuenta que el futuro al que se referían las películas de ciencia ficción, lo estamos viviendo hoy.

En Singapur en la Escuela Secundaria Montfort se está aplicando un proyecto en donde: “El colegio pondrá a disposición de los alumnos herramientas y materiales para que construyan prototipos en su tiempo libre, que luego pueden llevar a casa. Si quieren investigar cómo iluminar sus guitarras con luces LED, este laboratorio es el lugar para hacerlo.” (Jeffreys, 2016) Informa el reportero de la BBC. De esta forma se anima a los estudiantes a investigar nuevas formas de trabajar.

Desafortunadamente en México se tiene un problema que está a la vista de todos, pero que muy pocos le damos importancia, según datos del CONEVAL (Consejo de Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social) 43.6% de las personas en México se encuentran en estado de pobreza y el 7.6% en pobreza extrema.



Ilustración 1. Porcentajes de pobreza en México según estudios del CONEVAL en 2016

Casi la mitad de la población en 2016 tiene problemas económicos y muchas veces no pueden superarse por sí mismos al no contar con las herramientas necesarias para la superación laboral. La importancia radica en ayudar a que más jóvenes puedan ofrecer producto y servicios con las posibilidades de comerciar nacional o internacionalmente.

Nosotros buscamos hacer un sistema para los jóvenes del Centro Universitario UAEM Valle de México para que los estudiantes tenga la oportunidad de manipular un brazo robótico a control remoto por medio de Moodle desde el centro de cómputo más cercano, utilizando solamente una computadora conectada a internet, así el alumno obtendrá los conocimientos sobre el manejo de brazos robóticos más básicos, que le ayude a generar nuevas tecnologías y obtener nuevas ideas sobre los avances científicos.

Conceptos básicos

Para entender mejor el proyecto se deben definir algunos conceptos principales como son: Brazo robótico, EaD, EVEA y sistema informático.

Comencemos con la definición de brazo robótico. En la página web de Cambridge Dictionary un brazo robótico es: “a machine controlled by a computer that is used to perform jobs automatically” (Dictionary, 2013). Traducido: es una máquina controlada por una computadora que se utiliza para realizar trabajos automáticamente. Conforme a la definición llegamos a la conclusión: Un brazo robótico es un tipo de brazo mecánico, normalmente programable, con funciones parecidas a las de un brazo human. Las partes de estos manipuladores o brazos son interconectadas a través de articulaciones que permiten, tanto un movimiento rotacional o de desplazamiento lineal.

EaD (Educación a Distancia): Es la forma de impartir una clase o asesorías sin la necesidad de que el estudiante y el profesor se encuentren en un solo lugar o aula de clases, manteniendo comunicación por medio de una computadora conectada a internet

EVEA (Entorno Virtual de Enseñanza-Aprendizaje): Es una modalidad de estudio a distancia que da la posibilidad de que un profesor pueda impartir la enseñanza y un estudiante obtenga el aprendizaje sobre un tema en específico, por medio de una computadora conectada a internet, dando la posibilidad de que el estudiante realice prácticas sin que el profesor este presente. EVEA cuanta con herramientas en las cuales se apoya el profesor y el alumno, las cuales son: Correo electrónico, Foro, Chat, Documentos descargables (material de apoyo) y Aplicaciones que se pueden adaptar a la plataforma, como lo hace Moodle.

Sistema informático: Es el software (programa o aplicación) que dirige al hardware (el brazo robótico), con el cual se darán las instrucciones de movimientos, dejando al usuario interactuar con el equipo, procesando los datos de información para obtener un resultado.

Justificación

En el mundo hay un lugar para cada estudiante, de ellos depende el estudiar y aprender para entrar al área laboral, para lograr que los jóvenes superen los obstáculos que tiene cada país debe contar con las herramientas y conocimientos que una empresa de renombre necesita.

Sin salirnos del tema queremos demostrar un punto elemental, para la representación del pleno desarrollo de un país, nos basamos en el PIB (Producto Interno Bruto) que aunque solo es una estadística, da a conocer que tan productiva es la población del mismo país, indicando el valor de los bienes y servicios en un tiempo

 ISSN 2007-8102

determinado. Utilizaremos los datos que nos proporciona la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) para tener una referencia más concisa.

Comparando el crecimiento del PIB en primer trimestre de Estado Unidos en el 2018, lleva la delantera entre varios países, según datos de la OCDE como se presenta en la Ilustración 2 dejando a Japón por muy debajo de los demás.



Ilustración 2. Grafica del PIB de 2017-2018 de la OCDE

Debemos de tomar en cuenta que Japón es una monarquía constitucional y Estados Unidos es un país democrático que busca la superación y bienestar de todos sus habitantes. Pero en Japón al parecer hay más habitantes trabajando que en Estados Unidos, lo cual nos indica que la riqueza de Estados Unidos es para unos cuantos.

Al punto que queremos llegar es que a Estados Unidos con todo y su crecimiento del PIB, en febrero de 2019 tuvo una tasa del 3.8% de desempleo y Japón del 2.3% (Macro, 2019), convirtiendo los porcentajes en número de personas nos da una gran diferencia, como se observa en la Tabla 1

Tabla 1. Porcentajes de desempleo de Estados Unidos y Japón

País	Estados Unidos	Japón
Población total	325,719,178	126,746,000
Porcentaje de tasa anual de desempleo	3.8%	2.3%
Personas sin empleo estimado	12,377,329	2,915,158

Se puede notar que hay más personas desempleadas en Estados unidos que en Japón, nosotros buscamos ayudar a que los jóvenes obtengan nuevas formas de aprender y que además nuevos métodos de enseñanza, teniendo más conocimientos científicos utilizando la EaD por medio de EVEA. Siguiendo los pasos de enseñanza que utiliza Singapur, siendo este de los más avanzados.

ANTECEDENTES

En México se ofrecen cursos de robótica de escuelas particulares, por ejemplo TROONIC que tiene convenio con IBM, que son cursos para estudiantes de entre 5 a 15 años con costo de $750.00 con la posibilidad de participar en la feria de inventores en Plaza Norte del 23 - 25 Noviembre de 2019. En la UNAM se llevó acabo el 32 ° curso de robótica de la UNAM que se realizó del 20 de enero al 17 de febrero de 2018, con un costo de $1,200.00 (Mil Doscientos Pesos 00/100 MN). En contraste con nuestro proyecto esperamos que los recursos económicos sean mínimos, pero con toda la información y especialización que incluye una materia en una universidad como nuestra queridísima casa de estudios UAEM Valle de México.

Otro ejemplo de la enseñanza en brazos robóticos es UNICATOLICA que es una institución académica de educación superior privada y católica con sede en la ciudad de Cali, Colombia. Esta universidad público un artículo donde “se plantea la construcción e implementación del brazo robótico, en donde los estudiantes podrán realizar actividades, como transporte de objetos o selección de piezas defectuosas en una línea de producción” (Henao, Giraldo, & Meza, 2017), en esta universidad se plantea que el uso de tecnología novedosas en el salón de clases, se utilizará como una herramienta para la enseñanza, el desarrollo de nuevas competencias y mejorar la obtención de conocimiento. Dentro del proyecto de UNICATOLICA, se realizará el armado del brazo robótico, después el alumno tendrá contacto con el quipo para su análisis, proporcionando los controles para su manipulación.

El estudiante controlará un brazo robótico en línea de producción, simulando una situación real, extrayendo los productos defectuosos como parte de una práctica de laboratorio. “Este método de enseñanza esperan asociarlo a las asignaturas de procesos industriales como lo son diseños de sistemas productivos” recalcan. Así los estudiantes estarán más motivados para usar brazos robóticos o maquinas controladas por computadora ya que estarán familiarizados.

Los estudiantes al participar en competencias locales y nacionales les abrirán las puertas para obtener nuevos conocimientos y cada vez perfeccionar los adquiridos. Como se aplica en la universidad de Costa Rica: “La implementación de estos centros educativos ha sido muy exitosa y con frecuencia los estudiantes de esta modalidad de educación, participan en concursos nacionales e internaciones sobre Física, Química, Biología y Matemática obteniendo grandes reconocimientos en la comunidad científica nacional e internacional.” (Jiménez & Cerdas, 2014)

El área de la robótica tiene mucha proliferación en un futuro, esto porque podemos notar que las grandes empresas buscan ocupar el menor personal, para que las maquinas hagan el trabajo pesado, de un forma rápida y certera, casi exacta, como se menciona en el libro SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA PARA LAS PYMES ESPAÑOLAS: “La robótica es ya el principal motor de competitividad y flexibilidad en las industrias de fabricación a gran escala y es un sinónimo de progreso y desarrollo tecnológico. Los países y las empresas que cuentan con una fuerte presencia de robots consiguen altos niveles de competitividad y productividad” y continua en un siguiente párrafo “Según el último estudio de la International Federation of Robotics (IFR), el año 2014 ha sido un año record en cuanto a entrega de robots industriales en el mercado mundial, superando la cifra de 200.000 unidades y duplicando cifras del año 2007 previo al inicio de la crisis. Durante el periodo 2015 a 2017, IFR estima que las instalaciones de robots se incrementarán un 12 % por año, de forma específica un 6% en Europa y un 16% en Asia.” (Hernandéz & Vizán, 2015)

Metodología

Para comenzar con el proyecto realizamos un cronograma de actividades para tener un seguimiento de las actividades a realizar, las cuales se indican a continuación:

- Adecuar el área de trabajo con espacio suficiente para la manipulación del brazo robótico.
- Investigación sobre el uso y control de brazos robóticos
- Documentación de la investigación
- Mantenimiento del brazo robótico
- Crear cuenta en TINKERCAD y elaboración de un sistema sencillo
- Rutina para que el brazo robótico la ejecute
- Crear un usuario en Moodle
- Investigación y uso de herramientas que ofrece Moodle
- Habilitar la cámara IP para su trasmisión de video en tiempo real por Moodle
- Prueba de transmisión de datos para ejecución de comandos en Arduino por medio de Moodle
- Ejecución del sistema por medio de Moodle

Para no extender tanto este artículo, podemos decir que realizamos el acondicionamiento del área de trabajo en la Universidad UAEM, documentamos la investigación sobre el uso y manejo de los brazos robóticos y el mantenimiento al brazo robótico lo explicamos a continuación.

Mantenimiento del brazo robótico

Al comenzar la manipulación del brazo robótico tuvimos que hacer limpieza por dentro y fuera del mismo.

Después de limpiar cuidadosamente todas las partes revisamos el funcionamiento de los servomotores y los motores de corriente continua por separado como se muestra en la Ilustración 3



Ilustración 3. Brazo robótico conectando cada servomotor de forma independiente para verificar el correcto funcionamiento

 ISSN 2007-8102

Una vez que se revisó que cada motor funcionara a la perfección se desarmo para limpiar el interior. Teniendo la posibilidad de conectarlo con la fuente de poder interna del brazo. Esto se hizo porque los motores se conectaban a la corriente de forma externa y no desde la fuente de poder del mismo brazo.

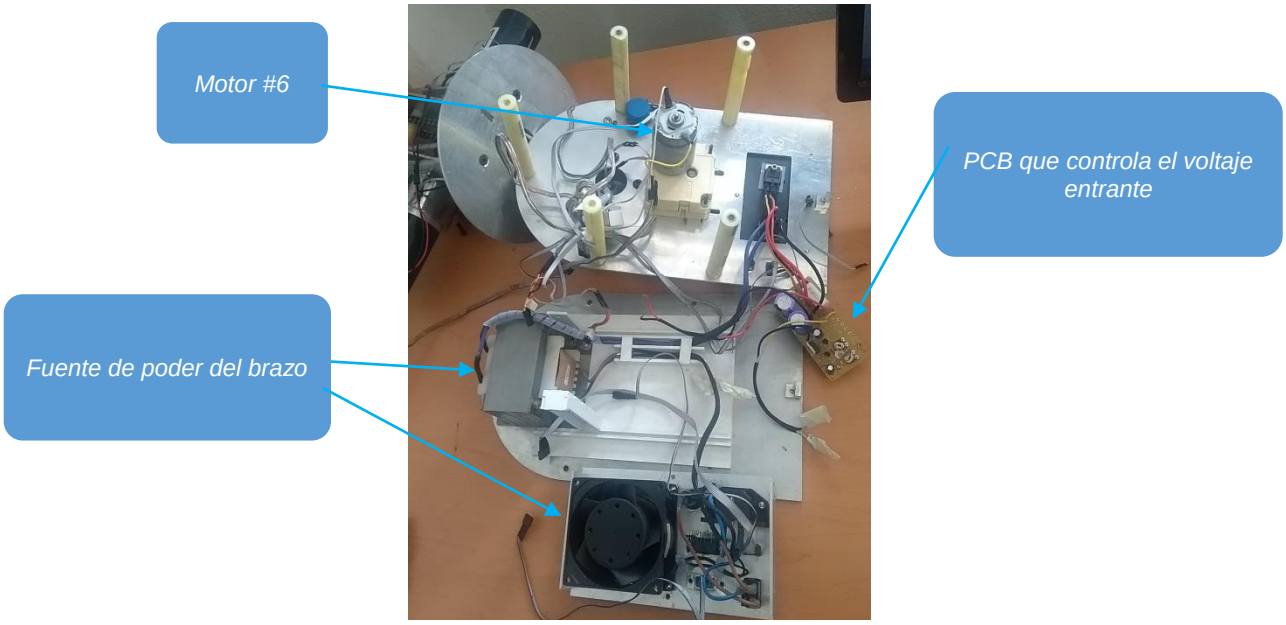


Ilustración 4. Brazo robótico desarmado de la base, donde se encuentra la fuente de poder y la PCB

Crear cuenta en TINKERCAD y elaboración de un sistema sencillo

Para hacer una rutina fue necesario registrarse y hacer una cuenta en TINKERCAD en la cual utilizamos un correo electrónico o con alguna cuenta de Facebook. La ventaja de TINKERCAD es que los diseños se pueden descargar y editar desde cualquier computadora conectada a internet. Por esta razón vamos a guardar nuestros primeros diseños para la manipulación de los servomotores.

Link: https://www.tinkercad.com/#/dashboard?type=circuits&collection=designs

Dentro de TINKERCAD podemos observar la cuenta creada y el apartado donde se almacenan los diseños realizados como se muestra en la Ilustración 5, con esta plataforma los mismos alumnos pueden hacer simulaciones para la manipulación de los servomotores utilizando las herramientas que proporciona



Ilustración 5. Donde encontrar los circuitos realizados dentro de TINKERCAD

 ISSN 2007-8102

Rutina para que el brazo robótico la ejecute

En la Ilustración 6 podemos observar la conexión para la manipulación de tres servomotores los cuales se les asigno los números #1, #2 y #3. En donde cada servomotor está conectado a un potenciómetro para manipular el movimiento de forma independiente.

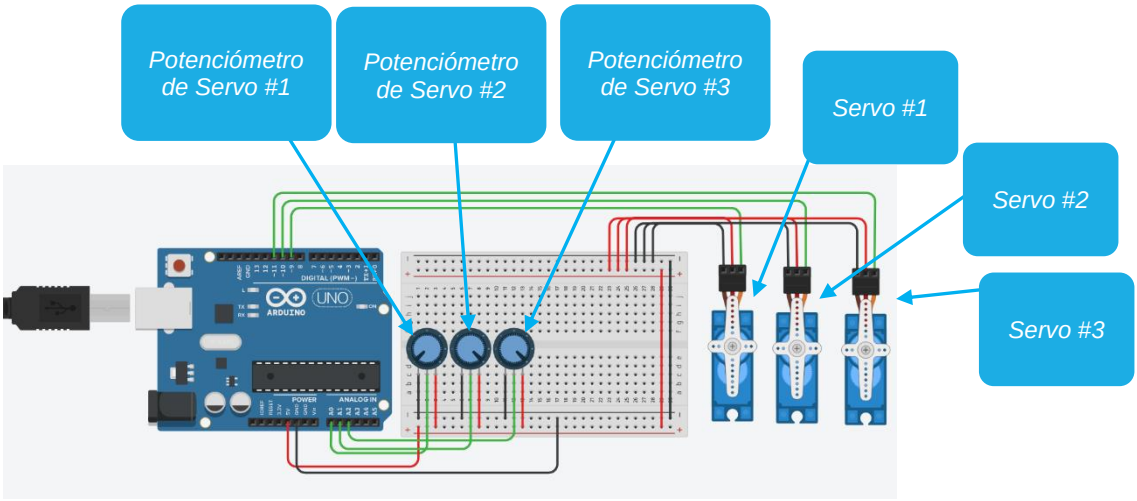


Ilustración 6. Circuito para la manipulación de los tres primeros servomotores

Asignando el motor #1 a la garra la cual sostiene los objetos, motor #2 al que realizar los movimientos en su eje para ladear a la derecha o izquierda los objetos que tengan la garra, en la Ilustración 7 se pueden observar los motores viendo el brazo robótico desde un lado.

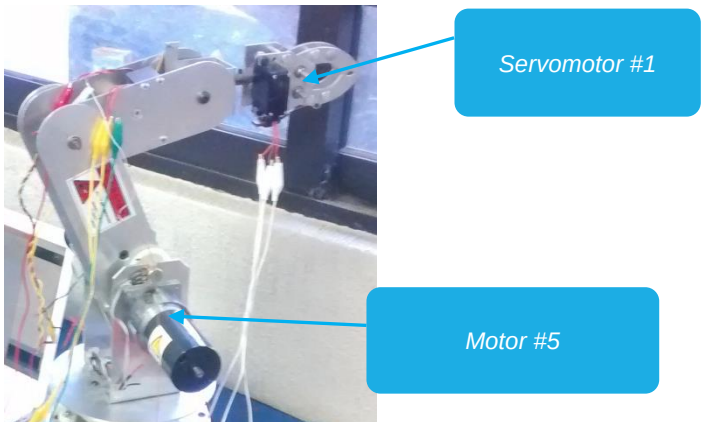


Ilustración 7. Foto donde se muestra la ubicación de servomotor #1 y motor #5

En la Ilustración 8 que es la foto de los tres motores viendo el brazo robótico desde arriba donde el servomotor #2 hace girar el objeto en su propio eje y el servomotor #3 levanta la garra en un cierto ángulo simulando la muñeca del ser humano con movimiento arriba y abajo

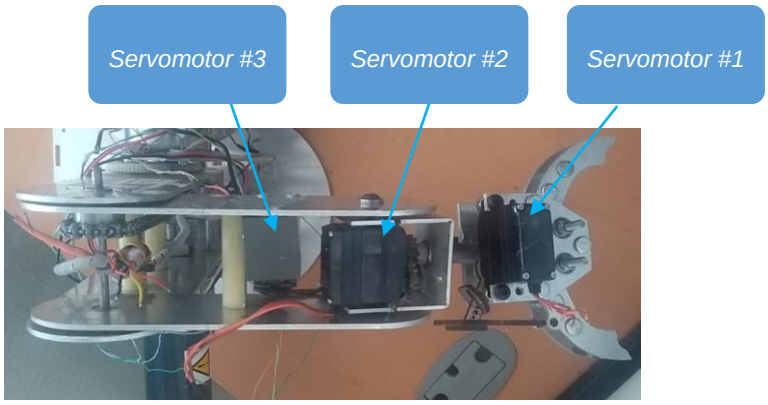


Ilustración 8. Foto de la ubicación de los servomotores #1, #2 y #3, tomada desde la parte de arriba del brazo

 ISSN 2007-8102

De principio creamos un código para la manipulación de los servomotores por medio de Arduino UNO utilizando TINKERCAD una vez que verificamos que en la simulación no contiene errores, pasamos el código a la aplicación de Arduino para hacer las pruebas de movimiento utilizando los potenciómetros como control de la dirección de los servomotores.

A continuación, se muestra la Ilustración 9 y 10 donde se ve el código realizado en TINKERCAD el cual se pasó a la aplicación de Arduino para para la manipulación de los servomotores

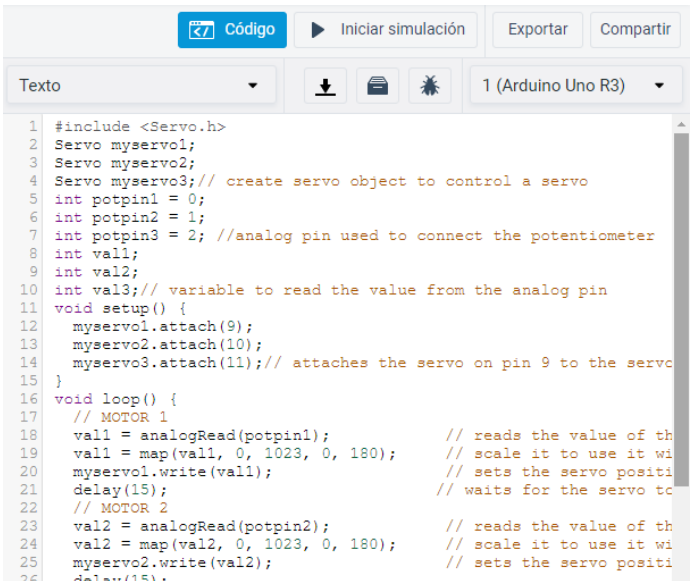


Ilustración 9. Captura de pantalla del código para la manipulación de los tres servomotores 1 de 2

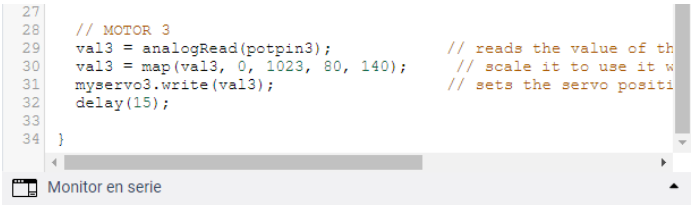


Ilustración 10. Captura de pantalla del código para la manipulación de los tres servomotores 2 de 2

Una vez que hicimos las pruebas con los servomotores conectados de forma independiente nos damos a la tarea de conectarlos con la fuente de poder del propio brazo robótico. Para entender más el funcionamiento de la PCB realizamos el diagrama del circuito eléctrico del cual se compone como se muestra en la Ilustración 11.

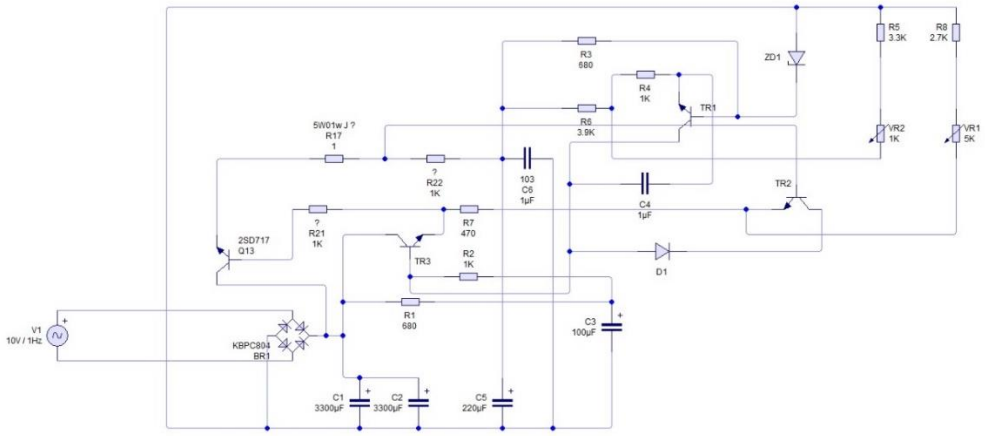


Ilustración 11. Diagrama del circuito eléctrico, con el cual se alimenta los motores del brazo robótico

En nuestro diagrama se muestra los componentes de la PCB con la cual se alimenta de corriente eléctrica todos los servomotores y los motores de corriente continua, esto para que no sea necesario alimentarlos de manera externa ni independiente.

Trabajo a futuro

El trabajo que nos queda por hacer es conectar el brazo con Moodle y hacer la transmisión de imagen con la cámara IP para ver los movimientos del brazo robótico, que en parte es la parte más sencilla ya que lo más complicado del proyecto fue hacer que el brazo robótico funcione. Una vez hecho esto se ara el reporte de los resultados y se hará la documentación para que un estudiante pueda trabajar con el brazo, los conocimientos necesarios para su manipulación, realizar prácticas de prueba en TINKERCAD, y hacer los registros de usuario para poder manipular el equipo por Moodle.

Conclusiones

La manipulación de un brazo robótico quitando los gastos de traslado y equipo que pide un laboratorio científico, animara a estudiantes para estudiar más sobre la robótica, al mismo tiempo de generar mayor experiencia en esta rama de la ciencia, además de que podría contarse como experiencia curricular, generando mayor prestigio para la universidad como una de las casas de estudio que busca posicionarse como una de las más preparadas a nivel nacional.

Referencias

1 Dictionary, C. (11 de Octubre de 2013). *Cambrige Dictionary*. Obtenido de Cambrige Dictionary: https://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles/robot

2 Dominguez, L. (2012). *Analisis de Sistemas de Informacion.* Tlalnepantla, Edo. Mex.: RED TERCER MILENIO.

3 Gordillo, M., Tedesco, J., López, J., & Acevedo, J. (2009). *Educación, ciencia, tegnología y sociedad.* Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI.

4 Henao, I., Giraldo, J., & Meza, F. (2017). El Brazo Robótico como herramienta pedagógica en el aula de clase. *Lumen Gent.*, 82.

5 Hernandéz, J., & Vizán, A. (2015). *SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA PARA LAS PYMES ESPAÑOLAS.* Madrid: E.O.I Escuela de Organización Industrial.

6 Jeffreys, B. (7 de Diciembre de 2016). *BBC*. Obtenido de BBC: https://www.bbc.com/mundo/noticias-38224504

7 Johana, I., Giraldo, A., Meza, F., & Sanchez, C. (2016). El Brazo Robótico como herramienta pedagógica en el aula de clase. *Tecnología, Educación y Naturaleza* , 82-90.

8 Macro, D. (4 de Abril de 2019). *Expansión*. Obtenido de Expansión: https://datosmacro.expansion.com/paises/comparar/japon/usa

9 OCDE. (23 de Mayo de 2018). *OCDE.org*. Obtenido de OCDE.org: http://www.oecd.org/fr/presse/croissance-trimestrielle-du-pib-premier-trimestre-2018-ocde.htm

10 Ortiz Gaviño, G., & González Morán, C. O. (2019). SISTEMA PARA LA ENSEÑANZA DE CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES A TRAVÉS DE ENTORNOS VIRTUALES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE (EVEA). *REVISTA INVESTIGACION OPERACIONAL*, 210-218.

11 Roldán, M. (9 de Octubre de 2018). *EFE*. Obtenido de EFE: https://www.efe.com/efe/espana/gente/el-primer-turista-espacial-a-la-luna-viajara-con-8-artistas/10007-3775090

App y Sensor de Humedad hecho de PVDF para monitorear niveles de humedad en Plantas de ornato

L. B. Contreras Cariño, H. Herrera Hernández, J. C. Belen Luna, O. González Woge, C. O. González-Morán
Universidad Autónoma del Estado de México, Valle de México, Laboratorio de Investigación de Materiales y Procesos inteligentes, Blvd. Universitario s/n, Atizapán de Zaragoza, Estado de México 54500, México.
**lbcc050495@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

En este proyecto se desarrolló el diseño y construcción de un sistema de adquisición de datos reflejados en una App (aplicación móvil), específicamente para una plataforma Android en donde el usuario podrá ver los niveles de humedad de la planta de ornato. Esta aplicación monitoriza a través de un sensor que se encuentra enterrado en la tierra de la planta, el sensor fue hecho de fluoruro de polivinilideno (PVDF) utilizando la técnica de Electrospinning. En el prototipo se desarrolló sobre una placa de circuito impreso PCB para el microcontrolador ATtiny85 propio, que funciona como el corazón del sistema de adquisición, este a través de la comunicación de un módulo Bluetooth (HC-05) que es el que manda los datos a la aplicación móvil del sensor cada determinado tiempo.

Palabras clave: App, Humedad, IoT, Microcontrolador, PVDF, ATtiny85.

Abstract

This project developed the design and construction of a data acquisition system reflected in an App, specifically for an Android platform where the user will be able to see the humidity levels of the ornate plant. This app monitors through a sensor that is buried in the plant's ground, the sensor was made of Polyvinylidene fluoride (PVDF) using the Electrospinning technique. The prototype was developed on a PCB printed circuit board for the ATtiny85 microcontroller itself, which works that functions as the heart of the acquisition system, this through the communication of a Bluetooth module (HC-05) that is the one that sends the data to the mobile application of the sensor each determined time.

***Key words**: App, Humidity, IoT, Microcontroller, PVDF, Atiny85.*

Introducción

En la actualidad los sensores de humedad son de mucha ayuda para las empresas que se dedican a la automatización de invernaderos en los cuales cultivan plantas para consumo u ornado, para que el cuidado de estas plantas sea más eficiente y preciso. Existen las tecnologías de hardware libre la cual está basada en una placa que contiene un microcontrolador que se puede programar mediante el Software de Arduino IDE, este nos ayuda a mejorar el uso de la electrónica para cualquier proyecto y funciona como un ordenador de computadora. El internet de las cosas (IoT) impacta en la salud, ambiente, ciencia, tecnología, una de sus aplicaciones es la adquisición de datos de sensores para a su vez reflejar resultados en dispositivos que interactúan con el usuario final. Así se desarrollan dispositivos más económicos y compactos en tamaño, gracias a las IoT para ser monitorizados o controlados con teléfonos inteligentes y que ofrece una amplia gama en la vida cotidiana para electrodomésticos, automóviles, camas, o casas inteligentes, etc.
Nuestro prototipo permite al usuario que a través de una interfaz gráfica se pueda ver el porcentaje de humedad que tiene la tierra de la planta Bambú Palm (Chamaedorea seifrizii), tomando en cuenta que este prototipo puede ser empleado en cualquier otra planta natural, una vez que ya se monitorizó la humedad por medio del sensor PVDF se implementará un sistema de riego automático para la planta medicinal a través de comandos desde la aplicación móvil de nuestro teléfono, además de que la aplicación contendrá una serie de tutorías con respecto a

la planta en uso, esto con el objetivo de enseñar a las personas que no tienen conocimientos en el cuidado de las plantas y guiarse de la aplicación móvil para hidratarlas automáticamente con el sistema de riego a través de la comunicación de Bluetooth. La técnica de electrospinning o electrohilado, ha sido ampliamente estudiada durante los últimos años gracias a la posibilidad de crear fibras en escala de micrómetros y nanómetros para una gran variedad de aplicaciones biomédicas, esta técnica aporta a los elementos desarrollados diversas características como: amplia superficie por unidad de área, porosidad y una serie de propiedades mecánicas, siendo atractiva a nivel biotecnológico, la técnica es versátil ensamble lo que ha permitido procesar una gran variedad de polímeros.

Metodología

En este prototipo se diseñó y desarrollo el prototipo de un sistema de adquisición de datos que obtiene el porcentaje de humedad (Torres P., 2015) a nivel de la tierra de la planta de ornato a través de una aplicación móvil.

Diseño del prototipo.

El sistema de adquisición de datos hace la función de obtener el porcentaje de humedad de la planta de ornato a través del sensor PVDF que manda los datos al microcontrolador ATtiny85 y mediante módulo Bluetooth (HC-06) la información se despliega a una aplicación móvil, como se ve en la Figura 1.

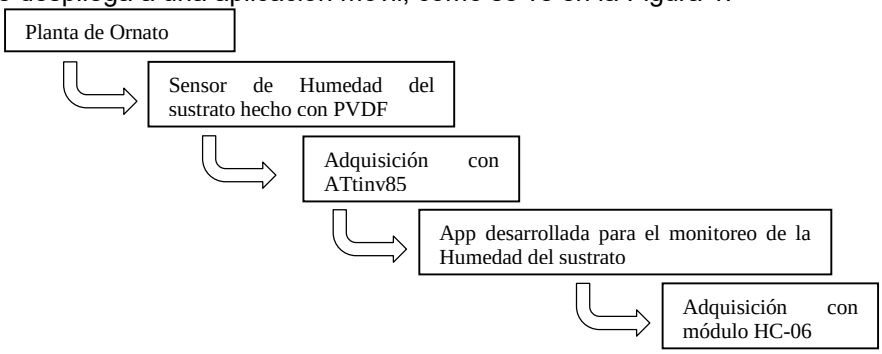


Figura 1. Diagrama del proyecto del sistema de adquisición de datos utilizando tecnologías móviles a través de un sensor de humedad hecho de fluoruro de polivinilideno (PVDF).

Diseño del sensor PVDF.

Se realizó una solución precursora en donde se utilizaron 9 pellets de PVDF para obtener 0.6321(gr) que se disolvieron en 2.4 (gr) de solvente (*N, N* dimetilformamida-DMF) durante 20 minutos aproximadamente para obtener una concentración del 18%, posteriormente este se colocó en un contendor de jeringa común en la máquina de Electrospinning trabajando a 9.31 kV durante 16 minutos como se muestra en la Figura 2. (González O., 2013).

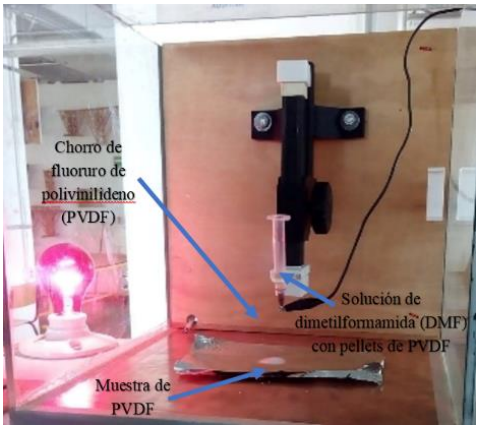


Figura 2. Máquina de Electrospinning durante el proceso de inyección de la capa de material PVDF.

 ISSN 2007-8102

El chorro de polímero se hace desde una altura de 5 centimetros de alto y 2.5 centimetros de ancho como se ve en la Figura 3.

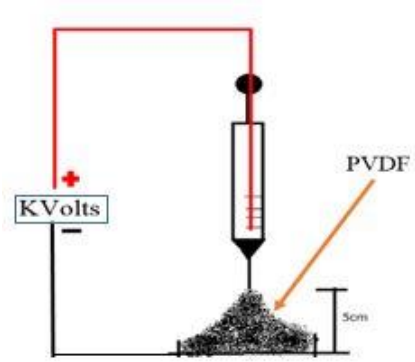


Figura 3. Chorro eyectado de la concentración de PVDF.

Creando asi una membrana de PVDF como se ve en la Figura 4.



Figura 4. Forma sólida de la concentración de fluoruro de polivinilideno (PVDF).

Una vez que se obtiene la membrana de PVDF se hace el diseño 3D para recubrir el sensor. El diseño se hace en la página Tinkercad y se obtiene el archivo.stl para así imprimirse en la impresora 3D CREATOR PRO como aparece en la Figura 5.

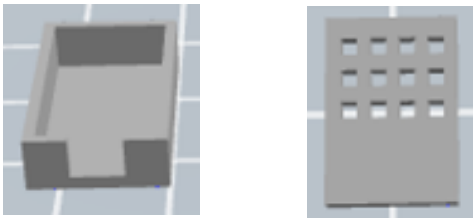


Figura 5. Modelo de impresión 3D para sensor PVDF.

El sensor PVDF se ensambla con salidas (pines) para su monitoreo como se ve en la Figura 6.

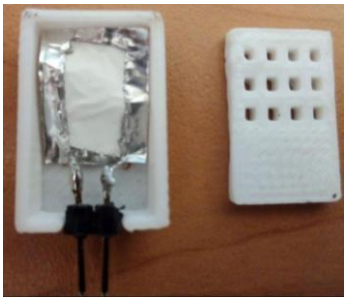


Figura 6. Sensor de humedad puesto en su carcasa impresa en 3D.

 ISSN 2007-8102

El sensor PVDF de humedad se encuentra emparedado entre dos placas de aluminio, estas placas se conectan a dos pines del microcontrolador como se muestra en la Figura 7.

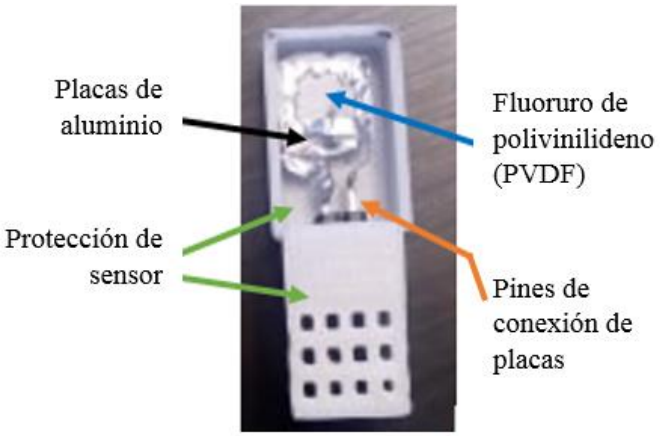


Figura 7. Estructura del sensor de floruro de polivinilideno (PVDF).

Diseño y creación del prototipo.

Para este prototipo de hardware que se realizó se utilizó el softwarte Circuit Wizard para el diseño del circuito impreso del microcontrolador ATtiny85 para recibir las entradas analógicas del sensor quedando el diagrama como se muestra en la Figura 8.

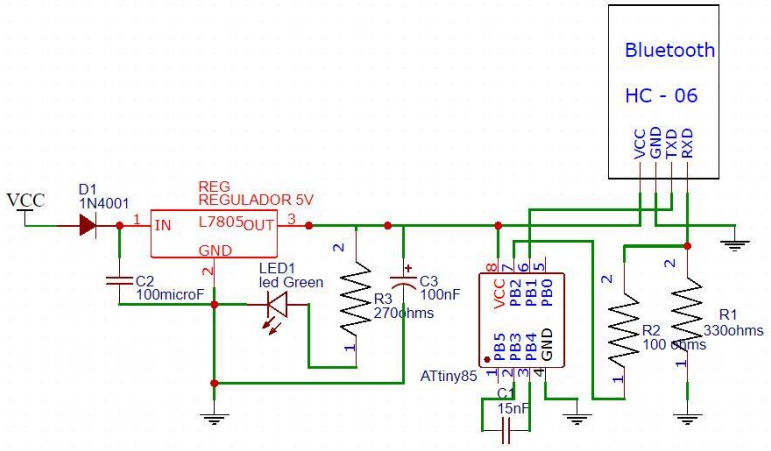


Figura 8. Estructura del microcontrolador ATM328P con un cristal de 16MHz, capacitores de 22pF y RESET.

Es importante mencionar que el diseño de la placa fue para sustituir la tecnología de las tarjetas comerciales de Arduino, haciendo un prototipo propio, casero, más compacto, de menor costo y adaptado para el monitoreo de la planta de ornato con el módulo de Bluetooth (HC-05). Se utilizó un conector JACK de alimentación hembra para la alimentación del circuito, un módulo Bluetooth (HC-05) para él envió de datos a la aplicación móvil, un microcontrolador ATtiny85, también un regulador de voltaje L7805 para que no existan variaciones de alimentación al circuito, de esta manera se diseñó el circuito que se muestra en la Figura 9 y la Figura 10.

 ISSN 2007-8102

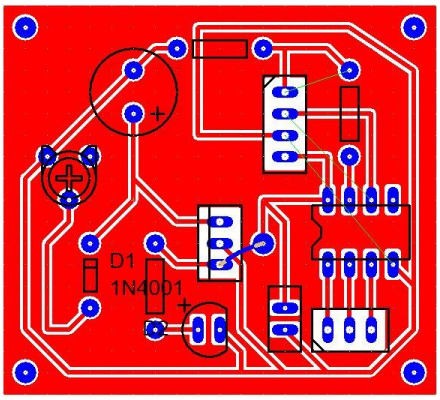


Figura 9. Diagrama eléctrico del circuito del sistema de adquisición de datos.



Figura 10. Prototipo físico terminado para la adquisición de la humedad.

Pruebas

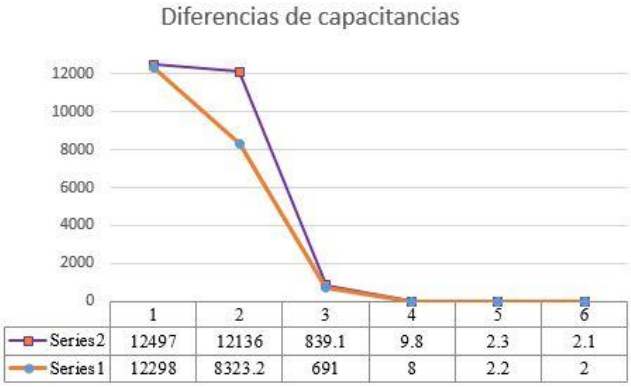
Se realizaron las pruebas de confiabilidad al prototipo para saber qué tan preciso era al medir la capacitancia de unos capacitores comunes, al hacer las pertinentes comparaciones logramos obtener los siguientes datos:

Valor de capacitor		Diferencia
Arduino Uno	ATtiny85	
12497	12298	199
12136	8323.2	3812.8
839.1	691	148.1
9.8	8	1.8
2.3	2.2	0.1
2.1	2	0.1

Tabla 1. Comparativa de los valores de capacitancia entre Atiny85 y Arduino Uno.

En la siguiente Figura 11 podemos observar que la precisión de medición del prototipo nos da que entre más baja sea la capacitancia más precisos son los resultados de medición.

 ISSN 2007-8102



	1	2	3	4	5	6
Series2	12497	12136	839.1	9.8	2.3	2.1
Series1	12298	8323.2	691	8	2.2	2

Figura 11. Medición de prueba de capacitancia.

Resultados

Los datos de humedad se obtuvieron al conectar el sensor que se encuentra en la planta Bambú Palm y se monitoreo a través de la aplicación móvil durante 3 días como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Conexión de prototipo ATtiny85 con implementación del módulo Bluetooth (HC-05) a planta de ornato.

 ISSN 2007-8102

Hora	Nivel Humedad	Hora	Nivel Humedad
13 de Febrero del 2019		14 de Febrero del 2019	
16:13	11.8	09:41	68
16:15	12.1	10:05	64.3
16:19	13.6	11:22	58.2
16:22	14	19:15	48.5
16:24	14.5	23:18	46.5
16:25	15.3	24:01:00	35.6
16:30	17	15 de Febrero del 2019	
16:33	17.8	06:57	46.9
16:35	19.4	14:56	52.1
17:13	26.4	15:56	66.6
17:17	27	16:12	65
17:21	28.4	16:27	62.8
21:31	64	16:50	66.3
21:37	64.6		
22:04	68.6		
22:48	70		

Tabla 2. Los datos obtenidos fueron los siguientes durante los días de monitorización.

De estos datos se obtuvo la siguiente Figura 13:



Figura 13. Grafica de datos del nivel de humedad.

A su vez se conectó la aplicación móvil al módulo Bluetooth (HC-05) en donde se obtuvieron los datos de inicio y comienzo de la prueba en donde la aplicación a través de la interfaz gráfica nos muestra algunos de los datos obtenidos como se muestra en la Figura 14.

 ISSN 2007-8102

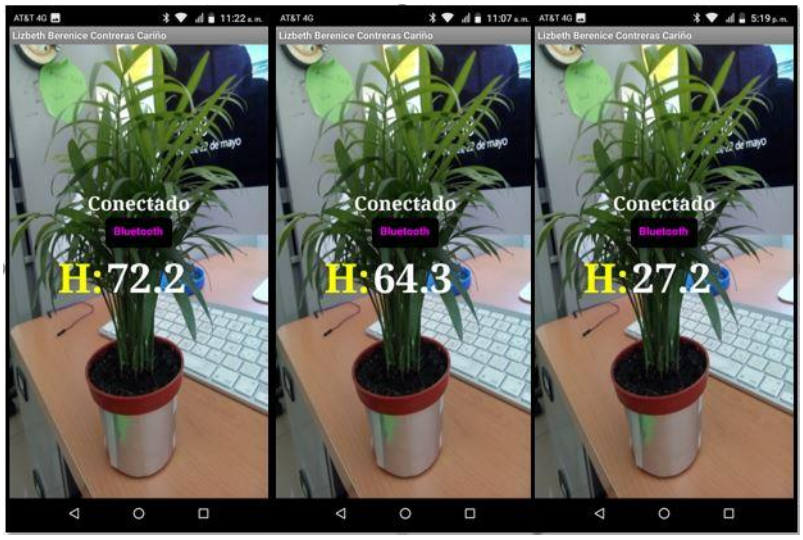


Figura 14. Pantalla de aplicación móvil desde celular del inicio y término de la prueba.

Tanto los datos de la gráfica como los datos de la aplicación son iguales y exactos.
Estos datos se monitorearon durante 3 días a la planta se le rego una cantidad de 50 mililitros de agua para el monitoreo.

Referencias

1. Anonimo. (2016). Depafquimunam. Recuperado de: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Capacitores_21660.pdf
2. Anonimo. (s.f.). Sistema de riego. Recuperado de: http://www.eljardin.ws/riego/historia-del-riego.html
3. Core. (2014). Piisa. Obtenido de: https://core.ugr.es/sc-piiisa/material/micro/sesion1/intro.pdf
4. Duque-Sánchez LM , Rodriguez-Leonardo , López-Marcos. Electrospinning: la era de las nanofibras. Rev. Iber. Polímeros, 14(1), 10-27 (2014).
5. Jeria, J. S. (s.f.). Historia del riego. Recuperado de: www.doh.gov.cl/publicacionesyestudios/Documents/Historia%20del%20Riego.pdf
6. Kouro, S. (2001). Sensores de Humedad. Universidad Técnica Federico Santa María, 25. Recuperado de: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42590997/Sensores_de_Humedad.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1526500723&Signature=5qjvG9ZrwCKbrqgpR6CL9FaIySQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAutomatizacion_Industrial.
7. E. Dave, (2011). Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), pp. 2.
8. M. Barrio, “Internet de las cosas”. Ed. Reus S.A., (2018), Madrid España, pp. 17-19, ISBN: 978-84-290-2038-0.
9. O. González, (2013). System for Controlling the Moisture of theSoil Using Humidity Sensors from a Polyvinylidenefluoride Fiber Mats. EU: American scientific publishers.
10. P. Torres, (2015). Identificación de temperatura y humedad en un prototipo deshidratador de pulpa de Annona Muricata. Colombia: Ciencia y Poder Aéreo.
11. Seminis. (2016). Los principales sistemas de riego. Seminis. Recuperado de: www.seminis.mx/blog-los-principales-sistemas-de-riego/

 ISSN 2007-8102

Bifurcación en el modelo de Hodgkin-Huxley al variar la intensidad de la corriente aplicada

G. Castillo Quiroz[1*], C. de los Santos Ramos[1], E. Gonzaga Licona[1], A. Cruz Garrido[1]
[1]División de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico #80, Colonia 5 de Octubre, C.P. 73173, Huauchinango, Puebla, México
Área de participación: Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Resumen

Los fenómenos eléctricos desempeñan un papel importante en la fisiología de las células nerviosas. Hodgkin y Huxley (HH) estudiaron el comportamiento de las corrientes iónicas de Sodio y Potasio en el axón gigante de la neurona de un calamar al ser estimulada con una corriente externa. En 1952, HH propusieron un sistema de cuatro ecuaciones diferenciales no lineales. Debido a la complejidad del sistema, los estudios que se han realizado se basan en la solución numérica. En este trabajo se presenta el desarrollo de un simulador que reproduce paso a paso los experimentos clásicos de (HH). El simulador fue desarrollado en GUIDE de Matlab que permite simular los potenciales y trenes de potenciales de acción, capaz de obtener experimentalmente el valor de un punto de bifurcación. Mostrando con los resultados obtenidos, una expresión matemática que describe el crecimiento entre número de espigas vs. amplitud de la corriente.

Palabras clave: Simulación, bifurcación, Matlab, corriente.

Abstract

Electrical phenomena play an important role in the physiology of nerve cells. Hodgkin and Huxley (HH) studied the behavior of the ionic currents of Sodium and Potassium in the giant axon of a squid's neuron when stimulated with an external current. In 1952, HH proposed a system of four nonlinear differential equations. Due to the complexity of the system, the studies that have been carried out are based on the numerical solution. This paper presents the development of a simulator that reproduces step by step the classical experiments of (HH). The simulator was developed in Matide GUIDE that allows to simulate the potentials and trains of action potentials, capable of experimentally obtaining the value of a bifurcation point. Showing with the results obtained, a mathematical expression that describes the growth between number of spikes vs. amplitude of the current.

Key words: Simulation, bifurcation, Matlab, current

Introducción

En el cuerpo humano se generan diferentes señales bioeléctricas presentes en tejidos, células, nervios, glándulas, entre otros. Que permiten el funcionamiento de órganos tales como el cerebro, el corazón, los ojos y los músculos. Estas señales reciben nombres característicos dependiendo del órgano en el que se originan. Para los órganos mencionados, las señales reciben el nombre de electroencefalografías, electrocardiográficas, electrooculográficas y electromiográficas, respectivamente.
En el área de neurociencias, los modelados matemáticos pueden ir de simples a muy complejos. Existen varios simuladores útiles para la investigación y la enseñanza como GENESIS y NEURON, entre otros [Hernández OE y Zurek EE, 2013; Ribaric S y Kordas M, 2011; Bower JM y Beeman D, 1998]. Todos los simuladores reportados están basados en modelos matemáticos. Este tipo de modelos están apoyados en los trabajos de Hodgkin y Huxley [Hodgkin A y Huxley A, 1952; Hodgkin A y Huxley A, 1952b; Hodgkin A y Huxley A, 1952c; Hodgkin A y Huxley A, 1952d] y particularmente, en el trabajo donde hacen una descripción cuantitativa de las corrientes de membrana y sus implicaciones en la conducción y excitabilidad

en el axón [Hodgkin A y Huxley A, 1952d], donde: (1) predicen la existencia de canales iónicos, que fueron hallados posteriormente, (2) describen un modelo eléctrico de la membrana, (3) derivan un modelo matemático.

La disposición de simuladores propios en nuestros cursos son estrategias de enseñanza que se están implementando paulatinamente en nuestras instituciones, debido que las condiciones económicas es complejo ofrecer equipos de laboratorios actualizados, donde el estudiante pueda interactuar directamente con el equipamiento físico. En la actualidad se ha detectado que los jóvenes necesitan reforzar sus conocimientos en el área de las ciencias exactas (Matemáticas, Física, Química) que son consideradas la base de sus ingenierías que se imparten en este centro de estudios superiores. Una alternativa a estas dificultades es el uso de Laboratorios Virtuales (LV), los cuales constituyen una simulación de los laboratorios tradicionales reducida a la pantalla de la computadora.

Los simuladores existentes permiten reproducir el potencial de acción y las corrientes iónicas en general, no se detienen en enfocarse a la enseñanza de los métodos de cuantificación propiamente dicho. A diferencia de estos simuladores, en este trabajo se describe un programa diseñado específicamente para reproducir paso a paso los experimentos cuantitativos realizados por Hodgkin y Huxley [Hodgkin A y Huxley A, 1952d] en 1952.

El presente trabajo se proyecta hacia el desarrollo de un Laboratorio Virtual basado en reproducir paso a paso los experimentos sugeridos a partir de los resultados obtenidos del artículo de Troy [Troy C.W., 1978] que considera la versión Current Clamp de la ecuación de Hodgkin y Huxley para la conducción nerviosa. En este trabajo de Troy se demuestra que si se considera el modelo clásico de Hodgkin y Huxley bajo la acción de una corriente aplicada de magnitud constante I, entonces existen valores I_- e I_+ tales que si se consideran condiciones iniciales de reposo, se observa que para $I < I_-$, no se observan disparos de potencial de acción, si $I_- < I < I_+$ se observan un número finito de disparos y el valor I_+ es un valor de bifurcación, en el sentido de que cuando I es próximo a I_+ y $I_+ < I$ entonces se tiene un ciclo límite como solución del sistema de H-H, que corresponde a un tren de disparos de potenciales de acción. Este ciclo límite se obtiene como resultado de una bifurcación de Hopf.

Metodología

Modelo clásico de Hodgkin - Huxley

La ecuación para todas las corrientes que fluyen a través de la membrana axonal en el modelo de Hodgkin-Huxley con notación estándar es

$$c_m \frac{dv}{dt} = I_{aplicada} - G_{Na} m^3 h(V - V_{Na}) + G_{Na} n^4 (V - V_K) + G_L (V - V_L)$$

Donde

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(v)(1 - n) - \beta_n(v) n$$
$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(v)(1 - m) - \beta_m(v) m$$
$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h(v)(1 - h) - \beta_h(v) h$$

$I_{aplicada}$ la corriente aplicada vía un electrodo intracelular. Las cuatro ecuaciones constituyen el modelo clásico de Hodgkin-Huxley (H-H). Por este trabajo, H-H obtuvieron el premio Nobel de Fisiología en 1963 y abrieron un gran horizonte de investigación en el que todavía se trabaja intensamente [A. Baltia y cols, 2015]. El modelo de Hodgkin-Huxley y los valores de los parámetros del modelo fueron empíricamente determinados de datos obtenidos de experimentos de fijación de corriente (Voltage Clamp). Dicho modelo produjo potenciales de acción realísticos a la inyección de corriente.

Uno de los aspectos más notables de la membrana axonal, es su respuesta de dos maneras a breves pulsos de corriente. Si la amplitud del pulso está abajo de un umbral dado, la membrana se despolarizar

 ISSN 2007-8102

ligeramente pero regresar al potencial en reposo de la membrana, en cambio, para una mayor amplitud de corriente, se inducirá un potencial de acción. Ahora, ¿qué sucede si se aumenta la amplitud de la corriente inyectada y se mantiene constante por algún tiempo? Si la corriente es de suficiente amplitud, la membrana generará un simple potencial. La mínima cantidad de corriente sostenida necesaria para generar un potencial de acción es llamado rheobase.

Descripción del simulador

Para la realización del simulador, se utilizó el programa GUIDE de Matlab con su componente Simulink por ser una fuerte herramienta en el campo de la simulación.
Al ejecutar el programa se presenta la interfaz de inicio que muestra el menú principal que consta de un módulo (ventana). Esta ventana es para capturar los parámetros del modelo de HH (Figura 1). Las cuatro ecuaciones del modelo clásico de Hodgkin-Huxley (H-H) se programaron en Simulink (Figura 2).

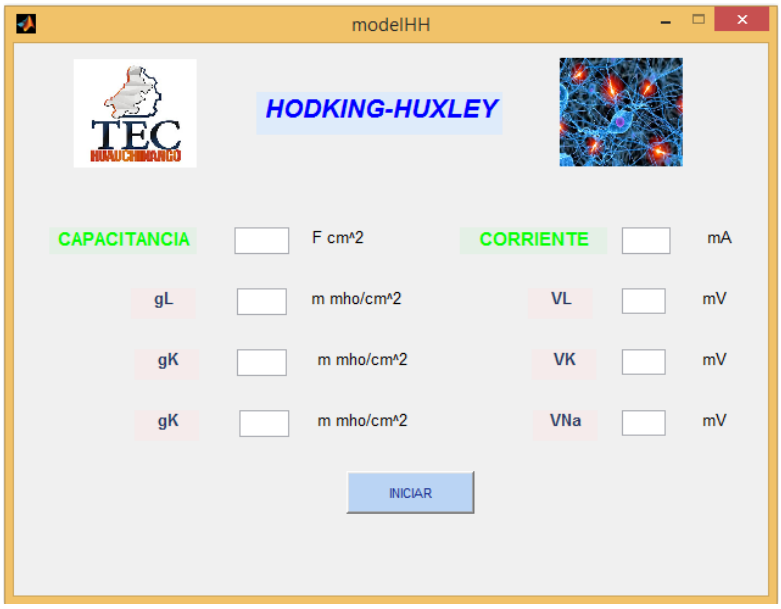


Figura 1. Pantalla de inicio del simulador.

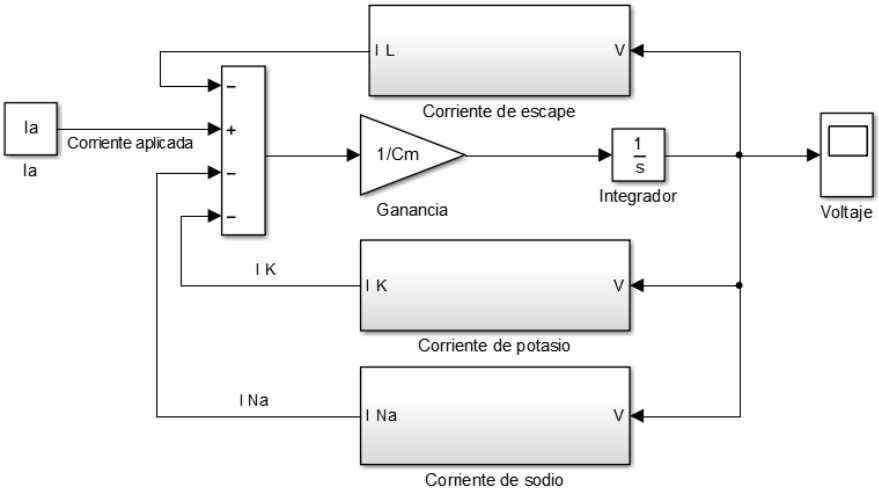


Figura 2. Modelo de Hodgkin-Huxley implementado en Simulink

 ISSN 2007-8102

Análisis de datos sobre el número de potenciales de acción con respecto a la intensidad de la corriente aplicada

Usando el programa GUIDE de Matlab tomaremos a la corriente aplicada $I_{aplicada}$ como un parámetro y al variar dicho corriente se generarán un número finito de espigas, hasta producir un número infinito. Operando el simulador, se obtienen los datos experimentales que se muestran en la Tabla 1. En esta Tabla se muestra que al variar la intensidad de la corriente (I_n) para obtener sucesivamente de 1 hasta 10 potenciales de acción. No se obtuvieron más datos experimentales debido que el programa no permitió ver que corriente es necesaria para obtener más de 10 espigas debido que el experimento exigía más de 9 cifras significativas. Denotemos como J(n) y Q(n) a las expresiones matemáticas, $J(n)=I_{n+1}-I_n$ y $Q(n)=J(n+1)/J(n)$ que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos numéricos de los datos de las espigas, corriente aplicada, J_n y Q_n.

Cantidad de espigas	Valor de la Corriente I_n	J(n)	Q(n)
1	0.0000000	60790.9 x 10^-4	0.00388380
2	6.0790900	236.1 x 10^-4	0.34815332
3	6.1027000	82.199 x 10^-4	0.19587830
4	6.1109199	16.101 x 10^-4	0.90677598
5	6.1125300	14.6 x 10^-4	1.18493151
6	6.1139900	17.3 x 10^-4	0.51456647
7	6.1157200	8.902 x 10^-4	0.54010335
8	6.1166102	4.808 x 10^-4	0.85066556
9	6.1170910	4.09 x 10^-4	
10	6.1175000		

En este experimento se observó que la mínima intensidad de corriente necesaria para producir una espiga o potencial de acción es de 0 µA. Para generar dos espigas, se necesita un mínimo de 6.0790900 µA, para producir tres espigas, se necesita al menos 6.1027000 µA, etc. En las Figuras 3, 4 y 5 se muestran las gráficas de uno, dos y tren de potenciales de acción respectivamente.

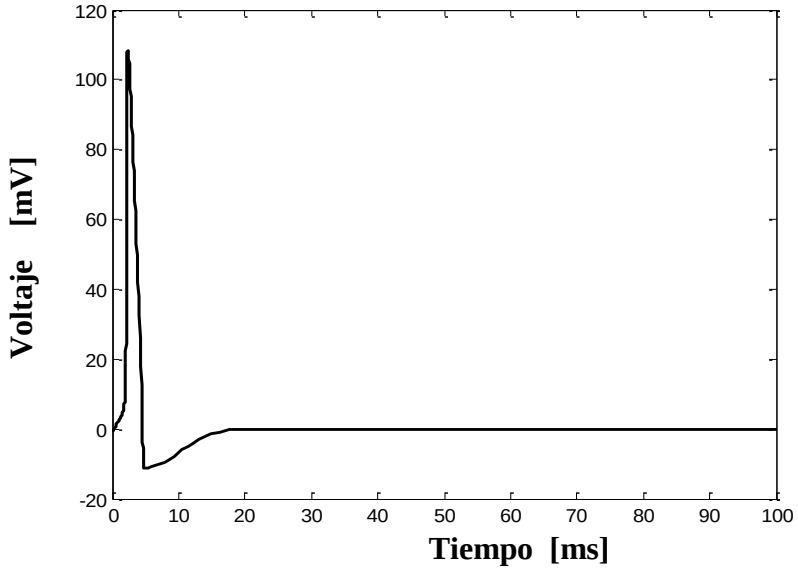


Figura 3. Un potencial de acción generado con un pulso de corriente con una duración de 100 ms y una amplitud de 0 µA.

 ISSN 2007-8102

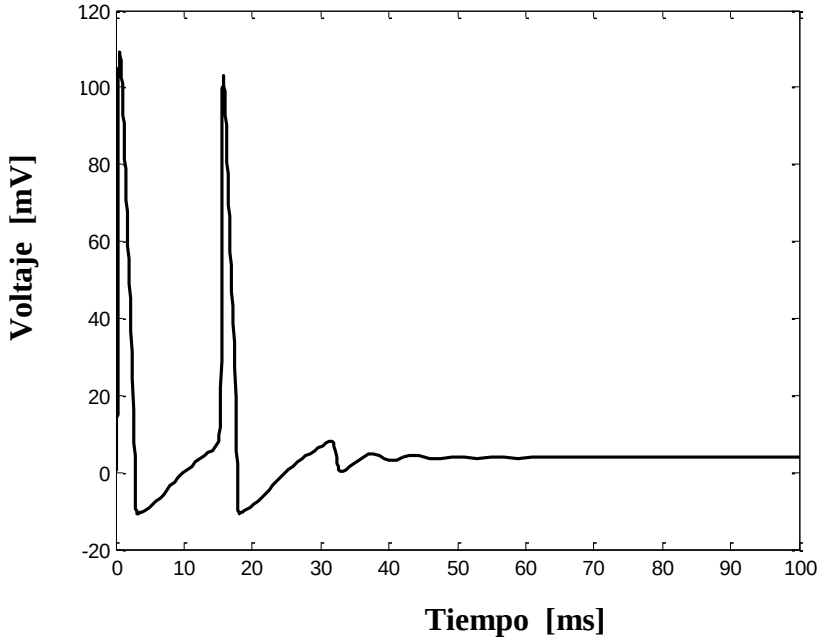


Figura 4. Dos potenciales de acción generados con un pulso de corriente con una duración de 100 ms y una amplitud de 6.0790900 μA.

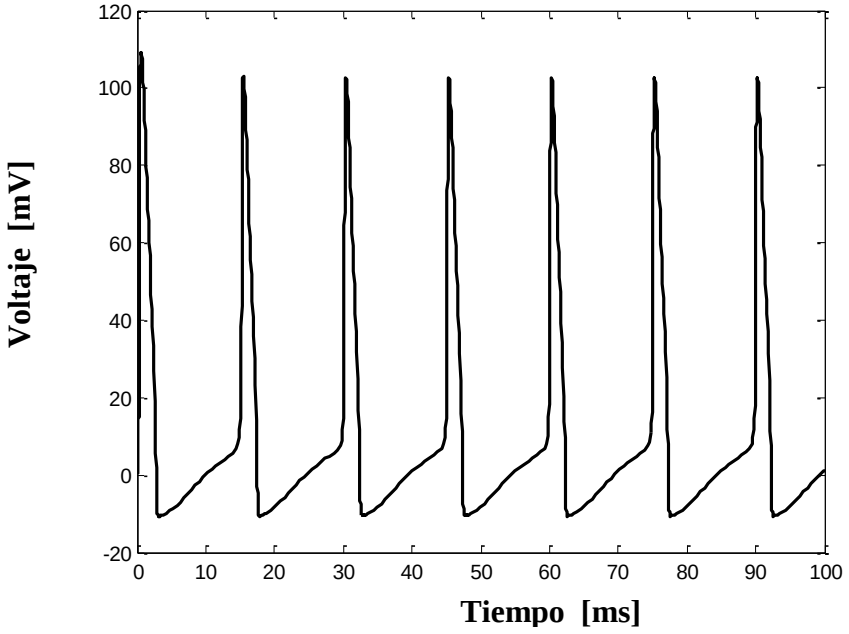


Figura 5. Simulación de trenes de potenciales de acción generados con un pulso de corriente con una duración de 100 ms y una amplitud de 6.1186459797 μA.

Análisis numérico

Para este análisis se plantean tres criterios:

1. Que cualquiera que sea el valor entero de n ≥ 1, se puede encontrar un intervalo de corriente $[I_n, I_{n+1}) \subset [I_-, I_+)$, tal que para $I_n < I < I_{n+1}$ correspondiente al modelo H-H para el cual se producen exactamente n espigas de potenciales.
2. Se determina de manera aproximada los intervalos $[I_n, I_{n+1})$ para cualquier n.
3. A partir de las expresiones aproximadas se determina el valor del punto de bifurcación I+, ya que en la sección siguiente, se denota $J(n) = \text{longitud}\,[I_n, I_{n+1})$, es decir, $J(n) = I_{n+1} - I_n$, entonces

$$I_+ = \sum_{n=1}^{\infty} J(n) + I_1$$

Utilizando el programa GUIDE de Matlab observamos numéricamente que cuando la corriente alcanza el valor de I_+, se genera tren un infinito de espigas, además, $I_- = I_1$, entonces en el intervalo $[I_-, I_+)$ se observarán un número finito de potenciales de acción. En este trabajo, se estimará el valor de I_+.

Para analizar qué tan rápidamente crece la gráfica de disparos mostrados en la Tabla 1, tomemos dos valores consecutivos de la corriente I_n, I_{n+1} y $J(n)= I_{n+1} - I_n$ con $n=1,\ldots,10$, como la longitud del intervalo $[I_n, I_{n+1})$. Los datos obtenidos que se muestran en la tercera columna de la Tabla 1 obedece a la forma $J(n)=c\,q^n$, con c y q como constantes que mejor ajustan a la expresión. Es decir, que la razón de decrecimiento de estos datos es de tipo geométrico.

A continuación se toman dos longitudes consecutivos $J(n)$ y $J(n+1)$ y definamos a Q(n)=J(n+1)/J(n) con n=1,…,10. Al aproximar mediante una curva estos datos, se observa que crece en un primer instante y después de cierto valor de n la curva se mantiene constante ver Figura 6. Para esta aproximación de Q(n) se utilizó el programa Matlab para ajustar los datos. La curva que ajustó los datos experimentales tiene como ecuación a $y=0.799702-0.657499^x$.

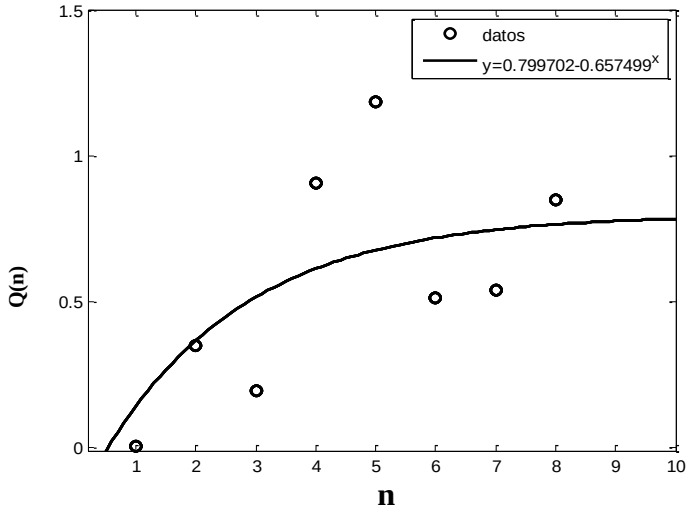


Figura 6. Datos definidos por Q(n)=J(n+1)/J(n)

La gráfica de los datos Q(n) tiene como asíntota horizontal a q=0.799702, lo cual quiere decir, Q(n) es casi igual a q para todo n>10. Resta determinar el valor de la constante c. De las conclusiones anteriores se tiene que Q(n) es casi igual a q y como Q(n)=J(n+1)/J(n), entonces q=J(10)/J(9), lo cual implica J(10)=q J(9). Analógicamente, q=J(11)/J(10), es decir, J(11)=q J(12) entonces $J(11)=q^2\,J(9)$. Así sucesivamente se tiene que para todo n≥10; $J(n)=J(9)\,q^{n-9}$. Es decir, c=J(9). Así la expresión $J(n)=c\,q^n$, queda definida como $J(n)=J(9)\,q^{n-9} = J(9)\,(0.799702)^{n-9}$.

Resultados y discusión

Estimación del punto de bifurcación I_+

El siguiente paso es estimar el valor del punto de bifurcación I_+. El punto de bifurcación se obtiene de la expresión:

$$I_+ = \sum_{n=1}^{\infty} J(n) + I_1$$

Esta sumatoria se descompone en dos sumatorias,

$$\sum_{n=1}^{\infty} J(n) = \sum_{n=1}^{9} J(n) + \sum_{n=10}^{\infty} J(n)$$

Primero determinemos el valor de la segunda sumatoria. En la sección anterior se obtuvo que $J(n)= J(9)(0.799702)^{n-9}$ que para $n \geq 10$, entonces

$$\sum_{n=10}^{\infty} J(n) = J(9) \sum_{n=10}^{\infty} q^{n-9}.$$

Si hacemos el cambio de índices s=n-9, con s = 1, 2,. . . se tiene que

$$\sum_{n=10}^{\infty} J(n) = J(9) \sum_{n=1}^{\infty} q^s$$

$$= J(9) \left(\sum_{n=1}^{\infty} q^s - q^0\right)$$

Como |q|<1, la serie $\sum_{n=0}^{\infty} q^s$ converge a 1/(1-q), es decir

$$\sum_{n=0}^{\infty} q^s = \frac{1}{1-q}$$

Aplicando el concepto de la serie geométrica se tiene

$$\sum_{n=10}^{\infty} J(n) = J(9) \left(\frac{1}{1-q} - 1\right)$$

$$= J(9)\left(\frac{q}{1-q}\right)$$

Ahora, resta obtener la primera sumatoria

$$\sum_{n=1}^{9} J(9) = J_1 + J_2 + \cdots + J_9$$

Pero como definimos $J(n)=I_{n+1}-I_n$, entonces reduciendo términos se obtiene

$$\sum_{n=1}^{9} J_n = I_{10} - I_1$$

Resumiendo términos y reduciendo términos se ha obtenido

$$I_+ = I_{10} + J(9) \left(\frac{q}{1-q}\right)$$

Dado que q=0.799702, entonces una estimación del punto de bifurcación es I+=6.11913296 μA.

De acuerdo al análisis desarrollado se observa que la presencia de un potencial umbral para la excitación y la transición del régimen excitable al oscilatorio que muestra el modelo HH al aplicar una corriente constante I coinciden con las observaciones experimentales:

a) Cuando el voltaje de reposo de la membrana celular es perturbado, pero sin que vaya más allá de un voltaje umbral; después de un breve lapso se relaja a su valor original;
b) Cuando la perturbación del voltaje a través de la membrana rebasa el valor de umbral, se produce un potencial de acción y después de un lapso del orden de milisegundos el voltaje de la membrana retorna a su valor de reposo;
c) Cuando, en lugar de una perturbación instantánea del voltaje a través de la membrana se aplica una corriente constante para sostener la perturbación, se observa que la membrana responde

produciendo una serie periódica de potenciales de acción, que se producen con una frecuencia que crece con la intensidad de la corriente aplicada.

Trabajo a futuro

En el trabajo de Troy, demuestra que existe otro valor de bifurcación, es un interrogante que falta por estudiar que resultaría interesante para próximos estudios, además queda por analizar la respuesta del modelo de HH a forzamientos periódicos, variables y aleatorios, debido que es de gran importancia en este contexto conocer su dinámica, aplicando el simulador desarrollado en este trabajo.

Conclusiones

En el presente trabajo se analizó cualitativamente y numéricamente el modelo de Hodgkin y Huxley con un forzamiento constante. Se determinó el valor de I (corriente aplicada) para el cual se exhibe uno, dos, tres hasta diez potenciales de acción, y trenes periódicos de potenciales de acción. Además se desarrolló un simulador en GUIDE de Matlab basado en el modelo clásico de HH.

Se obtuvo experimentalmente el valor de un punto de bifurcación I_+ para este sistema con los parámetros estándares para este modelo, así como una expresión matemática que describe el crecimiento del número de espigas haciendo variar la amplitud de la corriente.

En cuanto al software desarrollado, no se limita a simular potenciales de acción para el modelo clásico de Hodgkin y Huxley, se puede obtener mucha información sobre la dinámica del modelo.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

1. A. Baltia, V. Lanzaa,_, M. A. Aziz-Alaouia (2015). Computational of periodic oscillations and related bifurcations in the Hodgkin-Huxley model, arXiv:1511.02156v1 [math.DS].
2. Carnevale NT, Hines ML. The neuron book. New York, NY: Cambridge University Press, 2006.
3. Bower JM, Beeman D. (1998). The book of GENESIS. 2nd Ed, TELOS Springer-Verlag (New York).
4. Hernández OE, Zurek EE. (2013) “Teaching and learning the Hodgkin-Huxley model based on software developed in NEURON’s programming language hoc,” BMC Med. Educ, vol. 13, no. 70 pp. 1-9. DOI: 10.1186/1472-6920-13-70.
5. Hodgkin A, Huxley A. (1952a). “Currents carried by sodium and potassium ions,” J. Physiol, vol. 116, pp. 449-472. DOI: 10.1113/jphysiol.1952.sp004717
6. Hodgkin A, Huxley A. (1952b). “The components of membrane conductance in the giant axon of Loligo,” J. Physiol, vol. 116, pp. 473-496. DOI: 10.1113/jphysiol.1952.sp004718
7. Hodgkin A, Huxley A. (1952c). “The dual effect of membrane potential on sodium conductance in the giant axon of Loligo,” J. Physiol, vol. 116, pp. 497-506. DOI: 10.1113/jphysiol.1952.sp004719
8. Hodgkin A, Huxley A. (1952d). “Quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve,” J. Physiol, vol. 117, pp. 500-544. DOI:10.1113/jphysiol.1952.sp004764
9. Ribaric S, Kordas M. (2011). “Teaching cardiovascular physiology with equivalent electronic circuits in a practically oriented teaching module,” Adv. Physiol. Educ, vol. 35, pp. 149-160. DOI: 10.1152/advan.00072.2010.
10. Troy C.W., (1978), The bifurcation of periodic solutions in de Hodgkin Huxley equations, Quarterly of applied mathematics.

Uso del módulo ESP8266 en aplicaciones IoT utilizando los servicios de PubNub

D. Bertani Hernández[1], E. Cortés Cruz[1], C. E. Miranda Medina[1], G. Ramos Guerreo[1], A. León Reyes[1].
[1]Departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 Núm. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba Veracruz, México
**david.bertani@gmail.com, yueliang.lee@gmail.com, cemirandam@orizaba.tecmn.mx, giramosg@orizaba.tecmn.mx, aleonr@orizaba.tecmn.mx.*
Área de participación: *Ingeniería Electrónica*

Resumen

El internet de las cosas (IoT) es una tendencia que permite a cualquier dispositivo con conexión a internet enviar o recibir información a la nube. Tanto el módulo ESP8266 como PubNub son herramientas para lograrlo. El módulo ESP8266 contiene un microcontrolador que nos permite realizar proyectos similares a los que realizamos con Arduino, la ventaja que nos ofrece es la capacidad de conectarnos a Wi-Fi de manera sencilla. PubNub es un servicio que ofrece toda la infraestructura para comunicarse con varios dispositivos a la vez y en tiempo real, por medio de canales de comunicación mediante el modelo de suscripción y publicación de mensajes. El presente proyecto demuestra el uso de ambas tecnologías para enviar y recibir información en tiempo real como base en el desarrollo de aplicaciones IoT. Los resultados son exitosos y permite monitorear el estado de los sensores en el ESP8266 y mandar instrucciones desde PubNub.

Palabras clave**: **ESP8266, PubNub, IoT

Abstract

Internet of Things (IoT) is a trend which allows any device connected to internet to send and to receive information to the cloud. The ESP8266 module and the PubNub service are useful tools to achieve this. The ESP8266 module hosts a microcontroller which allow us to build similar projects like we were using an arduino device the main advantage of this module is the capability to make a basic Wi-Fi connection easily. Pubnub is a service that offers all required infrastucture to communicate with many devices at same time and on real time through communication channels using a publishing and subscription model. The current project shows the usage of both technologies to send and recieve information on realtime as a main functionality of the IoT applications. The results are successful and allows to us keep monitoring the status of the sensors inside the ESP8266 and send instructions from PubNub

Keywords: ESP8266, PubNub, IoT

Introducción

En el mundo actual el Internet de las cosas *(IoT por sus siglas en inglés: Internet of Things)* es algo más común y de gran utilidad para facilitar nuestra vida, una de las herramientas que hace posible este tipo de tecnología es el módulo ESP8266 (en adelante ESP); este es un microcontrolador que nos permite realizar proyectos similares a los que realizamos con Arduino, la ventaja que nos ofrece es la capacidad de conectarnos a Wi-Fi y transmitir datos a la nube de manera sencilla, logrando así que sea posible acceder a los datos recopilados sin importar la hora ni el lugar en el que nos encontremos, por ejemplo; en una aplicación médica es muy útil para que los médicos puedan acceder al monitoreo en tiempo real de los parámetros de cuidado de la salud de sus pacientes [Bhoomika, Muralidhara 2015]. En las características de este módulo encontramos que puede ser utilizado como estación, punto de acceso *(AP por sus siglas en inglés: Access Point)* o ambas; estas características son las que permiten que la conexión mediante Wi-Fi sea posible, es decir, puede conectarse a internet mediante una red existente (estación); puede crear una red para que podamos conectarnos (AP) o puede realizar ambas tareas al mismo tiempo (*conocido como Soft Access Point*). Las aplicaciones de este módulo son inmensas, uno de los muchos ejemplos es la recolección de datos y el envío de estos a Internet de un sistema de riego realizado con sensores de humedad del suelo y de temperatura [Kranthi y Srenivasa 2016]. Es importante señalar que los sensores a utilizar para la recopilación de datos dependen del tipo de proyecto que tengamos en mente, si colocamos sensores de temperatura, de humedad, de CO_2 y fotorresistencias, lo podemos utilizar para el monitoreo del clima [Kondamudi y Gupta 2016]; sus aplicaciones también sirven para facilitar nuestra vida, al

conectar sensores y actuadores e implementar protocolos como el de transporte de mensajes Cliente/Servidor *(MQTT por sus siglas en inglés: Message Queue Telemetry Transport)* mediante el cual, se puede obtener un control y monitoreo remoto de todos los dispositivos del hogar que conectemos a este sistema [Kodali, Soratkal 2016].

Aunque el módulo ESP es bastante conocido y utilizado, no es el único en su clase ni pionero en este tipo de tecnología de conexión inalámbrica. Antes de que Espressif Systems *-fabricante del ESP-* desarrollara este módulo, la empresa *Digi* desarrolló el XBee wifi; estos módulos al igual que el ESP permiten la conexión inalámbrica a internet, sin embargo, el Xbee, no es una tarjeta de desarrollo como tal, por lo que su uso se limita a las características y funcionalidades que ofrece su configuración de fábrica.

El módulo ESP ofrece la posibilidad de programar diversas características utilizadas para la conexión a internet, entre ellas, implementar un cliente web que permite conectarse *-bajo el protocolo HTTP o HTTPS (por sus siglas en inglés: Hyper Text-Transfer Protocol / Secure)* con otras tecnologías como es *PubNub*, quien ha permitido al día de hoy, ser un medio de conexión entre múltiples equipos de cualquier índole permitiendo el intercambio de información en tiempo real como lo demanda el IoT.

El presente trabajo describe el uso del módulo ESP como cliente web, conectado a los servicios de PubNub en una aplicación genérica para el envío y recepción de valores de sensores digitales conectados a una tarjeta de pruebas.

Descripción de la tecnología

El módulo ESP8266

El ESP es un módulo creado por la empresa *Espressif Systems*, completamente programable tal y como lo es Arduino. Su característica principal es que permite al desarrollador implementar una conexión inalámbrica Wi-Fi en sus proyectos para manipular datos sin importar la hora ni el lugar en el que se encuentre. Existen diferentes modelos, cada uno con especificaciones diferentes para que el usuario utilice el que más le convenga de acuerdo al proyecto planeado; lo único que se necesita para poder emplear el módulo es conocimiento básico en programación de TI´s (Tecnologías de la Información).

Funciones básicas

El módulo ESP8266 tiene la característica de funcionar como una estación, un punto de acceso o ambas. En la figura 1 se muestra el ESP conectado como modo *Estación*, en este podemos conectarnos a una red existente mediante la instrucción ***WiFi.begin(ssid, pass)***. Si se requiere escanear las redes existentes al alcance del módulo; utilizamos la instrucción ***Wifi.scan();*** esto nos permite obtener una lista de las redes disponibles con información como el nombre de la red, el tipo de encriptación que utiliza y la intensidad de la señal para así seleccionar a cual conectarse para tener acceso a Internet. Es importante destacar que el módulo ofrece la característica de asignar una IP fija o dinámica (DHCP) en la conexión con un modem o router, así como existen eventos que nos permiten monitorear si se desconectó de la red actual, saber cuándo nos asigna una IP o si se pierde la conexión. Adicional, se puede conectar automáticamente al último AP que utilizó cuando inicia o pierde una conexión; esto se debe a que el módulo guarda las credenciales utilizadas en su memoria flash.

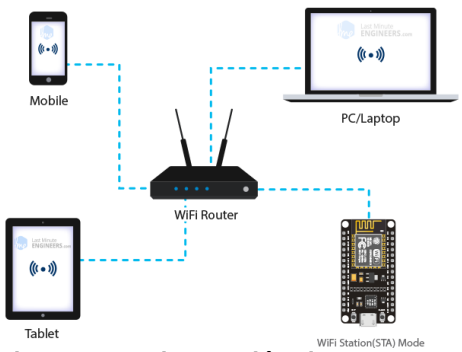


Figura 1. Utilización del ESP en modo Estación. *(Fuente: LastMinuteEngineers.com)*

 ISSN 2007-8102

En el modo *AP* ilustrado en la figura 2, el módulo genera una red inalámbrica y funciona como un puente entre las estaciones que requieran conectarse a ella, para esto utilizamos la instrucción **WiFi.softAP(ssidAp, passAp)**. También existen eventos que nos permiten saber cuándo una estación se conecta o desconecta a la red creada. Es importante señalar que, en este modo, no se tiene conexión a internet debido a que el módulo sólo ofrece la red inalámbrica.

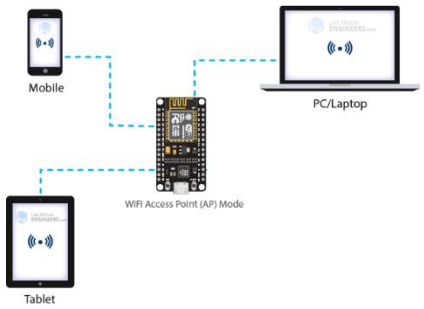


Figura 2. Utilización del ESP en modo AP. *(Fuente: LastMinuteEngineers.com)*

En el modo *Soft Access Point* que se ilustra en la figura 3, el módulo permite ser Estación y AP al mismo tiempo, es decir, se conecta a una red existente para permitir la conexión a Internet a otros y ofrece una red de conexión para otras estaciones. Es importante señalar que en la red creada (modo AP) no se tiene acceso a internet; esto solo es posible si se programa el puente de información entre ambos modos. El número máximo de estaciones que pueden estar conectadas al Soft Access Point es 8 [Arduino 2017].

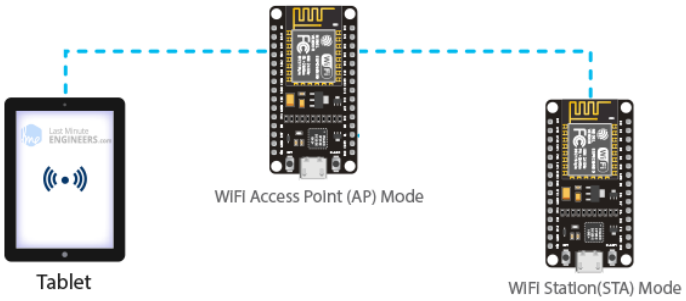


Figura 3. Utilización del ESP en modo Soft Access Point. *(Fuente: LastMinuteEngineers.com)*

La obtención de la IP en el módulo se muestra como respuesta a una conexión exitosa a una red existente durante el modo estación, la podemos mostrar en pantalla incluyendo la línea **Serial**.println(**WiFi**.localIP() a nuestro código. La dirección MAC es una dirección única que poseen los dispositivos de red y consta de 48 bits, sirve como una identificación particular de cada dispositivo y es posible obtener la dirección MAC de nuestro módulo en caso de ser necesario; para eso es necesario añadir la línea **WiFi**.macAddress(macAddr).

El ESP no solo permite implementar páginas web, sino también soporta el uso de certificados de capa de socket seguros *(SSL por sus siglas en inglés: Secure Socket Layer)*, esta tecnología se encarga de certificar que la conexión que se ha establecido mediante la página web e Internet sea segura y los datos enviados entre servidor y cliente se encuentren protegidos. Esto se lleva a cabo encriptando los datos mediante algoritmos de cifrado que los codifican para evitar que hackers accedan a ellos, evitar este tipo de vulnerabilidades es importante al momento de implementar páginas web para evitar el robo de información personal tal como números de tarjeta de crédito, otros datos bancarios, nombres, direcciones, etc [Symantec 2019].

Servidor y Cliente Web

Utilizar el ESP como Servidor Web nos permitirá atender a peticiones de clientes como los navegadores para para desplegar una página Web y obtener información (figura 4). Para esto se debe conocer la IP del ESP y colocarla en la barra de dirección URL (por las siglas URL, del inglés Uniform Resource Locator) del navegador. Esta funcionalidad se logra utilizando la librería *ESP8266WebServer.*

 ISSN 2007-8102



Figura 4. Despliegue de una página web desde el ESP como Servidor Web.

En la funcionalidad de Cliente Web, el ESP se conecta a un Servidor Web, solicitando datos mediante peticiones HTTP, para esto es necesario utilizar la librería *WiFiClient* y designar un puerto específico del host. Cuando la conexión al servidor se ha realizado con éxito, podemos solicitar una búsqueda de datos mediante una petición GET. En la figura 5 se ilustra el caso de una búsqueda de casas al servidor de Google.

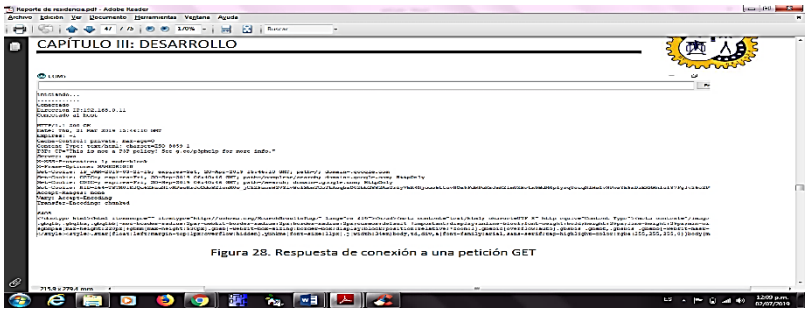


Figura 5. Petición GET desde el ESP como Cliente Web.

Tecnologías para transferencia de datos

La conexión entre ordenadores que pertenecen a una red, se da mediante el *Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet*, mejor conocidos como TCP/IP *(por sus siglas en inglés Transfer Control Protocol/Internet Protocol).* Estos protocolos se encargan de asignar direcciones automáticamente, es decir, proveen de una dirección IP a cada equipo que se encuentre conectado a la red, para así poder enrutar paquetes de datos.

Lo que hace posible que el ESP ejecute todas estas acciones es el protocolo HTTP bajo TCP/IP. Este es el que permite que se realice la comunicación entre Cliente y Servidor Web mediante un conjunto de líneas, conformado por una línea de solicitud, campos de encabezado de solicitud y cuerpo de la solicitud. De igual manera las peticiones GET y POST son necesarias en este intercambio, ya que la petición GET es la que recupera cualquier información (datos) identificada por el Request-URI, es decir, solicita el recurso ubicado en la URL especificada. La petición POST se utiliza cuando se quiere reenviar información al servidor. Existen otro tipo de peticiones adicionales como PUT, DELETE, entre otras. Cualquiera de ellas puede ser implementada. [Symantec 2019]

Servicio PubNub

PubNub es una compañía que ofrece un servicio de conexión, entrega y control de datos en tiempo real para aplicaciones web, móviles e Internet de las cosas con una latencia de 250 milisegundos o menos en todo el mundo.

PubNub se puede utilizar para enviar de manera rápida mensajes pequeños a uno o más dispositivos (teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras, microcontroladores, etc.), básicamente a cualquier dispositivo que pueda generar una conexión TCP/IP a Internet. Estos mensajes pueden ser utilizados para la comunicación humana (mensajería instantánea), control máquina a máquina, geolocalización, IoT, domótica, videojuegos en modo multijugador, etc, bajo el modelo de suscripción y publicación de mensajes. [PubNub 2019]

Desarrollo

Funciones básicas Wifi

 ISSN 2007-8102

Como primera etapa se desarrolló un código general que define al módulo como *estación* y permite escanear redes cercanas, conectarse a alguna red, obtener su IP asignada y su MAC como se ejemplifica en la figura 6.

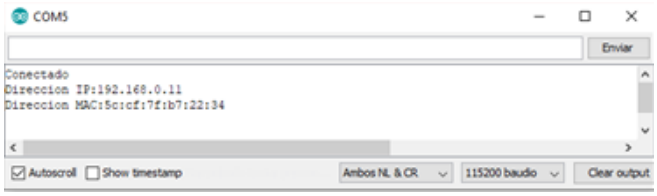


Figura 6. Obtención de la dirección IP y MAC del ESP.

Cliente Web

Como segunda etapa se programó el cliente web utilizando la librería *WiFiClient*. Un cliente web, manda peticiones a servidores ya sea en la URL o en el *body* (traducción de la palabra *cuerpo* en inglés y hace referencia al parámetro que determina el envío o respuesta de datos de una petición HTTP) de la petición. Para el desarrollo del proyecto se utilizaron peticiones GET (figura 7). En una petición GET los parámetros van como argumentos en la URL y los datos solicitados se obtienen en el *body* de la repuesta.

```
GET / HTTP/1.1
Host: www.google.com
```

Figura 7. Ejemplo de una petición GET.

Básicamente, construimos una URL con los parámetros a enviar, se agrega en base al protocolo HTTP para crear la petición GET y se espera la respuesta como en la figura 8.



Figura 8. Respuesta de conexión a una petición GET.

PubNub

Como tercera etapa fue establecer la conexión con los servicios de PubNub. Para ello, se creó una cuenta y se definió un proyecto. Una vez hecho esto, se nos asignan dos llaves de seguridad *-pub-key y sub-key-* que sirven para identificar el usuario que está usando los servicios (figura 9)

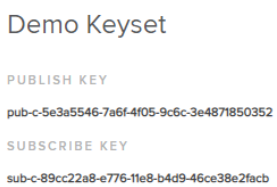


Figura 9. Llave pubkey y subkey asignada en un proyecto PubNub.

Para la conexión con PubNub se utilizó el servicio de API Rest y se programaron peticiones GET. Esto permitirá el traspaso de información entre el módulo ESP y el servicio de PubNub.

PubNub establece que para mandar y recibir información en tiempo real, se deben crear canales de comunicación sobre los cuales se debe operar (figura 10). Estos canales son los espacios o chats donde un dispositivo de

cualquier índole se conecta y todos aquellos que estén en el canal recibirán lo que cualquiera emita. Esto es lo que permite conexiones multipunto – multipunto en tiempo real.

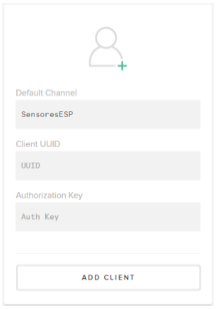


Figura 10. Creación de un canal en PubNub.

La API Rest define la manera de enviar los datos a través de PubNub utilizando la petición GET (figura 11) ya que mantiene un protocolo estándar para la correcta conexión. Este formato se programa en el cliente web del modulo ESP para enviar los datos de los sensores. Una de las especificaciones de PubNub es que los argumentos deben ir en un formato específico.

```
GET /publish/pub-c-5e3a5546-7a6f-4f05-9c6c-3e4871850352/sub-c-89cc22a8-e776-11e8-b4d9-46ce38e2facb/0/SensoresESP/0/%22prueba%22 HTTP/1.1
Host: pubsub.pubnub.com
```

Figura 11. Petición GET para publicar un mensaje en PubNub.

Adicional PubNub nos ofrece una consola de pruebas (figura 12) donde podemos ver lo que se envía a un canal determinado, así como también enviar datos.

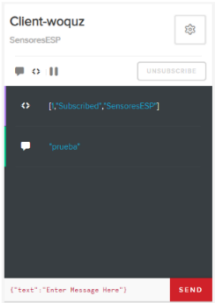


Figura 12. Consola para visualizar los mensajes recibidos en el canal de PubNub.

Conexión entre el módulo ESP y PubNub: Suscripción y publicación.

Para establecer la comunicación con PubNub, debemos *suscribirnos* a un canal para poder escuchar los datos que se envíen y procesarlos en el módulo ESP. Sin esta acción, solo podemos enviar datos, pero no recibir nada de lo que suceda en el canal. (Figura 13)

```
GET /subscribe/sub-c-89cc22a8-e776-11e8-b4d9-46ce38e2facb/SensoresESP/0/0 HTTP/1.1
Host: pubsub.pubnub.com
```

Figura 13. Petición GET para suscribirse a un canal en PubNub.

Al suscribirnos, nos regresa PubNub un *timeToken* que es un tiempo y determina a partir de que momento estaremos escuchando peticiones y evitar que nos llegue el historial de todo lo que ha acontecido en el canal. Este timeToken (figura 14) se debe usar en las siguientes peticiones de suscripción.

```
[[],"15650214135024078"]
```

Figura 14. Respuesta con el valor del timeToken al suscribirse a un canal en PubNub.

Una vez suscritos cualquier dato que sea publicado en el canal, será escuchado por el módulo ESP y procesado.

 ISSN 2007-8102

Enviar datos a un canal se le conoce como *publicar* y solo requerimos saber el nombre del canal. Para esto no es requerido estar suscrito, con solo enviar la petición GET, se publica y se recibe el timeToken que puede ser utilizado en la suscripción para escuchar los nuevos datos posteriores a la publicación (figura 15).

```
[1,"Sent","15650214134980575"]
```

Figura 15. Respuesta con el valor del timeToken al realizar una publicación a un canal en PubNub.

Tarjeta electrónica con sensores digitales y analógicos.

Como etapa final, procedemos a conectar la tarjeta electrónica y desarrollar el algoritmo que permitirá enviar valores de los sensores conectados a la tarjeta electrónica y mostrarlos en la consola de PubNub. Así como también enviar instrucciones a la tarjeta para activar alguna señal digital. Se diseñó una tarjeta electrónica con sensores analógicos y digitales para envío y recepción de datos con PubNub.

La tarjeta contiene cuatro leds, dos cambiadores (switches), dos botones de presión (push button), una fotoresistencia, un potenciómetro y un sensor de temperatura. (figura 16)

Procedemos a hacer la conexión con el módulo ESP para poder leer el valor de los sensores y los botones, así como el poder encender cualquier led.

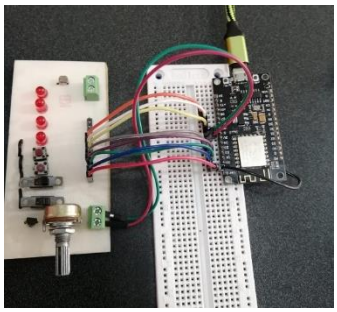


Figura 16. Tarjeta electrónica con sensores digitales y analógicos.

Como siguiente paso se desarrolla el código que permitirá enviar el estado de un botón o sensor a PubNub y estar pendiente de la recepción de cualquier dato que llegue por el canal. Para poder encender cualquier led desde PubNub se definió la instrucción que permitirá ejecutarlo.

Envío y recepción de datos

Se procedió a las pruebas correspondientes siendo exitosas al poder conectarse a PubNub. Se empezó con el envío de los valores de los sensores y botones mostrándolos en la consola. Como se observa en la figura 17, se envía al canal el estado del switch dos con valor en uno. Se consideró que solo se envíe el valor del sensor o botón que cambie su valor con respecto al anterior.

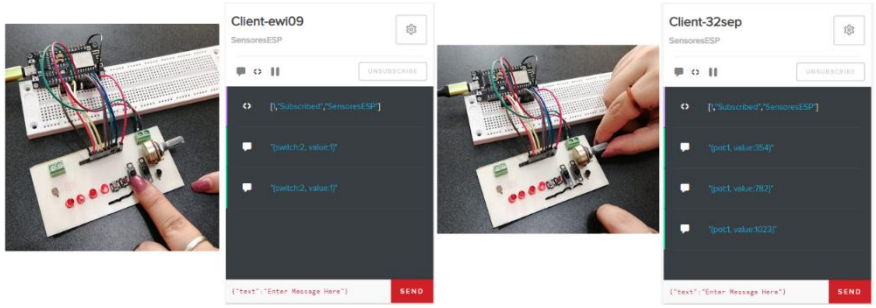


Figura 17. Envío del estado del sensor digital y analógico y visualizado en la consola de PubNub.

Para el envío del encendido de un led desde PubNub, nos suscribimos al canal primeramente, se manda la instrucción desde la consola de PubNub (figura 18) y al ser recibida por el módulo ESP, se ejecuta.

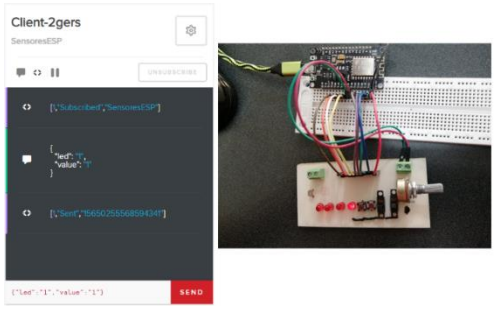


Figura 18. Recepción del estado del sensor digital y analógico en la consola de PubNub.

Conclusiones

El internet de las cosas es una tendencia que permite que cualquier dispositivo con conexión a internet pueda comunicarse para enviar o recibir información de cualquier índole. Tanto el módulo ESP como PubNub son herramientas para lograr estas conexiones. PubNub además de ofrecer una infraestructura abierta para pruebas, ofrece características muy avanzadas (de pago) para aplicaciones más robustas y con grandes exigencias en la industria.

Este proyecto cumple el objetivo de incluirnos en la tendencia del IoT utilizando herramientas actuales como lo es PubNub y que con un mayor esfuerzo puede aplicarse a cualquier proyecto que requiera datos en tiempo real. Aunque el ESP8266 es un chip con grandes cualidades para la conexión a internet, para las aplicaciones de este tipo, es limitado en su hardware. Existe la versión *esp32* que ofrece mucho más para poder ejecutar tareas más complejas.

El envío y recepción de datos fueron exitosos y confirma que el chip ESP8266 es adecuado para utilizarlo en aplicaciones IoT integrando el potencial de PubNub.

Referencias

1. Bhoomika B.K, Muralidhara K.N. (2015). Secured Smart Healthcare Monitoring System Based on Iot. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. Recuperado de: http://www.ijritcc.org/index.php/ijritcc/article/view/4770/4770
2. Kumar M. K., Ravi K. S. (2016). Automation of Irrigation System based on Wi-Fi Technology and IOT. Indian Journal of Science and Technology. Recuperado de: http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/viewFile/93048/69439
3. Kondamudi S. S. R., Gupta A. N. P. S. (2016). IoT based Data Logger System for weather monitoring using Wireless sensor networks. Recuperado de: http://www.ijettjournal.org/2016/volume-32/number-2/IJETT-V32P213.pdf
4. Kodali R. K., Soratkal S. (2016). MQTT based home automation system using ESP8266. 2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC). Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7906845
5. Grokhotkov I. (2017). ESP8266 Arduino Core. ESP8266WiFi library. Recuperado de: https://arduino-ESP8266.readthedocs.io/en/latest/ESP8266wifi/readme.html
6. Symantec (2019). ¿Qué son SSL, TSL y HTTPS? Recuperado de: https://www.websecurity.symantec.com/es/mx/security-topics/what-is-ssl-tls-https
7. PubNub (2019). PubNub Network Infraestructure. Recuperado de: https://www.pubnub.com/developers/tech/network-infrastructure/

Análisis térmico de un tubo absorbedor de cobre-alúmina usando perfiles de radiación en Iztapalapa.

Luis Alberto Romero Vázquez[1], Alejandro Torres Aldaco[1,2], Raúl Lugo Leyte[1], Judith Cervantes Ruíz[2], Helen D. Lugo Méndez[3]*

*[1]Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc. 09340, CDMX, México, e-mail: *azul-19cd@hotmail.com*
[2]División de Ingeniería Química y Bioquímica. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México
[3]Departamento de Procesos y Tecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa, Av. Vasco de Quiroga No. 4871, Colonia Santa Fé, 05348, Cuajimalpa, CDMX, México
***Área de participación**: Energías Renovables*

Resumen

Se realizó un análisis térmico a un tubo absorbedor compuesto de un concentrador solar de canal parabólico enfocado en la proporción de un material cerámico metálico de la pared del tubo, para determinar los perfiles de temperatura y observar el comportamiento de los gradientes de temperatura. Se construyó un modelo basado en balances de energía en un sistema de coordenadas cilíndricas y flujo bidireccional de calor, en estado estacionario y una distribución de radiación caracterizada para la zona de Iztapalapa, especialmente centrado en la zona donde se ubica la Universidad Autónoma Metropolitana, a través del modelo de cielo claro para una visibilidad de 5 Km para estimar la zona donde se encuentra la contaminación producida por los gases de efecto invernadero, mediante la simulación numérica del sistema para distintas horas del día se describen el comportamiento térmico del tubo absorbedor durante el cambio de fase líquido a vapor.

***Palabras clave**: CCP, flujo estratificado, niveles de radiación, tubo compuesto.*

Abstract

A thermal analysis was performed on an absorber tube composed of a parabolic trough solar collector focused on the proportion of a metallic ceramic material of the tube wall, to determine the temperature profiles and observe the behavior of the temperature gradients. A model based on energy balances was built in a system of cylindrical coordinates and bidirectional heat flow, in steady state and a radiation distribution characterized for the Iztapalapa area, especially centered on the area where the Metropolitan Autonomous University is located, a Through the clear sky model for a visibility of 5 km to estimate the area where the pollution caused by greenhouse gases is found, by means of the numerical simulation of the system for different hours of the day, the thermal behavior of the absorber tube during the change of liquid phase to steam.

***Key words**: CCP, stratified flow, radiation levels, composite tube*

Introducción

La tecnología de concentración solar es considerada, una de las más avanzadas en la actualidad para aplicaciones termo-solares, por lo tanto, vale la pena explorar las fuentes de energía alternativas, los sistemas y las tecnologías para el desarrollo sostenible, si no completamente, pero al menos para sustituir una cantidad apreciable de energía convencional para mitigar el efecto perjudicial en cierta medida [Silva y col., 2013].

Una de las grandes problemáticas que se tienen para esta tecnología son los fluidos de trabajo, que generalmente son aceites sintéticos, que debido a sus limitaciones de operación ya que la degradación de estos se genera a temperaturas superiores a los 400°C, aunque los sistemas que emplean temperaturas aproximadas a los 580°C, pero las limitaciones físicas de la química de las sales fundidas y a su vez la eficiencia térmica del colector parabólico [Widyolar y col., 2019]. Es sabido que los materiales cerámicos presentan generalmente bajos coeficientes de transferencia de calor, alta dureza y buena resistencia al desgaste abrasivo y a la corrosión [Muñoz

 ISSN 2007-8102

y Vargas, 2017]. En cuanto a soluciones encontradas en la literatura que aborden este tipo de problemas desde un enfoque principalmente térmico, pero además mecánico y químico, se ha encontrado que los sistemas de recubrimiento de barrera térmica satisfacen los requerimientos adecuadamente.
El modelo de día claro de Hottel de irradiación solar directa normal se basa en los cálculos de transmisión atmosférica para cuatro zonas climáticas diferentes en el mundo utilizando la Atmósfera Estándar. Usando este modelo para diferentes sistemas de seguimiento y orientaciones, para el día típico de verano e invierno. Estos sistemas presentan un problema mayor, que es, producido en la ebullición se encuentra en un régimen de flujo estratificado y lo anterior genera un elevado gradiente térmico en la pared del absorbedor. Los gradientes térmicos que se producen en un corto lapso generan deflexiones en el tubo, que provocan la ruptura de la envolvente de vidrio [Almanza y Flores, 2004].

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de la transferencia de calor dentro de un tubo absorbedor compuesto con un material cerámico en un perfil de flujo estratificado, mediante la presentación de un modelo de transferencia de calor basado en la aplicación del balance de nodos para un sistema estático, con el uso del modelo de Hottel considerando una visibilidad baja de 5 km, para simular la calidad del aire que se tiene en la zona de Iztapalapa en particularmente en la ubicación de la UAM-Iztapalapa con la finalidad de realizar estudios prácticos en el sitio especificado.

Metodología

El sistema de estudio describe la geometría de un sistema de concentración de canal parabólico (CCP) como se ilustra en la figura 1 y dentro de la figura 2 se muestra el tubo absorbedor compuesto de una mezcla de cerámica y acero para el sistema de concentración de canal parabólico donde se describen las condiciones de frontera para la solución numérica, donde se hace uso de la axial-simetría que se tiene en el sistema.

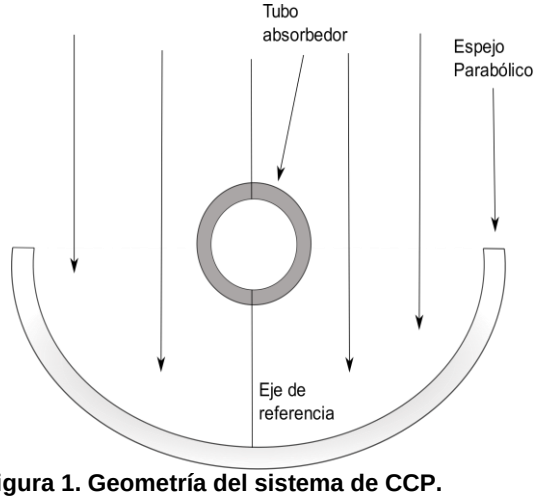


Figura 1. Geometría del sistema de CCP.

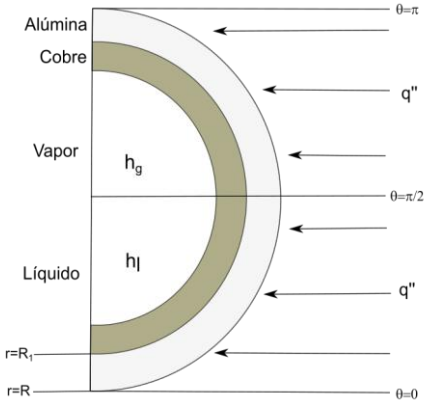


Figura 2. Análisis desde el corte del tubo.

El modelo matemático es considerado en coordenadas cilíndricas, donde se obtiene una distribución dentro del tubo absorbedor de 1/3 de cobre y el restante 2/3 de Alúmina donde se realizan las siguientes suposiciones:

A. Se considera al flujo de calor estacionario a través de las paredes del tubo absorbedor.
B. Flujo en dos fases (líquido y vapor) dentro del tubo.
C. La interfase liquido-vapor se considera que el coeficiente de transferencia de calor del vapor es igual al del vapor para mantener el nivel de líquido y vapor en partes iguales.
D. Axial simetría.
E. Se considera una visibilidad de cielo claro de 5 km, como la capa de contaminación de la CDMX.
F. Se considera que la radiación concentrada sólo abarca la zona del líquido.

 ISSN 2007-8102

Con la simetría axial del sistema se tienen las siguientes condiciones de frontera:

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = 0 \text{ para } \theta = 0, \pi \quad (1)$$

$$-k\frac{\partial T}{\partial r} = h_g\left(T_g - T_p\right) \text{ para } r = R_1 \text{ y } \theta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right] \quad (2)$$

$$-k\frac{\partial T}{\partial r} = q'' \text{ para } r = R \quad (3)$$

$$-k\frac{\partial T}{\partial r} = h_l\left(T_l - T_p\right) \text{ para } r = R_1 \text{ y } \theta \in \left[\frac{\pi}{2}, \pi\right] \quad (4)$$

El modelo matemático utiliza el método de solución por diferencias finitas, donde se requiere realizar un análisis nodal a través de una malla que cubra el tubo absorbedor como se presenta en la figura 3, con el fin de realizar un estudio más profundo de la transferencia de calor dentro del tubo compuesto.

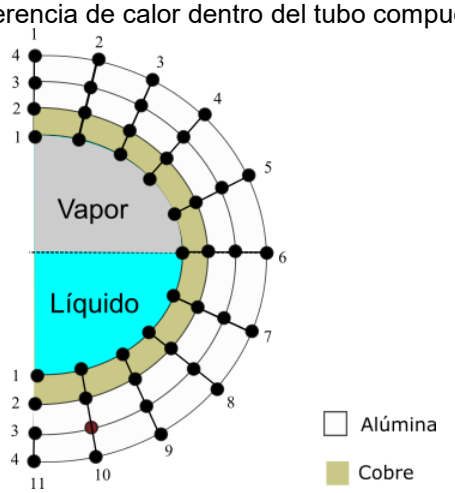


Figura 3. Diagrama de la malla nodal.

Mediante un balance de energía nodal para un sistema con condiciones de estado estable, donde no se tiene una fuente de generación. Para el balance de energía nodal se requiere de considerar las contribuciones de intercambio de calor de manera convectiva entre el nodo interior con los nodos contiguos como se muestra en la figura 4, además de tomar en consideración las condiciones mencionadas en las ecuaciones Ecs. (1) – (4) considerando las aportaciones en la dirección angular y radial.

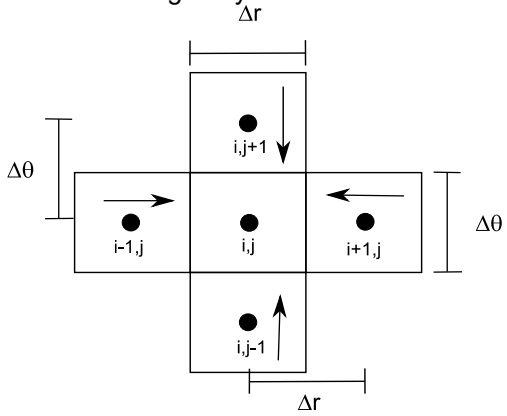


Figura 4. Diagrama del direccionamiento del flujo de calor a un nodo interior.

 ISSN 2007-8102

Debido a las aportaciones e la dirección radial y angular, ocurridas por la radiación solar, es posible utilizar la ley de Fourier de forma simplificada para un nodo contiguo, la transferencia de calor por conducción del nodo (i-1,j) al nodo (i,j) se puede escribir de la siguiente manera:

$$q_{(i-1,j)\to(i,j)} = k(\Delta\theta \cdot 1)\frac{T_{i-1,j}-T_{i,j}}{\Delta r} \quad (5)$$

Tomando a $C = \frac{\Delta\theta}{\Delta r}$ y realizando el mismo proceso para los nodos faltantes tal como en la figura 4 y utilizando el balance de nodos entonces para un nodo interior se tiene la siguiente ecuación:

$$C^2T_{i-1,j} + C^2T_{i,j+1} + T_{i,j-1} + T_{i,j+1} - \ (C^2+2)T_{i,j} = 0 \quad (6)$$

Para un borde convectivo en la dirección radial

$$CT_{i+1,j} + \frac{1}{2C}T_{i,j+1} + \frac{1}{2C}T_{i,j-1} - \left(C + \frac{1}{C} + \frac{h\Delta\theta}{k}\right)T_{i,j} = -\frac{h\Delta\theta}{k}T_\infty \quad (7)$$

Borde con flujo de calor q" prescrito en una pared radial

$$2CT_{i+1,j} + \frac{1}{C}T_{i,j+1} + \frac{1}{C}T_{i,j-1} - 2\times\left(C + \frac{1}{C}\right)T_{i,j} = -\frac{2\Delta\theta}{k}q'' \quad (8)$$

Intersección de borde convectivo con borde adiabático

$$CT_{i+1,j} + \frac{1}{2C}T_{i,j+1} - \left(C + \frac{1}{2C} + \frac{h\Delta\theta}{k}\right)T_{i,j} = -\frac{h\Delta\theta}{k}T_\infty \quad (9)$$

Borde adiabático de un solo material

$$C^2T_{i-1,j} + C^2T_{i+1,j} + 2T_{i,j+1} - (2+2C^2)T_{i,j} = 0 \quad (10)$$

Intersección de borde adiabático con flujo de calor q" en la dirección radial

$$CT_{i+1,j} + \frac{2}{C}T_{i,j+1} - \left(C + \frac{2}{C}\right)T_{i,j} = -\frac{\Delta\theta}{k}q'' \quad (11)$$

Para la consideración de la relación producida entre la interfaz de entre los materiales de alúmina cerámica y acero (Al_2O_3-Fe) se presentan en las ecuaciones 12 y 13, a partir de la ecuación de general de conducción de calor [Cengel. 2007] aplicada al balance de nodos para las direcciones axiales y angulares

Borde adiabático entre Alúmina y acero.

$$C^2k_{Cu}T_{i-1,j} + C^2k_{Al_2O_3}T_{i+1,j} + \left(k_{Al_2O_3} + k_{Cu}\right)T_{i,j+1} - \left(k_{Al_2O_3}(1+C^2) + k_{Cu}(1+C^2)\right)T_{i,j} = 0 \quad (12)$$

Nodos interiores entre el Alúmina y el acero.

$$Ck_{Cu}T_{i-1,j} + Ck_{Al_2O_3}T_{i+1,j} + \frac{1}{C}\left(\frac{k_{Al_2O_3}+k_{Fe}}{2}\right)T_{i,j+1} + \frac{1}{C}\left(\frac{k_{Al_2O_3}+k_{Fe}}{2}\right)T_{i,j-1}$$
$$-\left(C + \frac{1}{C}\right)\left(k_{Al_2O_3} + k_{Fe}\right)T_{i,j} = 0 \quad (13)$$

El concentrador cilíndrico parabólico que se empleó tiene una longitud de 4 m y 2.5 de apertura y el foco de la parábola es a 0.625 m, los materiales considerando para el tubo absorbedor son de Alúmina cerámica y cobre (Al_2O_3-Fe) en una proporción 2/3 y 1/3, respectivamente. Además de contemplar la saturación del agua a 623 K. Para la resolución del sistema de ecuaciones simultaneas se consideró el modelo de Gauss-Siedel para la resolución del problema, las características de los materiales de la alúmina [Muños y Vargas, 2017] y del acero se consideraron las propiedades marcadas para materiales comerciales.

 ISSN 2007-8102

Modelo de cielo claro

El modelo de cielo claro presentado por Hottel [Duffie y Beckman, 1980] presentar un método para estimar la radiación transmitida a través de atmosferas claras que tengan en cuenta el ángulo cenital y la altitud para una atmosfera estándar y para cuatro diferentes tipos de clima, la transmitancia atmosférica se da a través de la Ec (14):

$$\tau_b = \frac{G_{bn}}{G_{on}} = a_0 + a_1 \cdot e^{\left(\frac{-k}{Cos\theta_z}\right)} \quad (14)$$

Donde el valor de las constantes se calcula a partir de dos valores, los cuales son la altitud en km (A) y latitud (ϕ) del sitio. Las correlaciones necesarias para altas visibilidades de 20 km se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Factores de corrección climático para visibilidad de 20 km. [Duffie y Beckman, 1980]

Tipo de clima	r_0	r_1	r_k	ϕ
Tropical	0.92	0.98	1.02	ϕ<23.5
latitud media verano	0.97	0.99	1.02	23.5< ϕ <66.5
latitud media invierno	1.03	1.01	1	
Sub ártico	0.99	0.99	1.01	ϕ >66.5

Calculo del recurso solar en la zona de Iztapalapa

La finalidad de determinar la radiación de la zona de Iztapalapa es obtener el perfil de radiación que se tienen en sitio definido para realizar un análisis más apegado a la realidad donde se encuentra nuestro sistema de estudio, para la determinación del recurso solar se utilizó el método reportado por Duffie y Beckam, [1985] donde las principales elementos a considerar son la latitud y declinación que se tiene en el sitio, la ubicación geográfica de nuestro sitio de estudio se obtuvo mediante Google maps que corresponden a las siguientes coordenadas donde se ubica la UAM-I, con mayor precisión el sitio donde se encuentra el calentador solar (figura 5) 19° 21' 34.2" N 99° 04' 24.1" E como se muestra en la figura 6.



Figura 5. CCP de la UAM-I.



Figura 6. Ubicación del CCP en la UAMI en Google.

Para el cálculo de la radiación se tomó como referencia al día 15 de julio, que corresponde al mes con mayor incidencia de radiación del año y realizando la evaluación mediante el modelo de cielo claro Hottel para una visibilidad de 5 km [Jiménez, 2013] debido a la contaminación que se tiene en la zona.

La radiación extraterrestre normal.

$$G_{on} = G_{sc}\left(1 + 0.033 \times Cos\frac{360 \times N}{365}\right) \quad (15)$$

 ISSN 2007-8102

El ángulo de incidencia es calculado asumiendo que la orientación del seguimiento será Este-Oeste donde el ángulo de incidencia sigue la siguiente ecuación:

$$Cos\theta = Sen\delta \times Sen\phi + Cos\delta \times Cos\phi \times Cos\omega \quad (16)$$

El coeficiente de cielo claro proporciona la transmitancia atmosférica definido en la Ec. (14). Donde los parámetros a_0, a_1 y k son parámetros establecidos por Hottel [Duffie y Beckman, 1980], donde se requiere conocer la altitud (A) y latitud (ϕ) del sitio. La radiación horizontal que se considera para la captación del sistema se expresa de acuerdo a la Ec. (17).

$$G_{bh} = \tau_b G_{on} Cos\theta \quad (17)$$

Los factores de corrección necesarios para una visibilidad de 5 km se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Factores de corrección climático para visibilidad de 5 km. [Jiménez, 2013]

Tipo de clima	r_0	r_1	r_k	ϕ
Tropical	0.92	0.98	1.02	ϕ<23.5
latitud media verano	0.97	0.99	1.02	23.5<ϕ <66.5
latitud media invierno	1.03	1.01	1	
Sub ártico	0.99	0.99	1.01	ϕ >66.5

Resultados y discusión

Con lo mostrado en la figura 7 se observa un comportamiento del tubo compuesto para ubicación establecida anteriormente para el día 15 de julio, al medio día donde se encuentra el punto más alto de radiación donde el gradiente de máximo de temperaturas fue de 6.94 K, entre los nodos en la dirección angular y radial, se observaron pequeños cambios con sus nodos circundantes. Los gradientes más significativos se dieron dentro de los límites del tubo exterior de la zona del líquido, donde se genera la mayor concentración de la radiación.

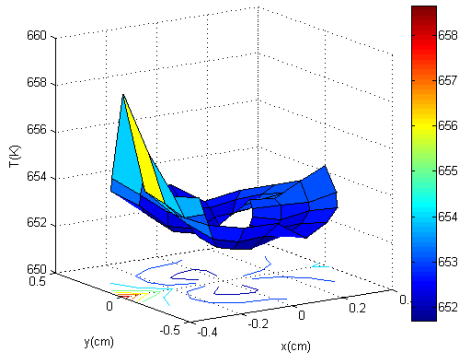


Figura 7. Perfil de temperaturas para el tubo completo Cu-Al_2O_3 a las 12:00 hrs.

Comparando este comportamiento en horas donde el perfil de radiación tiene diferencias más notables, la figura 8 nos muestra el perfil para las 17:00 donde la radiación que recibe disminuye a más del 50%, lo que genera que el gradiente entre los puntos máximos y mínimos se reduce a 4.67 K generando que la zona exterior del tubo en la zona del líquido se enfría de forma considerable a la zona más caliente, además de reducir los gradientes entre nodos circundantes, el comportamiento entre los gradientes mostrados en la figura 8 comparado a la figura 7 la temperatura en la zona del líquido sufre una pequeña reducción.

 ISSN 2007-8102

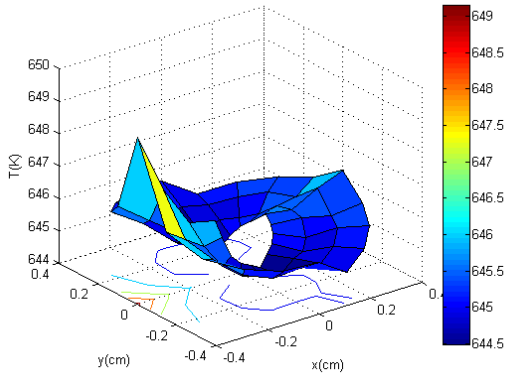


Figura 8. Perfil de temperaturas para el tubo completo Cu-Al_2O_3 a las 17:00 hrs.

En el caso limite donde se tiene la mínima cantidad de radiación que se da a las 18:00 donde el máximo gradiente que se tiene es de 2.17 K que es menos de la mitad del gradiente, como se muestra en la figura 9, presentado una hora antes lo que muestra un enfriamiento, que conlleva a un choque térmico menor.

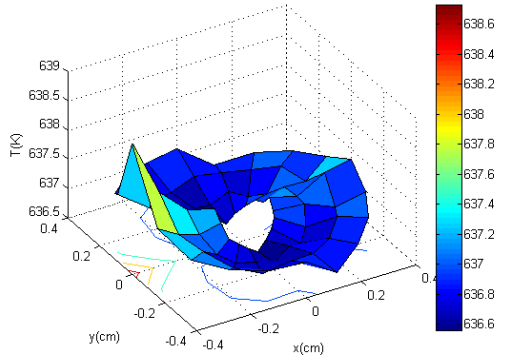
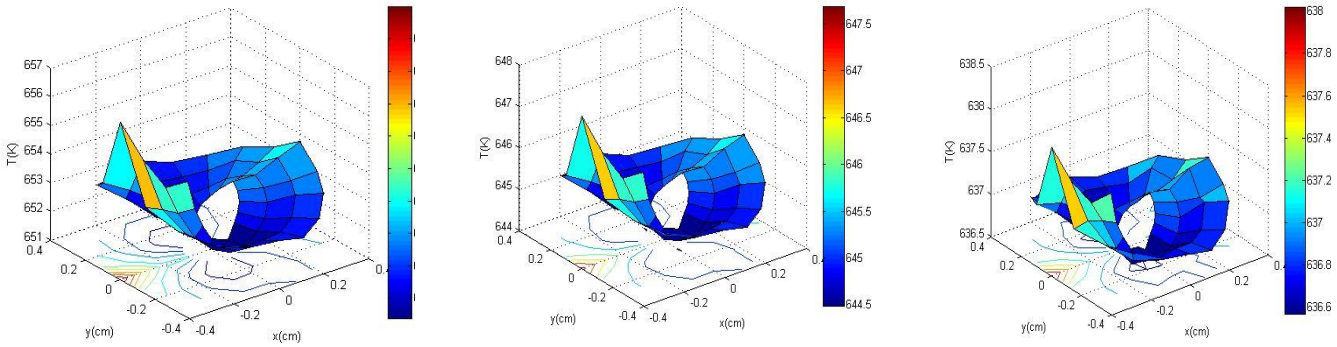


Figura 8. Perfil de temperaturas para el tubo completo Cu-Al_2O_3 a las 18:00 hrs.

Comparando los valores obtenidos con un trabajo anterior, donde se realizó el mismo análisis para un sistema de tubo compuesto de cobre-acero (Cu-Fe) a una cantidad de 1/3 y 2/3 respectivamente, donde los gradientes son menor a las mismas horas presentadas que en orden van de 4.8 K para el medio día a), 3.2 K para las 17 hrs donde la cantidad de radiación disminuye de manera considerable b) y 1.45 K para las 18 hrs donde la radiación es la mas baja cuando termina el día c), donde los valores de temperatura son menores.



a) **b)** **c)**

Figura 9. Perfiles de temperatura del tubo de Cu-Fe.

Se observa que el comportamiento térmico del tubo absorbedor es similar, pero el nivel de temperatura es mayor en la parte del cerámico, debido a su capacidad mayor de conservar la energía, el aislante lo conserva generando que la temperatura en el tubo de cobre aumente de manera inmediata. Considerando las características del cerámico podemos mencionar que este proporciona mayor rigidez ya que este tipo de materiales tiene un menor coeficiente de dilatación evitando la curvatura producida con materiales como el acero.

Trabajo a futuro

La investigación por realizar, complementar el modelo aplicado a materiales aislantes cerámicos, donde el modelado sea dinámico y que la transferencia en la interfase se modele con otras herramientas haciendo la partición de la malla a tal grado que se observe con mayor claridad la transferencia de calor entre los diferentes puntos de malla y que afecte de menor manera los resultados de la transferencia de calor.

Conclusiones

Los comportamientos térmicos presentados por el tubo absorbedor teniendo el cerámico como parte de la composición, son consistentes a las efectuadas por Flores y Almanza, [2001] y Lugo y col., [2012] para tubos compuestos para materiales metálicos. En la zona del vapor los gradientes son consistentes, aunque un poco mayores, pero al considerar el perfil de radiación donde está concentrada en mayor razón en la zona del líquido donde se aumentan los valores a lo presentado por los autores antes mencionado. El tubo absorbedor mantiene un comportamiento térmico severo en la región del líquido y vapor en todas las horas, pero desciende gradualmente a lo largo del día, donde al usar materiales aislantes cerámicos genera menores daños mecánicos generados por la fatiga mecánica, ya que el material absorbe la energía de tal manera que el sistema no tenga que soportar todo el daño mecánico.

Bajo las condiciones de estado estacionario no se obtuvieron resultados contundentes de tal manera, que es necesario analizar más a fondo el comportamiento en un modelo dinámico para observar como este se desempeña a lo largo del tiempo, debido a que dentro de las propiedades del cerámico se acumula la energía por lo cual no se puede observar si realmente existe algún daño a largo plazo.

Referencias

1. V. Silva, S. C. Kaushik, K. R. Ranjan y S. K. Tyagi, “State of the art of solar thermal power plants- A review,” *Renewable and Sustainable Energy,* vol. 27, pp. 258-273, Septiembre 2013.
2. B. Widyolar, L. Jiang, J. Ferry, R. Winston, D. Cygan y H. Abbasi, “Experimental performance of a two-stage (50×) parabolic trough collector tested to 650 °C using a suspended particulate heat transfer fluid,” *Applied Energy,* vol. 240, pp. 436-445, Abril 2019.
3. D. Garcia y F. Vargas, “Aislamiento térmico de tuberías de acero que transportan fluidos calientes a partir de recubrimientos elaborados mediante proyección térmica,” *Tecno Lógicas,* vol. 20, no. 40, pp. 53-69, Septiembre-Diciembre 2017.
4. V. Flores y R. Almanza, “Direct steam generation in parabolic trough concentrators with bimetallic receivers,” *Energy,* vol. 29, no. 5-6, pp. 645-651, Abril-Mayo 2004.
5. Y. A. Cengel, “Transderencia de calor y masa un enfoque práctico”, 3ra ed., México: Mc Graw Hill, 2007.
6. J. A. Duffie y W. A. Beckman, “Solar Engineering of Thermal Processes”, New York: Jhon Wiley and Son, 1980.
7. E. Jiménez, " Análisis Energético de un Concentrador Solar de una Estufa Solar Urbana," M.C. tesis, Instituto Politécnico Nacional, CDMX, México, 2013.
8. V. Flores y R. Almanza, “Análisis térmico experimental del receptor de caper compuesta Cu.Fe en estados transitrios con incidencia lateral del flujo de calor durante la GDV,” presentado en la XXV Semana Nacional de Energía Solar, San Luís Potosí, Mex, 2001.
9. R. Lugo, M. Salazar, A. Torres, H. D. Lugo y A. Valdés, “Thermal modeling of a concentrator pipe composed zwith direct steam generation,” *Applied Solar Energy,* vol. 48, no. 3, pp. 212-217, Julio 2012.

Sistema para control y monitoreo de invernadero inteligente

A.D. Martínez Flores, H. Casarrubias Vargas y C.O. González-Morán
Laboratorio de investigación materiales y procesos inteligentes, Universidad Autónoma Del Estado De México, Centro Universitario UAEM Valle De México, Blvd. Universitario s/n, Predio San Javier Atizapán de Zaragoza, C.P 54500, Edo. de Méx., MÉXICO.
* 171k0041@itscarrillopuerto.edu.mx
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica.*

Resumen

Hoy en día tener un invernadero requiere de mucha atención y mantenimiento, con la implementación de distintos sensores y actuadores podemos lograr reducir tiempo, mano de obra, dinero, entre muchos otros aspectos. Para llevar a cabo este proceso requerimos de un microcontrolador ATMEGA328PU con el fin de poder independizarnos de la tarjeta Arduino y lograr hacer nuestro proyecto más simple; además de la comunicación usando un dispositivo HC-05 Bluetooth con el que lograremos la conexión hacia un dispositivo móvil para tener un control y registró de actividad dentro del invernadero usamos una aplicación donde podremos observar el valor de la temperatura, luz, humedad relativa y del sustrato. La implementación de un sistema controlado tendrá variaciones de acuerdo con las necesidades de cada persona que con el tiempo se agregaran nuevas funciones para la interacción.

***Palabras clave**: sensores, microcontrolador, conexión, sistema.*

Abstract

Nowadays having a greenhouse requires a lot of attention and maintenance, with the implementation of different sensors and actuators we can reduce time, labor, money, among many other aspects. To carry out this process we require an ATMEGA328PU microcontroller in order to become independent of the Arduino UNO board and make our project simpler; In addition to the communication using an HC-05 Bluetooth device with which we will achieve the connection to a mobile device to have a control and record of activity inside the greenhouse. We use an application where we can observe the value of temperature, light, relative and soil in a capacitive form. The implementation of a controlled system will vary according to the needs of each person that over time new functions for interaction will be added.

Key words: sensors, microcontroller, connection, systema.

Introducción

El cultivo de distintas plantas específicamente en un invernadero es de vital importancia debido a que requiere de ciertos procesos para poder llegar a su punto deseado el producto final, en ellos se invierte tiempo, dinero y personal. Con los avances tecnológicos tenemos la posibilidad de reducir costos, personal, entre otros, con la implementación sensores y de esta manera lograr programar de manera continua o por un horario establecido teniendo el control de todo un sistema desde nuestro

 ISSN 2007-8102

dispositivo móvil o un ordenador de escritorio; además de llevar el control también se tendrá el registro de actividad dentro del cultivo con lo que se podrán comparar los datos obtenidos dentro del sistema y de esta manera tomar decisiones precisas para beneficio de la producción [Millán, 2003].

Este tipo de tecnología nos permite monitorear diversos procesos a gran escala y permitiendo al usuario la posibilidad de realizar otras tareas, como la inversión en más producto, ventas a mayor cantidad y mejor calidad, entre otras [Redolfi, 2013]

.

En el caso del invernadero que se hizo para pruebas utilizamos, sensores de temperatura, sensor de luz, sensor capacitivo (humedad del sustrato) y sensor de humedad relativa de los cuales a cada uno se le programaron ciertas condiciones que al momento de cumplirse activan, ventilador, focos y bomba de agua; todos estos conectados a un circuito diseñado previamente con un ATMEGA328PU con la finalidad de independizarnos de la tarjeta Arduino y conseguir un diseño más compacto [Rodríguez y Casa, 2005].

Metodología

Para el caso de los sensores hacemos uso de: Un DHT-11, el que nos indica la temperatura ambiente, un par de placas de lata y un recipiente de plástico para el sensor capacitivo, un bluetooth hc-05, un LDR, un relevador, un par de focos, un ventilador pequeño de pc, un servomotor y un LCD 16 X 2.

En cuanto a las conexiones para cada uno de los sensores usamos: un regulador lm7805, un microcontrolador ATMEGA328PU, un zócalo de 14 patas, terminales, un cristal oscilador de 16.000 Mhz, dos capacitores de 22pf, un pulsador, dos potenciómetros de 10k, una resistencia de 10k, un capacitor de 0.1mf, un capacitor de 1mf, un led, un capacitor de 100mf/25v, una resistencia de 220 ohm, un diodo ln4001, una placa fenólica de 5 X 5, cloruró férrico, lija, estaño y cautín.

Sustitución de la tarjeta Arduino por el microcontrolador ATMEGA328PU

Para poder hacer uso del microcontrolador ATMEGA328PU, requerimos de componentes electrónicos como se muestra en la figura 1. De esta manera conseguimos independizarnos de la tarjeta Arduino grabando el Bootloader al microcontrolador [López, 2016]

.

 ISSN 2007-8102

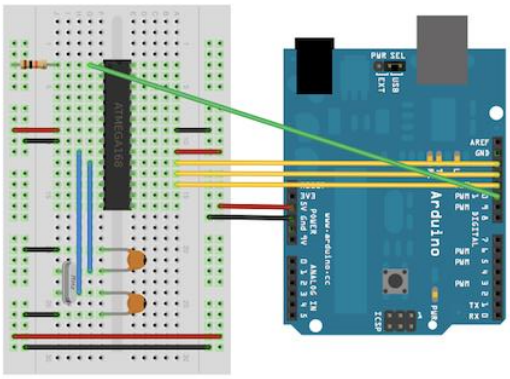


Figura 1. Implementación de componentes para grabado de Bootloader.

Elaboración de circuito

Para la elaboración del circuito usamos Circuit Wizard. Aquí convertimos el diagrama eléctrico PCB (Printed Circuit Board/Placa de circuito impreso) [Allan y Wilhem, 2009], Figura 2. Procedemos a la impresión y aplicamos el método de planchado sobre una placa fenólica y eliminación de residuos usando cloruro férrico con el objetivo de mantener únicamente las pistas necesarias para montar y soldar en el lugar correspondiente, Figura 3.

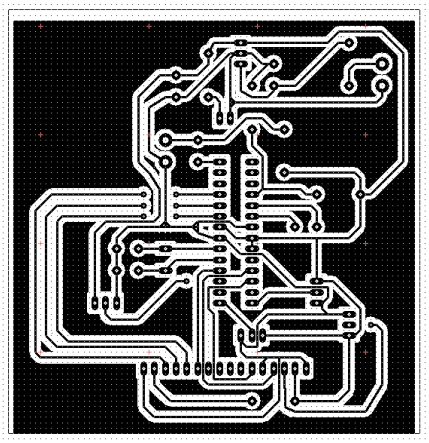


Figura 2. Diseño de circuito PCB para impresión.

 ISSN 2007-8102

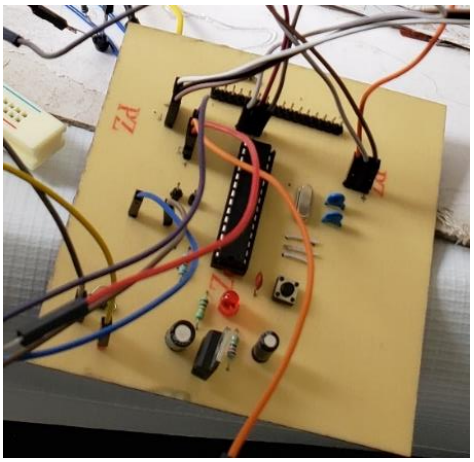


Figura 3. Montaje de componentes en placa.

Comunicación vía Bluetooth

Para la comunicación de un dispositivo móvil creamos la aplicación móvil utilizando Mit App inventor 2 de tal manera que podamos visualizar los datos de los sensores de manera remota, Figura 4 y 4.1.



Figura 4. Menú de inicio de aplicación móvil.

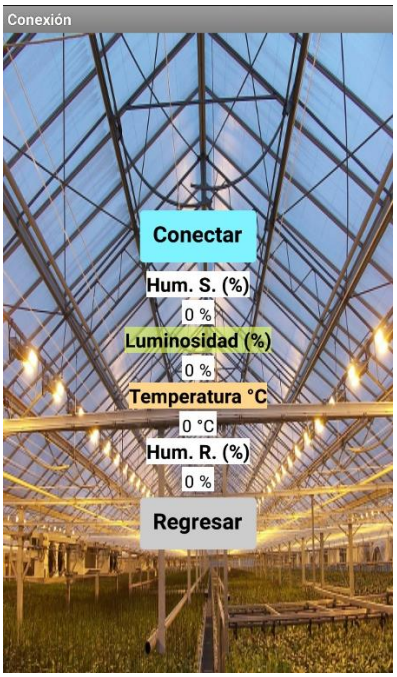


Figura 4.1. Pantalla de conexión vía bluetooth.

Resultados y discusión

Montaje de sistema y conexiones a invernadero a escala.

 ISSN 2007-8102

Finalmente se instalaron los sensores de tal manera que podamos obtener los datos de manera exacta y sin interferencias con otras partes que pudieran alterar los valores, además de poder visualizar los valores desde nuestro dispositivo móvil también tenemos la posibilidad de monitorear desde el invernadero con un display LCD en la que despliega los valores de cada uno de los sensores, Figura 5.



Figura 5. Despliegue de datos en LCD 16 X 2.

Conclusiones

La automatización de diversos objetos facilita los trabajos de activación y monitoreo de objetos, en el caso de un invernadero inteligente hacemos uso de sensores de luz, capacitivo, humedad relativa y del sustrato, activa los actuadores al llegar a ciertos valores que fueron programados previo a su instalación. Con la instalación de un sistema automatizado nos permite atender más asuntos dentro de una organización, así como el incremento de ganancias debido a la disminución de personal en el caso de invernaderos.

La tecnología nos permite tener un gran control de las cosechas al reducir las condiciones climatológicas del ambiente, el diseño de un sistema y su implementación en un invernadero.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al trabajo conjunto y apoyo entre la Centro Universitario UAEM Valle de México y el programa DELFIN (Programa Interinstitucional para el fortalecimiento de la investigación y el posgrado del pacífico).

 ISSN 2007-8102

Referencias

1. Millán, Ramón. La vivienda Domótica. Manual Formativo, n° 200, IDG Communications, 2003.

2. Antonio Rodríguez y Miquel Casa. Instalaciones automatizadas de viviendas y edificios. Año 2005. 192 pag.

3. Redolfi, Luciano. Domótica. -1 ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fox Andina; Buenos Aires: Dalaga, 2013.

4. Pedro Porcuna López. Robótica y Domótica básica con Arduino. Editorial Ra-Ma; Edición: 1ª ed., 1ª imp. (1 de enero de 2016).

5. Robbins, Allan H. y Miller, Wilhelm C. Análisis de circuitos: teoría y práctica, Cuarta edición. 2009.

Red inalámbrica de sensores para el monitoreo de variables ambientales utilizado tecnologías del IoT

I.G. Rangel Gómez[1], C. Hernández-Santos[1*], J. I. Hernández Vega[1], E. J. Rincón Martínez[1]*
Tecnológico Nacional de México/ I.T. de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos #2001, Col. Tolteca. C.P. 67170, Guadalupe, Nuevo León, México.
**vin.rangel93@gmail.com *carlos.hernandez@itnl.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

En la actualidad el almacenamiento y la recolección de datos es un área de oportunidad muy grande ya que con ellos se puede tomar decisiones de una manera más precisa, es por ello que el desarrollo de este tipo de tecnología, para tal caso las redes inalámbricas de sensores, son un campo de poca exploración. Con las tecnologías que actualmente se disponen en la actualidad podemos llegar a tener redes de largo alcance y de bajo consumo de energía, también podemos contar con visualización y almacenamiento de datos en tiempo real y que nos permiten tener un sin fin de aplicaciones.

En el presente trabajo se desarrolló una red de sensores inalámbrica basada en protocolo Zigbee, los nodos de la red se encargan de sensar las variables de temperatura y humedad del ambiente con el objetivo de enviar estos datos a la nube para su visualización en tiempo real utilizando tecnologías del internet de las cosas.

***Palabras clave**: Internet de las cosas, Red Inalámbrica de sensores, Zigbee, Plataformas en la Nube.*

Abstract

Currently the storage and collection of data is a very large area of opportunity because with them you can make decisions in a more precise way, which is why the development of this type of technology, for such a case the wireless sensor networks, are a field of little exploration. With the technologies currently available today we can get to have long-range networks and low energy consumption, we can also have visualization and storage of data in real time and that allow us to have endless applications.

In this work we developed a wireless sensor network based on Zigbee protocol, the nodes of the network are responsible for sensing the variables of temperature and humidity of the environment with the aim of sending these data to the cloud for display in real time using Internet technologies of things.

***Key words**: Internet of Things, Wireless Sensor Network, Zigbee, Platforms in the Cloud.*

Introducción

El internet de las cosas es un término que en la actualidad se menciona mucho, ya que este es una herramienta muy utilizada en la cuarta revolución industrial o mejor conocida como la industria 4.0, pero términos generales el internet de las cosas es la interconexión de dispositivos u objetos cotidianos, que comúnmente no podían contar con conexión a la red, y que con las tecnologías actualmente disponibles se puede llevar a cabo la conexión de estos dispositivos a internet, cuyo principal objetivo es enviar, procesar e intercambiar infamación sobre un entorno físico [M. B. Andrés, 2018]. En pocas palabras el IoT es la adquisición de datos provenientes de sensores y la manipulación de dispositivos de manera remota que interactúan con el mundo real [M. Wollschlaeger y T. Sauter,2017].

Las redes de sensores inalámbricos van muy de la mano con el IoT ya que también han tenido un gran auge durante esta etapa de la industria 4.0. Estas redes inalámbricas nos permiten monitorear cualquier lugar y son idóneas para utilizarse en entornos de difícil acceso por más complicados que estos sean, los nodos sensoriales se distribuyen en un espacio y trabajan de manera coordinada con el objetivo de monitorear los parámetros elegidos. Estas se basan en una conjunto de dispositivos llamados nodos, que se caracterizan principalmente por ser de bajo costo y de poco consumo energético y son capases de obtener información en tiempo real, de tal

manera que la administran localmente, y la comunican a través de una conexión inalámbrica hasta llegar al nodo principal, también conocido como nodo coordinador o estación base. Los nodos pueden hacer la función de repetidores de información, de tal manera que pueden reenviar información transmitida por nodos más alejados de la estación base [D. Gascón,2010]. Comúnmente están conformadas por numerosa cantidad de nodos, esto va dependiendo de la necesidad y aplicación a la cual este destinada la red, estos nodos están distribuidos a lo largo de un área en específico, con la misión de monitorear diversas condiciones como lo son: temperatura, humedad, sonido, movimiento, gases, vibraciones, etc. No solo pueden adquirir datos, las redes de sensores también pueden controlar parámetros de cierto entorno, a estas redes se les conoce como redes de sensores y actuadores inalámbricas [P. Baronti y col.,2007].

Como se mencionaba anteriormente las redes de sensores tiene un sinfín de aplicaciones y en la actualidad se utilizan mucho para la adquisición de datos ambientales como por ejemplo en el trabajo realizado por A. D. Deshmukh y U. B. Shinde [2016] presenta el desarrollo de un sistema para la medición de variables ambientales a pequeña escala de giro domótico. El sistema consta de una red de sensores inalámbrica, la cual está compuesta por un nodo sensor. Cada nodo sensor tiene como principal componente un arduino nano; este dispositivo funge como tarjeta de adquisición de datos, en esta tarjeta se tienen conectados los sensores que miden la temperatura ambiente, CO, CO2 y NH3. Los nodo sensor transmiten la información por medio de un XBee pro S2B utilizando el protocolo Zigbee a una Raspberry pi la cual cumple la función de estación base (nodo coordinador), esta envía la información Internet por medio de protocolo Wi-Fi, La información adquirida por el sistema puede ser visualizada de 3 maneras, la primera es por medio de una display de 16x2 que está conectado a la Raspberry donde podemos ver de manera numérica la información censada, la segunda es por medio de una interfaz de usuario gráfica que está cargada en la estación base y por último se puede visualizar por medio de una interfaz WEB.

M. Quiñones-cuenca y col., [2017] realizaron una red de sensores inalámbricos para la recolección de datos meteorológicos siendo sus variables a monitorear son: velocidad del viento, dirección del viento, lluvia instantánea, presión barométrica, temperatura ambiental, humedad relativa ambiental, temperatura del suelo, y humedad relativa del suelo. Para la transmisión de datos utilizaron sistemas basados en DigiMesh y protocolo Wi-Fi. Los datos recolectados por la red, son enviados a la nube a diferentes plataformas especializadas en IoT, como los son Ubidots, Phant, ThingSpeak, las cuales son las encargas procesar la información y presentar los datos de manera gráfica.

El sistema se desarrollado por M. Ríos Marín y col., [2016] fue implementado en un cultivo agrícola en cual tiene como objetivo monitorear variables ambientales tales como la temperatura ambiente, humedad relativa y radiación solar. La red de sensores inalámbrica utilizada en este sistema está constituida por 3 nodos sensoriales los cuales operan con el protocolo Zigbee (IEEE 802.15.4) y con un nodo coordinador el cual es el encargado del envió de la información a la internet utilizado tecnología GSM/GPRS, una vez procesada la información es enviada a un servidor web, la información almacenada allí es vista por el usuario final de una manera gráfica y entendible.

E. R. Tatayo Vinueza, [2017] diseñó e implementó un sistema experimental para la detección de incendios forestales, utilizando una red de solo 2 nodos, estos están basados en Raspberry Pi Zero v1.3, para la medición de las de variables ambientales cada nodo cuenta con sensor DHT22 para la medición de temperatura y humedad relativa y para la presencia de humo el sensor utilizado es el MQ-2, a su vez los nodos están equipados un una cámara v2 para la toma de fotografías para corroborar la existencia de un incendio. El nodo coordinador el cual es esta basado en una Raspberry Pi 2B, es el encargado de administrar toda la red, la cual está establecida en el protocolo de comunicación ZigBee y como módulo de comunicación inalámbrica se utilizó el XBee Pro S3B. Este sistema cuenta envió de mensajes SMS de alerta por medio de tecnología GPRS por medio de un USB 3G, este a su vez hace la función de conectar el sistema a la nube con el objetivo de tener visualizada la información en tiempo real desde un sitio web.

 ISSN 2007-8102

Componentes del prototipo.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron los siguientes componentes:

Sensor de Temperatura y Humedad DHT22

Este sensor es digital y esta calibrado de fábrica, al interior del encapsulado se encuentra un sensor capacitivo que tiene la finalidad de medir la humedad relativa del aire en un rango de 0 -100% con una precisión de 2%. También consta de un termistor para medir el aire circundante con el objetivo de lograr calcular la temperatura, con un rango de operación de -40°C a +80°C con una precisión de 0.5°C. Este módulo pude censar datos nuevos cada 2 segundos y opera con alimentación de 3.3 VDC hasta 6 VDC y es de muy bajo costo [Bogdan Mihai, 2016]. Ver Figura 1



Figura 1. Sensor DHT 22

Módulo de comunicación XBee PRO S2B

Los módulos XBee son fabricados por la empresa Digi, proporcionan conectividad inalámbrica con otro dispositivo de la misma serie por un precio relativamente económico comparado con el de otros fabricantes. Digi ofrece dos series diferentes, la serie 1 y la serie 2, también conocida como Znet 2.5, Los módulos de la Serie 1 y la Serie 2 tienen el mismo pin-out, sin embargo no son compatibles entre sí ya que utilizan distintos chipset y trabajan con protocolos diferentes. La serie 1 está basada en el chipset de Freescale y está pensado para ser utilizado en redes punto a punto y punto a multipunto. Los módulos de la Serie 2 están basados en el chipset de Ember, y están diseñados para ser utilizados en aplicaciones que requieren repetidores o una red mesh. Ambos módulos pueden ser utilizados en los modos AT y API. Con estos módulos se pueden diseñar aplicaciones de comunicación inalámbrica de bajo consumo energético [10]. el módulo de radio frecuencia, “XBee PRO S2B”, el cual puede recibir y transmitir datos de manera serial a través del aire utilizado una frecuencia de 2.4 GHz y a una velocidad de 250,000 b/s. Dicho módulo opera con un suministro de energía de 2.7 - 3.6 VDC y puede ser configurado como emisor y receptor. La distancia de transmisión entre estos dispositivos en interiores urbanos es de hasta 300ft (90m) y a línea de vista al aire libre es de hasta 2 millas (3,200m) [S. Ferdoush y X. Li, 2014]. Ver Figura 2



Figura 2. Módulo de radio frecuencia XBee Pro S2B.

Dispositivo del IoT

El dispositivo seleccionado para el envío de la información a la nube es el Particle Photon, el cual cuenta con un procesador ARM Cortex M3 a 120MHz, una memoria flash de 32 MB y una Memoria RAM de 128 KB, para la conexión a la red trabaja con un chip Wi-Fi Broadcom BCM43362 y con 18 pines GPIO. Este dispositivo puede ser programado por medio de los IDE´s que proporciona Particle, ya sea la versión de Escritorio o la versión en la nube, este último IDE suele ser muy práctico ya que se puede programar desde cualquier lugar con internet. Esta

 ISSN 2007-8102

tarjeta mejora la señal de conexión gracias al cambiar automática y continuamente entre antenas internas y externas con las que este dispositivo cuenta [B. Kiran y col., 2017]. Ver Figura 3



Figura 3. Particle Photon

Arduino nano.

El arduino nano es una placa de desarrollo de hardware libre, que lleva montada el microcontrolador ATmega 328, este chip tiene 32 KB de memoria flash, 2KB de SRAM y 1KB de EEPROM. Al ser una plataforma open source facilita muchísimo la programación. El IDE es compatible con Windows, Mac OS X y Linux. Una de las características principales de esta tarjeta es su tamaño compacto [S. Umarkar y A. Karwankar, 2016]. Ver Figura 4



Figura 4. Arduino Nano

SparkFun XBee Explorer Regulated

Esta tarjeta es la encargada de la regulación del voltaje para el correcto funcionamiento de los módulos XBee, recordando que estos módulos trabajan con un voltaje máximo de 3.3V. El SparkFun XBee Explorer Regulated opera con un voltaje de entrada de 5V regulando este voltaje a 3.3V, no solo se encarga de la regulación de voltaje de alimentación de los módulos Xbee, sino también de la reducción de señales seriales de 5V a 3.3V, también cuenta con leds que hacen la función de indicadores visuales de actividad como lo son alimentación, RSSI y DIN / DOUT. Este componente es compatible con las series 1 y 2 en sus versiones estándar y Pro [SparkFun Electronics ®,2019]. Ver figura 5



Figura 5. SparkFun XBee Explorer Regulated

SparkFun XBee Explorer USB

Esta unidad dispone de las mismas características que la SparkFun XBee Explorer Regulated, pero más sin embargo una de sus principales características es que cuenta con convertidor USB a serie FT231X, el cual es el encargado de comunicar la computadora con el módulo XBee, con el objetivo de cargar las configuraciones seleccionadas por el usuario. La tarjeta cuenta con un botón de reinicio, este suele ser de gran ayuda para configurar los módulos. Cuenta con cuatro leds indicadores para la alimentación, TX, RX y RSSI. El SparkFun XBee Explorer USB logra la conectividad con el equipo de cómputo por medio de un cable mini USB y es compatible con los módulos XBee de la serie 1 y 2 en su versión estándar y Pro [SparkFun Electronics ®,2019]. Ver Figura 6

 ISSN 2007-8102



Figura 6. SparkFun XBee Explorer USB

Metodología

Configuración de la red

La red de sensores inalámbricos está conformada con 3 nodos sensor y un nodo coordinador, cada uno está configurado en modo AT (modo transparente). Los nodos sensor están configurados como ruteadores. La topología de la red seleccionada es la de tipo malla. El parámetro PANID fue nombrado 4321, este es el nombre de nuestra red, todos y cada uno de los elementos de la red deben de tener el mismo PANID, también la velocidad serial a la que fueron configurados los módulos es de 9600 baudios, para poder lograr la conexión multipunto en nuestro nodo coordinador este debe tener habilitadas al opciones DH (Destination Address High) en 0 y en DL (Destination Address Low) en FFFF [Jhon Benitez y col., 2016].

Arquitectura embebida del sistema.

En la figura 7 se muestra por medio de un diagrama la composición del sistema, de izquierda a derecha, empezamos por el nodo sensor, el cual cuenta con el arduino nano haciendo la función de tarjeta de adquisición de datos. Al arduino nano va conectado el sensor de temperatura y humedad DHT22 y el módulo de radiofrecuencia XBee PRO S2B , para alimentar el nodo sensor , utilizamos una batería de estilo powerbank , la cual nos entrega 5V para la alimentación de nuestro sistema. Para nuestro nodo coordinador, tenemos el Particle Photon conectado por medio de los puertos TX RX a nuestro XBee, el Photon es el encargado de enviar la información a la nube.

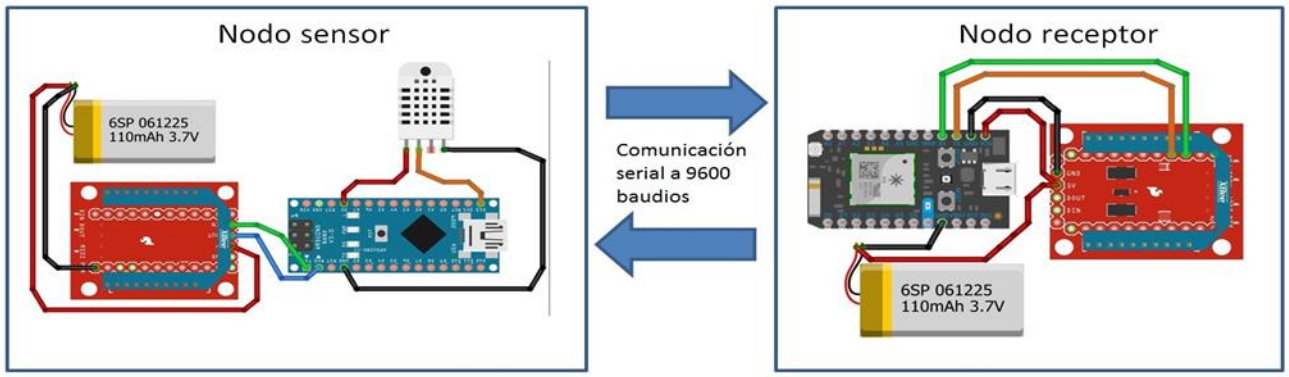


Figura 7. Diagrama esquemático de la arquitectura del sistema

Para evitar falsos contactos y tener un mejor rendimiento durante el proceso de adquisición de datos se realizó una tarjeta del circuito impreso, esta se desarrolló el software Fitzing. En la Figura 9 se muestra de izquierda a derecha el circuito impreso, en la derecha los componentes montados en la tarjeta de circuito impreso.

 ISSN 2007-8102

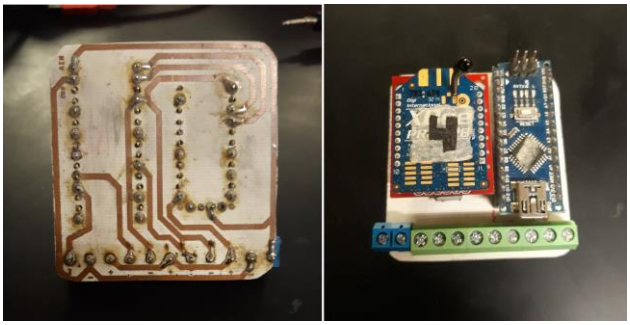


Figura 8.Tarjeta de circuito impreso.

Experimentación y resultados.

La experimentación se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Nuevo León, como se puede apreciar en la Figura 9, los nodos fueron colocados a una distancia promedio de 150m, para ver cómo se comportaba la atenuación de la señal, los nodos fueron colocados dentro de los edificios, a pesar de esto, la señal en ningún momento se vio interrumpida.



Figura 9. Área de experimentación.

Visualización de datos en la plataforma Ubidots.

La plataforma basada en la nube Ubidots nos permite visualizar y almacenar los datos capturados por nuestro sistema, esta plataforma tiene compatibilidad con un gran número de dispositivos y microcontroladores basados en tecnologías del internet de las cosas, esto ayudo mucho a la hora de realizar la configuración de nuestro sistema. Para lograr la comunicación entre nuestro dispositivo y la plataforma, se creó un Webhook el cual facilita mucho la comunicación entre la nube de particle y la nube de Ubidots. En la Figura 10 se muestra la visualización de los datos obtenidos por la red de sensores.

 ISSN 2007-8102

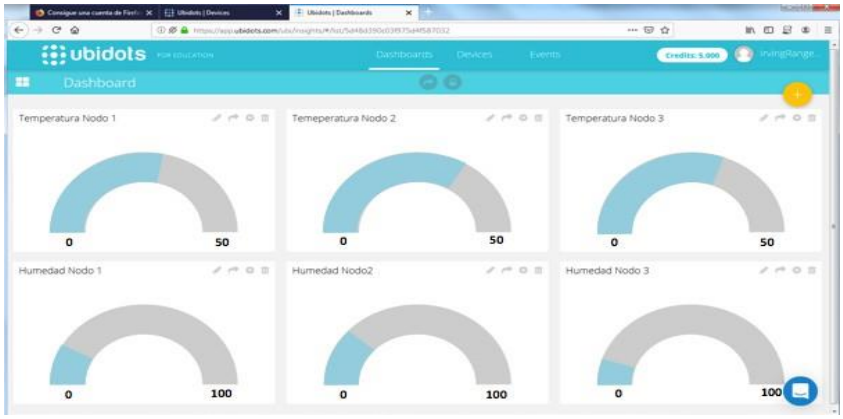


Figura 10. Visualización de las variables en la plataforma Ubidots

Trabajo a futuro

Se pretende utilizar cajas con protección NEMA IP65, ya que este grado de protección nos permitirá poder colocar el nodo sensor a la intemperie. En cuanto a la autonomía de nuestro sistema, se hará un diseño basado en energía solar, colocando un panel solar y un circuito regulador para alimentar baterías de tecnología LiPo, de esta manera garantizaríamos la autonomía de nuestro sistema. Recordemos que utilizamos tecnología Wi-Fi para la conexión a internet a nuestro sistema, en la siguiente etapa utilizaremos un dispositivo hermano al Photon, llamado Electron, este dispositivo trabaja con tecnología 3G, de esta manera tendremos más movilidad a la hora de hacer experimentación en lugares donde no allá conexión a internet por W-Fi.

Conclusiones

En este trabajo demostramos que la versatilidad que puede tener una red de sensores inalámbrica, el poder visualizar y almacenar datos en tiempo real utilizando tecnologías modernas y seguras. En cuanto a la experimentación, se concluyó que a pesar de las edificaciones que se interponían entre los componentes de la red, está en ningún momento se vio afectada, en todo momento se estuvo conectado a la nube y visualizando en tiempo real los datos obtenidos por nos nodo sensor, siendo así una red confiable con un alto grado de precisión.

Referencias

1. M. B. Andrés, Internet de las cosas, 1.a edition. Madrid: REUS, 2018.
2. M. Wollschlaeger and T. Sauter, “The Future of Industrial Communication,” IEEE Ind. Electron. Mag., vol. 11, no. 1, pp. 17–27, 2017.
3. D. Gascón, “TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. Redes de Sensores Inalámbricos, la tecnología invisible,” Tecnol. y Soc., p. 54, 2010.
4. P. Baronti, P. Pillai, V. W. C. Chook, S. Chessa, A. Gotta, and Y. F. Hu, “Wireless sensor networks : A survey on the state of the art and the 802. 15. 4 and ZigBee standards,” vol. 30, pp. 1655–1695, 2007.
5. A. D. Deshmukh and U. B. Shinde, “A low cost environment monitoring system using raspberry Pi and arduino with Zigbee,” in 2016 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), 2016, pp. 1–6.
6. M. Quiñones-cuenca, V. González-jaramillo, R. Torres, and M. Jumbo, “Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas” Enfoque UTE, vol. 7, pp. 329–343, 2017.
7. M. Ríos Marín, L. Sánchez Padilla, y J. Gómez Gómez, SISTEMA DE MONITOREO AGRÍCOLA MEDIANTE REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES – SISMOAGRO, Ingeniería al Día, vol. 2, n.º 2, pp. 4 - 22, jul. 2016.
8. E. R. Tatayo Vinueza, “Implementación de una mini-red de sensores inalámbricos para detección temprana de incendios forestales utilizando hardware y software open source.” Quito : EPN, 2017.
9. BOGDAN Mihai, “How to Use the DHT22 Sensor for Measuring Temperature and Humidity with the Arduino Board,” ACTA UIVERSITATIS CIBINIENSIS – Tech. Ser., vol. LXVIII, no. 2, pp. 22–25, 2016.

10. R. Faludi, Building Wireless Sensor Networks, First Edit. 2010.
11. S. Ferdoush and X. Li, “Wireless Sensor Network System Design using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications,” Procedia - Procedia Comput. Sci., vol. 34, pp. 103–110, 2014.
12. B. K iran, J. Singh, and D. S. Kapoor, “Create Your Own Internet of Things,” IEEE Consum. Electron. Mag., vol. 6, no. 2, pp. 57–68, 2017.
13. S. Umarkar and A. Karwankar, “Automated seed sowing agribot using arduino,” in 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), 2016, pp. 1379–1383.
14. SparkFun XBee Explorer Regulated. [Online]. Available: https://www.sparkfun.com/products/11373
15. SparkFun XBee Explorer USB. [Online]. Available: https://www.sparkfun.com/products/11812
16. H. M. A. Jhon Benitez N., Lisbeth Parra C., “Diseño de plataformas robóticas diferenciales conectadas en topología Mesh para tecnología Zigbee en entornos cooperativos,” Tekhnê, vol. 13, no. 2, pp. 13–18, 2016.

INGENIERÍA INDUSTRIAL

II01 **Propuesta Para Reducir los Defectos Detectados a Partir del AMEF en la Manufactura de Pantalones.** **605**
Jorge Rivera Flores y María Eugenia Carreón Romero.

II02 **Medición de disergonomía en el área de producto terminado utilizando métodos de análisis ergonómicos** 613
Alan Mauricio Ciprés Hernández, Gilberto Chávez Esquivel, Aarón Guerrero Campanur, Francisco Jesús Arévalo Carrasco y Brenda C. Suárez Espinosa.

II03 **Sistema Experto basado en redes neuronales para el reconocimiento de patrones metalográficos** 621
Edgar Augusto Ruelas Santoyo, María Del Carmen Chacón Olivares, Gloria Rebeca Bravo Rivera, Glafira Vázquez Olarra y Antonio Sánchez Luna.

II04 **Análisis Tecnológico Comparativo para la implementación de un sistema automatizado de producción en una purificadora de agua utilizando la metodología 8D** 629
Diana Laura Hernández Barcelata, Alex Montalvo García, Delia Del Carmen Gamboa Olivares, Miguel Ángel Hernández Díaz y Elsa Elena Corona Mayoral.

II05 **Evaluación del proceso de envasado por medio de los métodos ergonómicos: Rodgers, Owas, Niosh, Rula** 637
Raúl Salvador Mejía Pacheco, Gilberto Chávez Esquivel y Aarón Guerrero Campanur.

II06 **OFICI Home Services: Aplicación para reactivar una zona económica.** **645**
Maria Elena Maceda Rodríguez, Martha Martínez Moreno, Miguel Ángel Amaro Hernández, Yazmín Andrea Cryderman Coronel y Gabriel Flores Aguilar.

II07 **Razón Señal a Ruido s/n para una característica de calidad del tipo nominal es mejor** 653
David Ángel Balderas Puga.

II08 **Control y disminución de desperdicios en la producción de empaques flexibles.** 661
Norma Emilia Ordóñez Pacheco, Rebeca Ramírez Ahumada, Raúl Leonel Guzmán Sampayo y Yadira Torres Fernández.

Ii09 **Canal de Distribución indirecto: un análisis de la lealtad del consumidor** 669
Anabel Martínez Guzmán, Margarita Dávila Hernández, Samuel Garrido Roldán, Rosa Laura Patricia Edith Franco González y Olga A. Sierra López.

II10 **Proyecto de mejora y adecuación para la optimización del almacén temporal de una empresa petrolera** 675
Abigail González Cerezo, Maria Elena Maceda Rodríguez, Enrique Antonio Rocha Altamira, Fernando Honorio Fontes Medina y Emigdio De la Fuente Meléndez.

II11 **Estimación del potencial de mercado de la industria automotriz en México por medio de técnicas de suavizamiento exponencial y la metodología Box y Jenkins** 683
Alejandro De Jesús Hernández Peralta, Ramón Vallejo Gallego, Irving Ilhuicamina Mendoza Ruiz, Paula Rosalinda Antonio Vidaña y Luis Enrique López González.

II12 **Auditorías de Proceso por Niveles: Sistema LPA´s en Planta Automotriz de Torreón, Coahuila**. 693
Elva Rosaura Pineda Armendáriz, Francisco Agustín Poblano Ojinaga, Armando Longoria De la Torre, Carlos Yáñez Betancourt y Kelyn Estefanía Sánchez Barrón.

II13 **Implementación de sistema de control de existencias en bodega de plásticos aplicando la técnica ABC.** 700
Alexis Lozano Santos, Arturo Márquez Sandoval, Estela Maria Parra Rozada, Mónica Lizzeth Hernández Lagunes y Arturo Macgluf Issasi.

II14 **Factibilidad del consumo de energía eléctrica del alumbrado para exteriores empleando energías renovables en el ITVER.** 708
Kevin Alexis Pérez Juárez, Mónica Lizzeth Hernández Lagunes, Oscar Pérez Arellano, Eucalit Sánchez García y Ernesto García Pérez.

II15 **Evaluación de la eficiencia en la perforación de barrenos con máquina en una mina subterránea mediante simulación** 716
Joel Everardo Valtierra Olivares, Juan Carlos Baltazar Vera, Israel López Báez, Mario Alberto Corona Arrollo y Osiris Martínez Jiménez.

II16 **Aplicación de herramientas básicas de calidad en una empresa productora de botas** 723
Norma Fabiola Fuerte Rojas, Karla Elizabeth León Albarrán, Liz Azucena González Martínez, Edgar Adrian González Tafolla y Jahir Alejandro Zanella Zaragoza.

II17 **Determinación Óptima de los Parámetros de Formulado de Dope, con Taguchi** 731
Nayeli Montalvo y Aarón Montiel.

II18 **Modelo de simulación en Flexsim del procesamiento del ala de pollo en una planta procesadora de aves** 739
Germán Bravo Báez, Fernando Ortiz Flores, Fernando Ortiz López, Jorge Luis Hernández Mortera y Mario Leoncio Arrioja Rodríguez.

II19 **Análisis de la calidad del servicio, del personal y de las instalaciones en el departamento de mantenimiento de instituciones educativas utilizando SERVPERF** 747
Pahola Guadalupe Vidrio López, Ivo Saúl Caloca García, Miguel Ángel Hernández Díaz y Delia Del Carmen Gamboa Olivares.

II20 **Planeación agregada para la producción de suplementos alimentarios** 755
Minerva Cristina García Vargas, Claudia Itzel Mora Bernal, José Carlos Pérez Mora y Everardo Marín Maya.

II21 **Evaluación del perfil aerodinámico NACA 4424 y NACA 4421 en una pala de aerogenerador eólico de baja potencia con sistema de control pasivo** 764
Joel Everardo Valtierra Olivares, Osiris Martínez Jiménez, Israel López Báez, José Rafael Dorrego Portela y Aníbal Sánchez Toledo.

II22 **Determinación de Pronóstico Financiero en Aseguradora Fianzas Pretelin basado en metodología 5S y Análisis de Regresión Lineal** 772
Jonathan Núñez Esquivel, Walter Daniel Trujillo Hernández, Delia Del Carmen Gamboa Olivares, Miguel Ángel Hernández Diaz y Adalberto Torreblanca Zorrilla.

II23 **Lanzamiento de nuevo producto GEM secundarios en la empresa Henniges Automotive de México**. 780
Elva Rosaura Pineda Armendáriz, Francisco Agustín Poblano Ojinaga, Carlos Yáñez Betancourt, Ana Ernestina Poblano Ojinaga y Julio Enrique Esquivel Carrillo.

II24 **Propuesta metodológica para optimizar la gestión de costo horario de la energía en Chile** 788
Guillermo Zarate Sampedro, Rafael Ordoñez Flores, Luis García Santander, Vicente Flores Lara y Jorge Bedolla Hernández.

II25 **Implementación de acciones para mejorar el funcionamiento de una máquina cortadora de papel** 796
Lucila Guadalupe Tobón Galicia, Liliana Fuentes Rosas, María Del Socorro Flores Serrano y Aristeo Castañeda Hernández.

II26 **Optimización de servicio mediante simulación de eventos discretos** 804
Mónica Pérez Castañeda, Eduardo Berra Villaseñor y Jiram Felipe González Cortés.

II27 **Implementación de una línea de producción de overoles industriales utilizando herramientas de la Ingeniería Industrial** 811
Christian Yazmín Delgadillo Ramírez, Ana Ernestina Poblano Ojinaga, Elva Rosaura Pineda Armendáriz, Brenda Pedroza Figueroa y Karen Vanessa Montejano Ávila.

II28 **Diagnóstico y mejora del proceso de Metalizado en una empresa productora de esferas** 818
Julio Cesar Martínez Hernández, Edgar Jesús Cruz Solís, Manuel Cruz Luna, Virgilio Cuautenco Hernández y Diana Jovana Cruz Márquez.

II29 **Implementación Six Sigma (DMAIC) para REDUCIR la fracción disconforme en procesos de extrusión de cobre** 826
Yasmin Soto Leyva, Arturo Santos Osorio, Rosalía Bones Martínez y Emanuel Mora Castañeda

II30 **Mejora de la calidad en el servicio de restaurante de comida tradicional mexicana** 834
Brisa Berenice Villegas Malagón, Luis Alberto Quiroz Granados, Juan José Maldonado García, Yasmin Elizabeth Reyes Martínez y José Carlos Pérez Mora.

II31 **Formación de panel sensorial para el control de calidad en industria de lácteos** 841
Cristóbal Antonio Hernández Juárez, Héctor Jesús Juan Santiago, Lucas Adolfo García García, Ulises Cortés Silva y Gabriela García Solís

II32 **Producción de algún bien a partir del remanente de madera del proceso de producción de los muebles** 849
José Carlos Pérez Mora, Juan José Maldonado García, Yasmin Elizabeth Reyes Martínez, Brisa Berenice Villegas Malagón y César Primero Huerta.

II33 **La capacitación como factor determinante para impulsar la efectividad gerencial en las empresas artesanales textiles** 856
Susana Sarmiento Paredes, Jorge Carro Suárez, Juan George Zecua, Alejandra Raquel Méndez Flores y Gerardo Sánchez Hernández.

II34 **Evaluación de alternativas con un modelo en SIMIO® para mejorar el proceso de fabricación de adoquines** 864
Aníbal Gaudencio López Cabrera, Constantino Gerardo Moras Sánchez, Alberto Alfonso Aguilar Lasserre, Liliana Fuentes Rosas y María Del Socorro Flores Serrano.

II35 **Evaluación de estrategias de mejora en una nueva línea de producción mediante simulación en SIMIO** 872
José Alfredo Gutiérrez Chico, Constantino Gerardo Moras Sánchez y Guillermo Cortes Robles.

II36 **Análisis estratégico de un sistema calentador de agua** 880
Alfonso Barbosa Moreno, Carlos Eusebio Mar Orozco, Diana Celia Echartea Cuevas, Francisco Javier Aguirre Hernández y Wendy Lucero Zúñiga Antúnez.

II37 **Software innovation for inventors with TRIZ: an ToolKit assisted by integrated manufacturing systems y simulation** 886
Guillermo Flores Téllez, Jaime Garnica González, Joselito Medina Marín, Heriberto Niccolas Morales y Pablo Nuño de la Parra.

II38 **Priorización de venta de nuevos productos en base a atributos, mediante dinámica de sistemas** **894**
Emmanuel Chamorro Rodríguez, Cuauhtémoc Sánchez Ramírez, Susana Pérez Rodríguez, René Zacahula Domínguez y Dulce Mota López.

II39 **Disminución del Consumo Eléctrico de un Sistema de Aire Acondicionado Considerando la Transferencia de Calor en el Interior y Exterior del Espacio Frío** 902
José Martín Medina Flores, Lucio Duarte Gallegos, Arnoldo Maeda Sánchez, Raúl Alvarado Almanza y Pedro Yáñez Contreras.

II40 **Diseño y manufactura de los sistemas de tracción e impresión de un dispositivo de lecto-escritura con impresión Braille** 910
Edgar Jesús Cruz Solís, María Luisa Castro Sánchez, Víctor Manuel Ventura Ahumada, Oscar Antonio Aguayo Tut y Ulises Barzalobre Cruz.

II41 **Análisis de decisión para optimizar una línea de manufactura de partes automotrices.** 918
Manuel García Berthely, Laura Marmolejo García y Luis Tomás Ávalos López.

II42 **Reducción de tiempos de cambio en las líneas de producción en la empresa Coca Cola FEMSA Distribuidora y Manufacturera del Valle de México S. de R. L. de C. V** 926
María Elisa Bendaña Nájera, Lidya Margarita Blanco González, Jorge Arturo Sarmiento Torres, Bruno Adolfo Villalobos Martínez y Salomón Velasco Bermúdez.

II43 **Optimización Estadística del Diseño Termo-Hidráulico de un Intercambiador de Calor del Tipo Tubo y Coraza considerando Costos de Operación y de Inversión** 932
José Martín Medina Flores, Julio Alberto González Gutiérrez, Arnoldo Maeda Sánchez, Pedro Yáñez Contreras y Francisco Gasca Vargas.

II44 **Reducción de desperdicio en el proceso de envasado en una empresa de productos lácteos** **940**
Maria Del Socorro Flores Serrano, Gabriel Sánchez Martínez y Lucila Guadalupe Tobón Galicia.

II45 **Control de inventarios de multi-productos** 948
Carlos Alfonso Paz Molina, Laura Martínez Hernández, María Cristina Martínez Orencio, César Roberto Vázquez Trujillo y Manuel Panzi Utrera.

II46 **Aplicación de técnicas de administración de operaciones para la mejora del sistema de producción de una empresa constructora** 956
Antonio Benito, Hurtado Moreno, Ávila Martínez and Medina Lerma.

II47 **Uso de metaheurísticos para la optimización del flujo de redes de transporte de personal** 964
Arturo Alejandro Domínguez Martínez. G. Solís Rodríguez, M. A. López Jiménez

II48 **Evaluación Ergonómica como medida preventiva en los riesgos ocupacionales** 970
Magdalena Hernández Cortez, María De Lourdes López Cruz y Julio Cesar Flores Contreras.

II49 **Optimización de los procesos del almacén en una empresa Metalmecánica mediante Simulación en FlexSim** 978
Katia Lorena Avilés Coyoli, Luis Gerardo Aldana Alfaro, Salvador Martínez Pagola y Jaime González Nava.

II50 **Análisis de costos logísticos en una cadena de suministro del sector agroindustrial. Estudio de caso** 986

Oscar Iván Yáñez Hernández, Maria Teresa de la Garza Carranza, J. Gonzalez Farias y E. Guzmán Soria.

II51 **Análisis de falla de rieles de transporte en horno de calentamiento de lingotes utilizando Lean Manufacturing** 994
Argenis Emmanuel Rodríguez Mariano, Manuel Alejandro Parra Rangel, Edgar Uriel Martínez Carmona y Ma. Guadalupe Sil Pérez.

II52 **Optimización del nivel de avance de corte en un proceso de maquinado utilizando diseño de experimentos** 1002
Juan Alberto Hernández Morales, Viridiana Sánchez Vázquez y Elizabeth Hernández Méndez.

II53 **Implementación de un modelo de Cross-docking para la optimización de CEDIS mediante simulación** 1008
Luis Aarón Ramírez Robles, Liliana Amador Angón, Gracia Aída Herrera Gónzalez, Claudia García Santos y Eduardo Caballero Montes.

II54 **Optimización de los cálculos de tiempo estándar mediante la automatización del MTM implementando un Software** 1016
Claudia Lissete Castrejón Cerro, Héctor Manuel Ortiz Delgado, Braulio Gabriel Contreras Galván, Valeria Joselyn Avalos Navarro y Daniel Omar Zamora Valdovinos.

II55 **Propuesta de mejora del suministro de cajas de cartón en una empacadora de Lima Persa en Martínez de la Torre, Ver**. 1022
César Argüelles López, Ligia Herrera Franco y Daniel Guzmán Flores.

II56 **Incentivos para aumentar la eficiencia de una línea de producción textil** 1029
Roberto Carlos Carreón Romero, Alfredo Ramírez Torres, Laura Carreón Romero y Maria Eugenia Carreón Romero.

II57 **Aplicación de Diseño de Experimentos para el Desarrollo de una Bebida Veracruzana a Base de Alcohol de Caña** 1036
Elizabeth Eugenia Diaz Castellanos, Karla Diaz Castellanos, Carlos Diaz Ramos, Y. Aguilar Reyes y E. Hernández Aguilar.

II58 **Certificación de recipientes sujetos a presión en una empresa de productos para la construcción**. 1044
Antonio Calderón Jiménez, David Jazmín Marín, Sinuhé Ginés Palestino, Ismael Lima Romero y Víctor Manuel Tinoco Palacios.

Propuesta Para Reducir los Defectos Detectados a Partir del AMEF en la Manufactura de Pantalones

J. Rivera Flores[1], M. E. Carreón Romero[2]*
[1]Academia de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, s/n Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México
[2]Miembro de Cuerpo Académico "Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos", Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México
**jorgeriver7@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Confecciones Textiles de Teziutlán, es una empresa manufacturera de pantalones de Mezclilla, que día a día busca implementar técnicas que optimicen sus procesos con la finalidad de ofrecer productos que cumplan con las características de calidad que los clientes requieren. La metodología AMEF, consiste en poder clasificar los tipos de errores cometidos en cualquier proceso tanto administrativo como productivo, con la finalidad de poder priorizarlos y analizar su grado de efecto en la disminución de la calidad del producto. El extenso siguiente, muestra el desarrollo de la metodología AMEF, aplicada a esta empresa para poder clasificar los errores cometidos durante la manufactura con la finalidad de poder proponer estrategias de mejora que eliminen dichas causas que demeritan la calidad, que se traducen en errores y que, por ende, causan que los tiempos y costos se incrementen.

***Palabras clave**: AMEF, Calidad, Defectos, Pantalones, Maquiladora.*

Introducción

Confecciones Textiles de Teziutlán o mejor conocida como CONFETEX, es una empresa que sienta sus bases el 5 de marzo de 1996, dedicada al lavado y confección de pantalones de mezclilla, brindado trabajo a un grupo considerable de personas de los alrededores de la región, convirtiéndola en una de las empresas más importantes y reconocida de este municipio (CONFETEX, 2018).
Empresa comprometida con sus clientes para ser la mejor opción, escuchando sus necesidades, ofreciendo soluciones innovadoras para el proceso de confección y lavado de mezclilla y así obtener la confianza total para el desarrollo de proyectos. La mezclilla es tratada por una serie de procesos respetando las normas ambientes y de calidad hasta llegar al producto terminado. Debido a su ubicación, considerada como el centro del país, es fácil y rápido el envío de mercancías a los clientes, teniendo cerca la ciudad de México, puerto de Veracruz y cruce fronterizo en la ciudad de Nuevo Laredo Tamaulipas, Mex. De igual forma CONFETEX mas allá de confeccionar pantalones de mezclilla, brinda servicios de valor agregado a sus clientes para que puedan diseñar, desarrollar y finalizar sus proyectos de fabricación de sus propios productos, ofreciendo desde el desarrollo del producto, pruebas de resistencia de tela, patronaje y graduación de prendas, diseño, bordado, trazo, corte y suavizado de prendas.
CONFETEX ha detectado que existen variaciones de calidad debido al gran aumento de producción aunado al incremento del personal involucrado en el proceso de confección de pantalones de mezclilla. Con el objetivo de logar establecer un grado de competitividad y sobresalir en el mercado, esta empresa día a día innova sus procesos de producción, estableciendo convenios de colaboración con instituciones que cuente con el conocimiento. Tal es el caso de Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, en donde docentes tanto del área de sistemas computacionales e ingeniería industrial ayudados por alumnos, se integran al sistema productivo empresarial con la finalidad de poner en práctica los conocimientos, aplicando la metodología AMEF con la finalidad de poder priorizar los tipos de defectos y proponer una estrategia de mejora para la manufactura de pantalones y reducir los defectos aumentando la calidad (ITSTeziutlán, 2010).

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Metodología

AMEF

La metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF, FMEA, Failure Mode and Effects Analysis); en México también se le conoce como análisis modal de fallos y efectos (AMFE), permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para aquellas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para eliminarlas o reducir el riesgo asociado con las mismas. La aplicación estándar de esta metodología se basa en el manual desarrollado para la industria automotriz por Chrysler, Ford y GM, que a la fecha ha desarrollado cuatro ediciones en los años 1993, 1995, 2001 y 2008. (Tello, 2014)

Aplicar AMEF a procesos y productos se ha vuelto una actividad casi obligada en muchas empresas. AMEF es una metodología analítica utilizada para asegurar que los problemas potenciales han sido considerados y analizados a lo largo del diseño del producto y el proceso. (Galeano Hernández & Perez Carrillo, 2017)

Cada AMEF debe asegurar que se da la atención a cada componente del producto o el proceso. A los componentes críticos se les debe dar alta prioridad. (Silva, 2017)

Uno de los factores críticos para la implementación efectiva del AMEF es el tiempo. En el sentido en que la acción se dé antes del evento de la falla, y no después de la falla. De tal forma que el AMEF cobra más valor si se desarrolla en las etapas de diseño del producto y el proceso. (Gomez, 2013)

De cualquier forma, en productos y procesos ya operando, se debe aplicar el AMEF ya sea por primera vez o actualizando los análisis hechos con anterioridad, como una forma de identificar el tipo de fallas potenciales y establecer prioridades para actuar sobre esas fallas. (Silva A. J., 2017)

Desarrollo

La metodología a seguir es la sugerida por Pulido, plasmada en su libro “Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma” ya que sugiere un AMEF específicamente para procesos, ya sea administrativos o industriales, cuyo procedimiento se presenta a continuación y se resumen en la Tabla 2. Cabe recalcar que las letras que a continuación se muestras son para ubicar las columnas de los formatos AMEF. (Pulido & de la Vara, 2013).

(A)Requerimientos de la etapa de función del proceso

El pantalón básico cuenta con alrededor de 58 operaciones, contando con 5 bolsas, que son dos bolsas traseras, dos delanteras y la secreta. (Serrano, 2017)

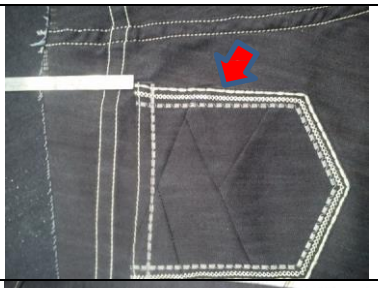
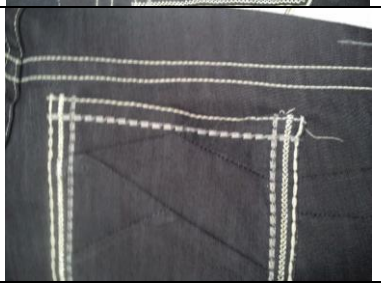


Figura 1. Pantalón básico manufactura en la empresa CONFETEX

 ISSN 2007-8102

Las operaciones, que contienen más errores en la elaboración de pantalón son: pegado de bolsa, segunda bolsa, pegar pretina, pegado de traba, presilla delantera y presilla trasera. (Santiago, 2017)

Tabla 1. Principales operaciones que presentan defectos

Operación	Foto
Pegado de Bolsa	
Segunda Bolsa	
Pegar Pretina	
Pegar Traba	
Presilla Delantera	

 ISSN 2007-8102

Presilla Trasera	

(B)Modo potencial de falla

En esta etapa se anotaron todos los modos potenciales de falla, por cada una de los 6 errores cometidos, resultado de la revisión de operaciones similares, reportes de problemas de calidad y quejas de los clientes,

(C)Efecto potencial de la falla

En esta etapa del AMEF se definen los efectos potenciales de la falla, ya que su efecto negativo puede repercutir en el propio proceso, operación posterior o sobre el cliente mismo, la descripción debe ser lo más específica posible.

(D)Severidad

En esta sección, la severidad de los efectos listados en la columna previa se evalúan en una escala del 1 al 10; si el efecto repercute en el proceso de manufactura y al cliente final, se debe usar la calificación más alta.

(E) Clasificación

En esta sección se identifican o clasifican los modos de falla o las causas que pueden requerir valoraciones adicionales de ingeniería

(F) Causas Potenciales del Modo de Falla

En esta columna se listan las posibles causas para cada modo de falla, entendido como causa de falla a la manera de cómo puede ocurrir esta.

Proceso actual

En esta columna denominada proceso actual, se describen los controles que están dirigidos ya sea para prevenir que las causas de que la falla ocurra o bien para detectar que el modo o las causas de la falla ocurrió.

(G) Controles preventivos

En la sección es necesario hacer la propuesta para prevenir la posibilidad de que la causa o el modo de falla ocurra, o en su defecto reducir la tasa de ocurrencia.

(H)Ocurrencia

En la columna de ocurrencia (H) se estima la posibilidad con la que se espera ocurra cada una de las causas potenciales de falla listadas antes.

(I) Controles

En la columna de controles de detección (I), se debe identificar la causa o el modo de falla, de tal forma que sea posible generar acciones correctivas o tomar medidas reactivas con oportunidad.

(J) Detección

En esta columna se trata de valorar la posibilidad de que los mejores controles listados en la columna de controles preventivos **(G)** detecten el modo de falla o causa.

(K)Número de prioridad de riesgo

El número de prioridad de riesgo es un procedimiento que ha sido usado para ayudar a priorizar las acciones. El NPR se calcula como sigue:

NPR= Severidad (S) x Ocurrencia (O) x Detección (D)

(L) Acciones Recomendadas

En esta sección se hace un análisis de las actividades a considerar para poder disminuir el índice de defectos.

(M) Responsabilidades y Fecha compromiso

En esta sección se debe especificar el nombre del área y persona responsable de completar cada una de las acciones recomendadas, incluyendo la fecha prometida para concluir tales acciones.

(N)Resultados de Acciones

Esta sección identifica los resultados de cualquier acción que se complete y su efecto sobre la evaluación de severidad, ocurrencia y detección.

A continuación, se muestra el formato AMEF en relación al defecto de pegar pretina.

Tabla 2. AMEF para los defectos identificados en la operación de pegar pretina

Análisis de Modo y Efecto de las Fallas

		AMEF Número: 1
		Página: 1
Artículo: Pantalón Básico	**Responsable del Proceso: Roxana Mariano Santiago**	**Preparado por**
Modelo/Año(s)/Programa: 2018	**Fecha Clave: 15 de abril de 2018**	**Fecha AMEF (Original)**
Equipo Principal: Producción		

(A) Etapa/Función del Proceso/Requerimientos	(B) Modo potencial de falla	(C) Efectos potenciales de la falla	(D) Severidad	(F) Causas(s) potenciales de la falla	Proceso Actual				
					(G) Controles Preventivos	(H) Ocurrencia	(I) Controles de Detección	(J) Detección	(K) NPR
Los defectos más recurrentes se presentan en las operaciones de	Pegar pretina	Margen Ancho	9	Mal posición de la Pieza 1	Revisión por día	4	Muestra aleatoria	4	144

 ISSN 2007-8102

		Puntada Caída		Medida 2		3		4	108
		Consumos Incorrectos		Seleccionar trabas correctas 3		4		4	144
		Variación Puntada por Caída		Agujas mal posicionadas 4		5		3	135
		Folleos Incorrectos		Revisar la marca 5		1		1	9
		Agujas Despuntadas		Revisión de máquina 6		2		2	36

Tabla 3. AMEF para reducir los defectos identificados en la operación de pegar pretina que es esta (R)

(L) Acciones Recomendadas	(M) Responsabilidades y fecha prometida	(N) Resultados de acciones				
		(O)Acciones tomadas	(Q)Severidad	(R)Ocurrencia	(S)Detección	(T)NPR
Revisar al inicio de cada operación 1	Omar Islas Martínez/ Enero 2018	Mejorar el audio cuando se realiza el boceo.	5	3	2	30
Revisar al inicio de cada operación 2	Roberto Romero García/Febrero 2018	Indicar a los Operarios la forma ergonómica de sentarse.		2	3	30
Revisar al inicio de cada operación 3	Roxana Mariano Santiago(Marzo 2018	Limpiar o Cambiar las láminas (tragaluz).		4	2	40

Revisar al inicio de cada operación 4	Omar Islas Martínez/ Abril 2018	Revisión diaria de máquina por parte del operario para detectar fallas		2	2	20
Revisar al inicio de cada operación 5	Roberto Romero García/Mayo 2018	Realizar el mantenimiento adecuado a las máquinas.		3	3	45
Revisión en entrega de agujas 6	Roxana Mariano Santiago(Junio 2018	Revisar la aguja antes de colocarla en la máquina.		4	2	40

Propuesta de Mejora

La propuesta de mejora surge al hacer un análisis de los modos potenciales de fallas y con ayuda de diagramas causa efecto. A continuación, se muestra un resumen de las mejoras que la empresa debe trabajar con la finalidad de minimizar el número de fallas:

1. **Mejorar el audio cuando se realiza el boceo**

Cuando se da un cambio de corte, o más bien un cambio del tipo de pantalón a ensamblar, el ruido excesivo de las máquinas no permite que todos los operarios escuchen, confundiendo a veces los lotes de producción.

2. **Indicar a los Operarios la forma ergonómica de sentarse**

El estar sentado por mas de 4 horas en un solo lugar, y en la misma posición cansa al operador, por eso es necesario realizar a futuro un estudio ergonómico en donde se rediseñe el asiento, la altura de la máquina y por ende el operario se siente de mejor manera con la finalidad de ser mas productivo, al estar en un lugar cómodo.

3. **Limpiar o Cambiar las láminas (tragaluz)**

La empresa CONFETEX, se ha caracterizado en poner énfasis en la protección del medio ambiente, para lo cual, para disminuir el consumo de energía eléctrica, hace uso de iluminación natural. En el entendido de la falta de mantenimiento a tales láminas de fibra de vidrio, a estas no se les ha dado limpieza casi desde lo inicios de operaciones de la planta, por lo cual se sugiere cambiar dichas láminas por unas nuevas.

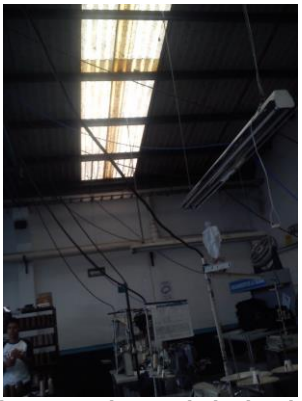


Figura 2. Bloque de la Iluminación Natural

4. **Revisión diaria de máquina por parte del operario para detectar fallas**

Se hace necesaria la instauración de la técnica de Mantenimiento Autónomo, en donde los operarios realicen limpieza y mantenimientos básicos a sus máquinas para lograr mejorar la operación de los equipos.

5. **Realizar el mantenimiento adecuado a las máquinas**

Cabe aclarar que el mantenimiento autónomo debe ser considerado como un soporte para la buena

conservación de los equipos; mas si en cambio el mantenimiento debe ser liderado por el departamento de mantenimiento, dejando actividades de mayor complejidad a mecánicos certificados y no a personas sin conocimientos detallados del funcionamiento de los equipos.

6. **Revisar la aguja antes de colocarla en la máquina.**

Una actividad crucial en la buena operación de la máquina, es que el operador al insertar la aguja a la máquina, deba estar en la posición correcta siguiendo las guías que marca tanto la aguja como el sujetador de la máquina, evitando con esto, el mal funcionamiento del mecanismo.

Trabajo a futuro

Es necesario trabajar en un estudio ergonómico en relación a la posición que guardan los operarios, con la finalidad de poder modificar la estación de trabajo y garantizar una posición cómoda que sea más productiva. Es necesario también instaurar un sistema de mantenimiento total que tome en consideración la participación tanto de los operarios como de la capacitación de mecánicos para certificarse en la reparación de máquina para la industria maquiladora. Es necesario realizar un cambio total del sistema de sonido en la empresa para que se escuchen los anuncios.

Conclusiones

De acuerdo a la tabla 3, las acciones numeradas 5 y 6 no dieron los resultados esperados debido a que es necesario reforzar estas dos estrategias con un plan de mantenimiento productivo total en donde se involucre tanto el personal del departamento de mantenimiento y operarios para lograr optimizar la vida útil de la maquinaria.

La metodología AMEF, es una herramienta efectiva en la detección y priorización de las fallas dentro de los procesos de producción, considerada también como una herramienta que también propone soluciones a dichas fallas. Por su parte la empresa CONFETEX ahora tiene más claro que es lo que esta originando los problemas para así tomas acciones en el entendido de eliminar actividades que originen fallas en las operaciones y por ende repercutan en la calidad de los productos manufacturados. Los alumnos involucrados ahora tienen más conocimientos ya que han llevado a la práctica los conocimientos vertidos en clase, proponiendo mejoras a problemas reales, poniendo de énfasis el aprendizaje significativo.

Referencias

1. CONFETEX. (13 de Junio de 2018). *CONFETEX*. Obtenido de CONFETEX: http://wip.confetex.com/
2. Galeano Hernández, E., & Perez Carrillo, H. H. (7 de Junio de 2017). Análisis de Modo y Efecto de Falla en el Proceso de Extrusión – Soplado en Placa S.A. Bogotá, Colombia.
3. Gomez, A. Z. (2013). Efecto de las técnicas de ingeniería de la calidad en el diseño de productos. *Dialnet*, 409-425.
4. ITSTeziutlán. (13 de 05 de 2010). *Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán*. Obtenido de Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán http://www.itsteziutlan.edu.mx/site2010/index.php?option=com_content&view=article&i d=798%3Aitestezca-1&catid=124%3Apromep&Itemid=125
5. Pulido, H. G., & de la Vara, S. R. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma.* México: Mc Graw Hill.
6. Santiago, R. M. (15 de Diciembre de 2017). Análisis de Factores que Afectan la Calidad en la Producción de Pantalores en la Empresa CONFETEX. Teziutlán, Puebla.
7. Serrano, G. A. (17 de Enero de 2017). Desarrollo de un Sistema de Información para la Automatización del Proceso de Calidad en Líneas de Producción en le Industria de la Confecciónde le Región de Teziutlán, Puebla. Teziutlán, Puebla, México: ITST.
8. Silva, A. J. (2017). Reducción de productos defectuosos en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF. Lima, Perú: Universidad San Ignacio de Loyola.
9. Silva, W. F. (17 de 02 de 2017). Aplicación De La Herramienta Amef Para Mejorar La Productividad De La Línea Hc-1 De Yogurt En Una Empresa Láctea. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
10. Tello, A. V. (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Revista De Medicina Veterinaria*, 133-148.

Medición de disergonomía en el área de producto terminado utilizando métodos de análisis ergonómicos

A.M. Ciprés Hernández[1], G. Chávez Esquivel[2**], A. Guerrero Campanur[3***], F. J. Arévalo Carrasco[4****], B. C. Suárez Espinosa[5*****]*
Academia de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Uruapan, Carr. Uruapan-Carapan 5555, Col. La Basilia, C.P. 60015, Uruapan, Mich. México
* alancipres95@gmail.com
** *gilbertochavez@tecuruapan.edu.mx*
*** *aaronguerrero@tecuruapan.edu.mx*
**** *franciscoarevalo@tecuruapan.edu.mx*
***** *brendasuarez@tecuruapan.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

La ergonomía es el estudio del ser humano en su ambiente laboral logrando con esta misma mejorar y garantizar una mejor calidad de vida a todos los trabajadores, y al mismo tiempo que los mismos se pueden desempeñar mejor y aumentar su productividad.
En la presente investigación se realiza una medición de disergonomía para determinar los factores que generan lesiones musculares, identificando las actividades que generan más daños a los operadores esto con el fin de optimizar el bienestar humano y el desempeño total del sistema.

Palabras Clave: Análisis ergonómico, lesiones musculares, optimizar, disergonomía.

Abstract

Ergonomics is the study of the human being in his work environment achieving with this same improve and ensure a better quality of life for all workers, and at the same time they can perform better and increase their productivity.
In the present investigation, a disergonomy measurement will be carried out to determine the factors that generate muscular injuries, identifying the activities that generate the most damage to the operators, in order to optimize the human welfare and the total performance of the system.

Keywords: Ergonomic analysis, muscle injuries, optimizing, disergonomy.

Introducción

El aguacate ha sido uno de los productos agrícolas de México que mayor dinamismo ha presentado en años recientes. Su importancia en la superficie sembrada y cosechada en la actividad agrícola del país, en la economía de los habitantes de ciertas zonas y su impacto en las exportaciones del sector agropecuario hacen del aguacate un producto por demás relevante para el estudio y análisis de su contribución a la actividad económica del país.
Gracias a su alto impacto económico que genera, toda la industria que se dedica al trabajo con el aguacate, cada vez existe más competencia y esto obliga a las empresas a mejorar constantemente, ofreciendo un servicio y productos con mejor calidad.

La empresa en donde se realizó la investigación, se dedica única y exclusivamente al procesamiento del aguacate, cumpliendo siempre con los más altos estándares de calidad que se requieren y con las legislaciones nacionales e internacionales establecidas.
Actualmente se ha registrado un alto índice de operadores(as) con lesiones en diferentes partes de su cuerpo, esto en diferentes áreas de la empresa, por lo que se requiere hacer una medición de la disergonomía, ya que esta es una de las causas principales y así implementar mejoras ergonómicas para disminuir las lesiones.
La ergonomía es el estudio del ser humano en su ambiente laboral logrando con esta misma mejorar y garantizar una mejor calidad de vida a todos los trabajadores, y al mismo tiempo que los mismos se pueden desempeñar mejor y aumentar su productividad.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Metodología

Método Suzanne Rodgers

El análisis ergonómico de funciones de la Dra. Rodgers (1993) se basa en la fatiga de los músculos del cuerpo al realizar una tarea específica. La Dra. Rodgers ideó un formato de análisis para ir computando las clasificaciones que se les dan a seis grupos principales del cuerpo para obtener su nivel de urgencia de cambio tomando en cuenta el nivel, tiempo y frecuencia de esfuerzo.
El método consiste en dar una calificación a cada uno de los seis grupos de las partes del cuerpo basados en consideraciones que da la Dra. Rodgers (cuello/hombros, espalda, brazos/codos, muñecas/dedos, piernas/rodillas y tobillos/pies/dedos) y anotar estas calificaciones en el formato para obtener su nivel de urgencia, el cual puede ser extremadamente alto, alto o moderado.

Método OCRA

El método del índice OCRA (OCcupational Repetitive Actions) fue definido por Daniela Colombini y Enrique Occhipinti en 1998 y establece un criterio para determinar la exposición al riesgo de trastornos musculo-esquelético asociados al desarrollo de movimientos repetidos por las extremidades superiores. Es un método de evaluación a aplicar en tareas repetidas de extremidades superiores con ciclos definidos de trabajo (manufactura de componentes mecánicos, aplicaciones eléctricas, automóviles, textiles, industrias cárnicas y de procesamiento de alimentos, cerámicas, etc.).
Este índice pretende, por un lado, identificar y descartar situaciones carentes de riesgo y, por otro, agrupar y clasificar aquellas que constituyen un riesgo en función de su gravedad y ha sido designado en las normas ISO 11228-3:07 y UNE-EN 1005-5:2007 método de elección para evaluación de trabajos en los que intervienen estos movimientos.
Para aplicar el método es necesario definir los siguientes términos: Turno de trabajo, Tarea, Ciclo, Acción técnica, Los factores de riesgo que se consideran son: Recuperación, Repetitividad, Frecuencia, Fuerza, Postura, Factores adicionales.
OCRA calcula el índice de exposición a movimientos repetitivos de los miembros superiores, es decir, el número de acciones llevadas a cabo por los miembros superiores, diariamente, en tareas repetitivas, en relación al número de acciones recomendadas. Se puede simplificar la formula, para obtener el índice conciso de exposición de esta manera:

$$OCRA = At/Ar$$

At: número total de acciones técnicas que se llevan a cabo durante un turno.
Ar: número de acciones técnicas recomendadas para llevar a cabo durante un turno

Se considera que el nivel de exposición a tareas con movimientos repetidos comienza a significar de riesgo de lesión musculo-esquelética para la extremidad superior cuando IE>2.2. Además, cuando mayor sea el índice, mayor será el riesgo. Más concretamente, podríamos hablar de los niveles de exposición:

1- Si el valor de IE es igual o menor a 2.2, sin riesgo (área verde).
2- Si IE se encuentra entre 2.3 y 3.5 (área verde/amarillo o de riesgo no relevante) el riesgo no es significativo en la génesis de WRMD. En estos casos se debe realizar vigilancia de la salud y, donde sea posible, iniciar medidas de mejora de las condiciones de trabajo, educación y entrenamiento de los trabajadores expuestos, rotación.
3-IE mayor de 3.5 (área roja) indica riesgo significativo o elevado. Las condiciones de trabajo deben ser analizadas y realizar cambios en función de los factores de riesgo demostrados.

Se debe calcular un índice de exposición para cada extremidad superior, a menos que el trabajo se pueda considerar simétrico.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Método Suzanne Rodgers

Se dividió el área de Producto terminado en 4 secciones, para determinar en qué zona están más expuestos los trabajadores a lesionarse, para evaluar cada sección con método ergonómico Suzanne Rodgers, verificando que tipo de desgaste se tiene, el esfuerzo que se realiza mediante la ponderación utilizada por él método y posteriormente sugerir las mejoras a modo que beneficien el bienestar y productividad de los trabajadores.

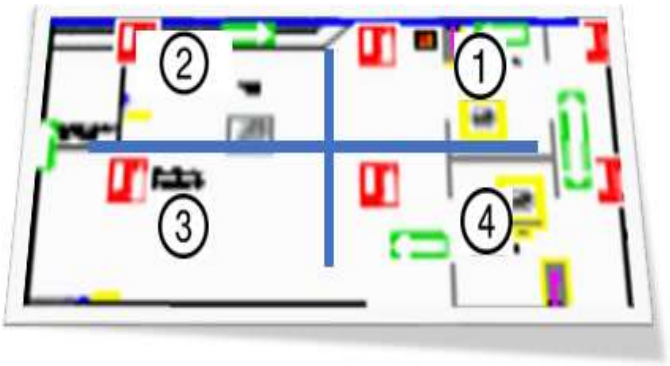


Ilustración 1. División del área de Producto Terminado

Una vez dividida el área de producto terminado hemos realizado una tabla en donde se pueda apreciar de una manera más clara en que zona ocurrió el accidente, que parte de su cuerpo terminó afectada y en qué mes se suscitó.

	AREA	MESES								Σ	OTRAS	
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO			
MANO	A1	1	2	1	1				1	6	2	
	A2									0		
	A3		3		1			2	1	7		
	A4									0		
TRONCO	A1							2		2	2	
	A2									0		
	A3	3	2			1		1	2	9		
	A4							1	1	2		
MIEMBRO SUPERIOR	A1	1	1						1	3	1	
	A2									0		
	A3	1	1		2	2		2	3	11		
	A4		1							1		
									TOTAL	41	5	46

Tabla 1. Análisis de lesiones en base a la zona del cuerpo afectada

Se tuvo un registro de 59 trabajadores que sufrieron algún tipo de lesión, todos ellos son del área de Producto Terminado, más sin embargo no todas las lesiones fueron originadas en mencionada área, ya que muchas veces por diferentes circunstancias se mueven de área algunos operadores y algunas otras lesiones se originaron en el trayecto de sus casas al centro de trabajo o, al contrario.

En base a la información mencionada anteriormente ya con el análisis de Pareto que se llevó a cabo se determinaron 3 zonas del cuerpo donde las lesiones son más frecuentes y las 4 secciones de la zona de trabajo en donde se originaron 41 lesiones.

SECCIÓN	NUMERO DE LESIONES
A3	27
A1	11
A4	3
A2	0

Tabla 2. Secciones de Producto Terminado

Como resultado se obtuvo que en la sección 3 del Área de Producto Terminado en donde están los trabajadores más expuestos a sufrir algún tipo de lesión, esto por las actividades que desempeñan, las cuales son:

Actividad	Numero de lesiones
Estibado de cajas con producto terminado en tarimas	7
Empacado de productos en cajas de cartón	7
Abastecer la banda de producto	5
Encintado de cajas con producto terminado	3
Flejado de Pallet	3
Etiquetado de producto	2
Armado de cajas de cartón	0
Movimiento de cargas (tarima con producto terminado)	0
TOTAL	**27**

Tabla 3. Actividades de Producto

Se suscitaron 27 accidentes dentro de las actividades de la zona de trabajo los otros fueron originados por otras causas.

 ISSN 2007-8102

Una vez que se ha definido el puesto de operador general como prioridad, lo anterior basados en la cantidad de tareas, se requiere hacer un análisis para determinar que el proceso de envasado es la actividad con mayor riesgo de provocar una lesión musculo esquelética. El primer análisis se determinará por medio del método Rodgers.

Se llegó a la conclusión de que la tarea que genera más desgaste y mayor riesgo de sufrir una lesión es Estibado de cajas con producto terminado en tarimas y con esta información podemos comenzar con la aplicación de los siguientes métodos ergonómicos.

ANALISIS DE SUZANNE RODGERS								
Trabajo: Estibado de cajas con producto terminado en tarimas					*Analista:*			
Tarea: Transportar las cajas de la banda hacia la tarima e irlas estibando. *Turno:Matutino*					*Alan Mauricio Cipres H.*			
NIVELES DE ESFUERZO Si es un esfuerzo que la mayoría no puede hacer califique con 4					CALIFICACIONES			
PARTE	**LIGERO - 1**	**MODERADO - 2**	**ALTO - 3**		**ESF**	**DUR**	**FREC**	**CALIF**
Cuello	Cabeza volteando ligeramente a un lado, atrás o levemente hacia delante	Cabeza volteando a un lado o 20 grados hacia delante	Igual que moderado pero extensión fuerte hacia atrás o peso o muy flexionada hacia delante		2	1	2	212
Hombros	Brazos ligeramente alejados a los lados, brazos extendidos con algo de soporte	Brazos lejos del cuerpo, sin soporte, trabajando arriba de la cabeza	Ejerciendo fuerza o sosteniendo peso con brazos lejos del cuerpo o sobre la cabeza	DER	3	2	2	322
				IZQ	3	2	2	322
Espalda	Inclinando hacia un lado,o flexionando arqueando la espalda	Flexionando al frente; sin carga, cargando pesos moderados cerca del cuerpo, trabajando arriba de su cabeza	Cargando o ejerciendo fuerza mientras gira su columna, alto esfuerzo o peso mientras flexiona		3	2	3	323
Brazos Codos	Brazos lejos del cuerpo, sin carga;esfuerzos ligeros cargando cerca del cuerpo	Rotando (pronación supinación de brazos) mientras se jerce fuerza moderada.	Alto esfuerzo ejercido con rotación, cargando con brazos extendidos.	DER	3	2	1	321
				IZQ	3	2	1	321
Mano Muñeca Dedos	Muñecas rectas ; agarres confortables	Agarres con ángulos de muñeca moderados especialmente en flexión, con moderado esfuerzo.	Pinzamientos frecuentes; muñeca muy estresada;alto esfuerzo.	DER	2	1	2	212
				IZQ	2	1	2	212
Pierna Rodilla	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	DER	2	2	2	222
				IZQ	2	2	2	222
Tobillo Pie Dedos	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	DER	2	2	2	222
				IZQ	2	2	2	222

Aplicación del método OCRA

En una procesadora de aguacate se analiza el proceso de estibado de cajas con producto terminado en tarimas. El tiempo estimado por ciclo se estima en 21 segundos. El peso de las cajas varea con un peso máximo de 25 kg.
Es una tarea en donde te mantienes de pie toda la jornada laboral. El operador debe coger la caja que salga de la banda con las manos, girar 180°, transportar la caja hacia el pallet, dejar la caja y acomodar la caja de manera entrelazada en el pallet.

 ISSN 2007-8102

Cada determinado número de cajas dependiendo la presentación del producto, se completa el pallet y esto implica que se comience a trabajar en un pallet nuevo el cual puede demorar un poco más en tiempo ya que se requiere más esfuerzo al agacharse y comenzarlo a acomodar.
Solución
Tras seleccionar el método, y una vez agregado la tarea, seleccionamos las características organizativas de la tarea o el puesto, que en nuestro caso se considera repetitiva.
Por otra parte, sabemos que el tiempo total de reposo es de 30 minutos y la tarea se realiza a jornada completa (480 minutos), el tiempo neto de la tarea es: 480-30=450 minutos.

Tarea: Estibado de cajas
Observaciones:
Repetitiva: SI

	Brazo Izquierdo	Brazo Derecho
Duración de la tarea en un turno (minutos)	450	450
Duración media del ciclo (segundos)	60	60
Total de acciones por ciclo	8	8
Frecuencia de acciones (nº de acciones/min.)	8	8

Acciones		
Nombre de la acción	**Nº veces dcha.**	**Nº veces izq.**
Alcanzar la caja de la banda	1	1
Coger la caja	1	1
Transportar la caja	2	2
Dejar la caja	1	1
Acomodar la caja	3	3

Factor fuerza, Ff (esfuerzo percibido)

Brazo Izquierdo	
Fuerza en Borg	**% tiempo de la tarea**
2	66.67
3	33.33
3	33.33

Brazo Derecho	
Fuerza en Borg	**% tiempo de la tarea**
2	66.67

Brazo Izquierdo		Brazo Derecho	
Fuerza media ponderada (Borg)	**Factor Ff**	**Fuerza media ponderada (Borg)**	**Factor Ff**
2.3333	0.58334	2.3333	0.58334

 ISSN 2007-8102

Factor postural, Fp

Brazo Izquierdo				Brazo Derecho			
Hombro	Codo	Mano	Muñeca	Hombro	Codo	Mano	Muñeca
24	12	10	12	24	12	10	12

Fp Brazo Izquierdo	Fp Brazo Derecho
0.33	0.33

Factor de repetitividad Fr		Factor de coeficientes adicionales Fa	
Brazo Izquierdo	Brazo Derecho	Brazo Izquierdo	Brazo Derecho
0.7	0.7	0.8	0.8

CF	Ff		Fp		Fa		Fr		Duración		Nº Acc. Rec.	
	Izq.	Dch.	Izq.	Dch.	Izq.	Dch.	Izq.	Dch.	Izq.	Dch.	Izq.	Dch.
30	0.58334	0.58334	0.33	0.33	0.8	0.8	0.7	0.7	450	450	1455.32	1455.32

CF: Constante de frecuencia de acciones, (n° de acciones/min)

Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos en la aplicación de los 3 diferentes métodos ergonómicos ayudándonos del software ErgoPreven se llegó a la conclusión que una de las principales fallas de los trabajadores al momento de realizar las actividades son las malas posturas corporales al momento de realizar las tareas.
Una mala postura corporal puede causar algunas de las siguientes consecuencias:

.Dolor de cuello, hombros y espalda
.Desalinear huesos y músculos, y afectar el movimiento de las articulaciones
.Desgastar la columna vertebral, haciéndola más frágil
.Disminuir la flexibilidad y elongación
.Afectar el equilibrio y, en consecuencia, aumentar el riesgo de caídas y lesiones
.Dificultar la digestión y la respiración

Otro aspecto a considerar es que solo en el área solo existe una pausa y es para comer, no están bien establecidos pausar para hacer ejercicios musculares para relajar todas las extremidades utilizadas durante la jornada laborar.
Como propuesta seria revisar más a detalle las tareas realizadas y la forma en que la realizan los diversos trabajadores para conforme en esas observaciones implementar la manera correcta de hacer las actividades, la que genere menos desgaste al trabajador, pero no dejando de lado la productividad del trabajador esto para beneficio tanto de la empresa como de los trabajadores.
Mas capacitación a los trabajadores e implementar un programa de pausas laborales para realizar los diferentes ejercicios para relajar los músculos y así disminuir el porcentaje de caer en una lesión por la realización de actividades repetitivas.

Agradecimientos

Agradezco al Ingeniero Gilberto Chávez por motivarme a hacer las cosas de la mejor manera posible, por transmitirme todos sus consejos y conocimientos y por inculcarme el gusto de la ergonomía.

Referencias

(1) Benjamin Nievel, A. F. (2001). *Ingenieria Industrial.* Mexico: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V.

(2) BUSTILLOS, M. E. (2005). *Listas de verificación, métodos y modelos matemáticos para evaluación ergonómica de ambientes de trabajo-Segunda parte. METODOS DE EVALUACION ERGONOMICA.*

(3) Cruz, S. T., Esquivel, G. C., & Campanur, A. G. (2017). Comparativa de los métodos de análisis ergonómicos OWAS, RULA y REBA en empacadoras de agucate. *Coloquio de Investigación multidiciplianria Journal CIM*, 497-503.

(4) Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación del riesgo por movimientos repetitivos mediante el Check List Ocra.* Obtenido de Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.

(5) J. Alberto Cruz G., G. A. (2001). *PRINCIPIOS DE ERGONOMIA.* Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. .

(6) Pacheco, R. S., Esquivel, G. C., Carrasco, F. J., & Campanur, A. G. (2018). *Evaluación del proceso de envasado por medio de los métodos ergonómicos; Rodgers, Owas, Niosh, Rula.* Uruapan, Michoacán, Mex.

SISTEMA EXPERTO BASADO EN REDES NEURONALES PARA EL RECONOCIMIENTO DE PATRONES METALOGRÁFICOS

E. A. Ruelas Santoyo[1,] M.del C. Chacón Olivares[2,] G. R. Rivera Bravo[3], G. Vázquez Olarra[4], A.Sánchez Luna[5].

[1,3] Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Departamento de Ingeniería Industrial, Carretera Irapuato - Silao km 12.5. Irapuato, Guanajuato, México. 01 462 606 79 00.

[2]Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Departamento de Ingeniería en Logística, Carretera Irapuato - Silao km 12.5. Irapuato, Guanajuato, México

[5]Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Departamento de Ingeniería en Materiales, Carretera Irapuato - Silao km 12.5. Irapuato, Guanajuato, México

[4]Universidad Politécnica De Pénjamo, Licenciatura en Administración y Gestión Empresarial. Carretera Irapuato - La Piedad Km 44, Predio El Derramadero, Pénjamo, Guanajuato, México.

edruelas@itesi.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente artículo describe el desarrollo de un sistema capaz de reconocer patrones metalográficos en el acero de baja aleación 2.25Cr-1Mo clasificado según la norma ASTM A200 grado T22. Los patrones son generados en el acero debido a que han sufrido una afectación en su microestructura por condiciones de trabajo en elevadas temperaturas dentro de plantas termoeléctricas. El sistema está compuesto por una red neuronal artificial perceptrón multicapa aplicada al reconocimiento de patrones metalográficos y el procesamiento digital de imágenes a partir de los momentos invariantes de Hu. Los resultados mostraron que el reconocimiento de patrones en el material se realiza con una exactitud promedio de 96.58%.

***Palabras Clave:** Red neuronal artificial, procesamiento digital de imágenes y análisis metalográfico*

Abstract

This paper describes the development of a system capable of recognizing metallographic patterns in low alloy steel 2.25Cr-1Mo classified according to ASTM A200 grade T22. The patterns are generated in the steel because they have suffered an affectation in their microstructure due to working conditions in high temperatures inside thermoelectric plants. The system is composed of an artificial neural network perceptrón multilayer applied to the recognition of metallographic patterns and the digital processing of images from the invariant moments of Hu. The results showed that the recognition of patterns in the material is performed with an average accuracy of 96.58%.

***Key words**: Artificial neural network, digital image processing and metallographic analysis*

Introducción

La metalografía es la ciencia que estudia la constitución y estructura de los metales y aleaciones [Newell, 2016]. A través de los estudios metalográficos se establece la relación que existe entre la composición, estructura y propiedades. Las técnicas de metalografía óptica se emplean para estudiar las características y constitución interna de los materiales a escala micrométrica. Mediante la aplicación de las técnicas de metalografía óptica puede extraerse información cualitativa y cuantitativa en relación con diversas fases, daño interno y algunos defectos a partir de imágenes metalográficas [Newell, 2016]. Dichas imágenes revelan el estado y salud del metal o aleación y, bajo un conjunto de condiciones, pueden predecir el comportamiento del metal o aleación. El comportamiento del acero de baja aleación 2.25Cr-1Mo grado T22 presenta patrones metalográficos desde el inicio hasta el final de su vida útil, ver Fig. (1): 1(a) perlita esferoidal, 1(b) descarborización y 1(c) nódulos de grafito.

 ISSN 2007-8102



(a) (b) (c)

Fig. 1: Patrones metalográficos estudiados. Fuente propia.

Los aceros de baja aleación contienen una cantidad de elementos aleantes que no supera el 8% en peso. El uso de elementos como el Cromo y el Molibdeno en una aleación de acero aumentan la resistencia y tenacidad. Los aceros de baja aleación de la serie Cromo-Molibdeno (Cr-Mo) presentan una excelente resistencia al trabajo bajo altas temperaturas, por lo que son utilizados en plantas termoeléctricas donde operan equipos que trabajan a temperaturas elevadas (350-800°C), dichos equipos comprenden: conductores de agua y vapor utilizados en calderas y turbinas. El material generalmente permanece en servicio tiempos prolongados, lo que ocasiona un fenómeno de fragilización que conduce a la disminución progresiva de tenacidad, esto depende del tiempo y temperatura de operación [Newell, 2016]. El acero de baja aleación más utilizado como conductor en tuberías de calderas dentro de plantas termoeléctricas es el material 2.25Cr-1Mo clasificado según la norma ASTM A200 grado T22, con las especificaciones establecidas en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición (%W) aleación T22

Carbono C	Silicio Si	Manganeso Mn	Cromo Cr	Molibdeno Mo	Fosforo P
0.12	0.3	0.45	2.25	1	0.013

La resistencia de los aceros de baja aleación en altas temperaturas, radica en la estabilidad de los carburos presentes. Una vez que el material se haya sometido a una elevada temperatura durante cierto tiempo, el acero comienza a manifestar variaciones en sus propiedades debido al cambio de la morfología de los carburos aleados, el fenómeno ocasionado es la dispersión de los carburos hacia el límite del grano, acción que puede apreciarse de forma progresiva a partir de la microestructura del acero. En un acero de baja aleación T22 sin afectación por temperatura los granos de perlita se presentan de forma esferoidal y, micro estructuralmente hablando, es el estado más estable del acero. Sin embargo, cuando se somete el material durante tiempos prolongados a altas temperaturas cercanas a la temperatura eutectoide A1 (723°C), se puede producir una difusión de los carburos a lo que se le denominará descarborización. En caso de que el acero presente una afectación más severa y prolongada comienza la aparición de nódulos de grafito en las fronteras de grano, generalmente a temperaturas por encima del A1 [Newell, 2016].

Para vigilar el daño sufrido en los conductores fabricados a partir del acero T22, es necesario extraer muestras y evaluar el estado de los elementos. Solo así es posible establecer un mantenimiento preventivo y no incurrir en mantenimientos correctivos que generarían costos inesperados. El programa de mantenimiento dentro de una planta de energía incluye la supervisión de la salud de las estructuras metálicas, incluidos los conductos de vapor y agua que funcionan a altas presiones y temperaturas [Singh, 2017]. Debido a que el acero de baja aleación grado T22 es sometido a condiciones de altas temperaturas se generan diferentes estados en su microestructura de forma repetitiva, pudiendo así denominar patrones metalográficos a las fases de perlita esferoidal, descarborización y nódulos de grafito. Los patrones metalográficos actualmente deben ser diagnosticados por expertos en la disciplina a partir de una imagen micro estructural del material de forma visual. En caso de no contar con un experto y utilizar información cualitativa, existe una alta probabilidad de emitir diagnósticos sobre la salud de los materiales conductores de forma errada lo que traerá como consecuencia mantenimientos correctivos en lugar de preventivos y de esta forma incurrir en pérdidas de tiempo y altos costos en plantas generadoras de energía [Singh, 2017]. El artículo presenta el desarrollo de un sistema neuronal mediante el cual es posible realizar un reconocimiento del patrón metalográfico presente en aceros de baja aleación. La red neuronal artificial (RNA) utilizada en el sistema es la perceptron multicapa, las redes feedforward son eficientes en aplicaciones de clasificación-reconocimiento de patrones debido a su gran capacidad de generalización [Orhan, 2016] y [Kayacan, 2016].

En la fase de clasificación-reconocimiento de los patrones metalográficos es indispensable generar una señal de entrada para la RNA, para ello las imágenes metalográficas son analizadas como texturas, actualmente los métodos estadísticos son un referente en la caracterización de texturas. Otros métodos utilizados recurrentemente en la bibliografía es la generación de momentos invariantes a partir de una imagen para su descripción. El método seleccionado en el presente trabajo son los momentos invariantes Hu, debido a que se obtienen características de la imagen invariantes a traslación, rotación, escala y transformaciones afines.

Antecedentes

Se han realizado investigaciones donde comprobaron los beneficios de la inteligencia artificial en el campo de los materiales, con el fin de emitir diagnósticos sobre el grado de afectación y clasificación de fallas. En el trabajo presentado por [Bastidas, 2016], se describe un proceso fractográfico el cual representa el principal medio para la clasificación de fracturas en metales. En la investigación se hace relevancia a que un análisis de fallas se basa en la inspección visual por lo que es requerido personal calificado, de lo contrario aumenta la posibilidad de errores en todo el proceso. La aportación del trabajo es el desarrollo de un sistema experto que emplea redes neuronales y el procesamiento digital de imágenes con el fin de clasificar tres tipos de fracturas en los metales como lo haría un experto, logrando un 80% de precisión. Otro sistema de inteligencia artificial aplicado para estudiar el deterioro en materiales fue desarrollado por [Mousavifard, 2015], en la investigación se presentan un sistema que integra el uso de redes neuronales y lógica difusa con el fin de predecir la tasa de corrosión en un acero galvanizado. En [Iacoviello, 2017], se aborda el problema de la clasificación de muestras de fundición dúctil; primeramente, se identifican los nódulos presentes en cada espécimen determinando sus formas morfológicas, estas características son adecuadas para extraer las características globales de la muestra, para posteriormente desarrollar un procedimiento para entrenar una RNA basada en las características extraídas. Dentro de la investigación de [Singh, 2017], se utiliza una RNA multicapa para predecir la deformación de los aceros con alto contenido de carbono que fueron sometidos a temperaturas entre 750 °C y 1050 °C. El entrenamiento de la RNA se realiza a partir de los parámetros: temperatura, índice y velocidad de deformación.

La gestión de la operación de plantas de energía recae enormemente en la evaluación continua de la integridad estructural de los componentes que conforman este tipo de plantas. En el caso de las tuberías, en su mayoría son sometidas a niveles críticos de presión. En el trabajo presentado por [Mathew, 2017], se caracterizan perfiles de estrés residual de soldadura austenítica en tuberías de acero inoxidable, usando una metodología que incluye redes neuronales artificiales. El uso de materiales compuestos en aplicaciones industriales está en constante crecimiento. Sin embargo, la detección y predicción de fallas en estos materiales no es tan simple como en los materiales tradicionales. En [Ruelas, 2015], se propone un sistema neuronal–difuso enfocado a reconocer estados de afectación presentes en el acero al carbón a causa de temperaturas elevadas, la RNA es entrenada mediante estadísticos de primero, segundo y tercer orden. La arquitectura del sistema difuso es compuesta por tres entradas y una salida, la finalidad es estimar en un rango de [0,10], en nivel de daño presente en el acero al carbón. De acuerdo a la revisión realizada, se observa que el uso de herramientas de inteligencia artificial son mecanismos viables de estimación y clasificación de daños generados en diferentes materiales utilizados en el sector industrial. Por el lado del procesamiento digital de imágenes se demuestra que un método eficiente para caracterizar las propiedades estructurales de los materiales bajo el enfoque de texturas y extracción de características, en la revisión literaria realizada no se presentan trabajos que expongan una comparación de métodos estadísticos y momentos invariantes en el análisis de estructuras metalográficas de aceros de baja aleación del tipo T22 como se muestra en la presente investigación.

Metodología

Procesamiento digital de la imagen.

El procesamiento digital de la imagen inicia con la obtención de la imagen metalográfica, que consta de operaciones consecutivas. De acuerdo con [ASTM, 2001], la primera operación es cortar el material afectado, así se analizan pequeñas secciones que permitan revelar información sobre las causas que propiciaron el daño. El segundo paso es la fabricación de una probeta con resina epóxica, lijada y pulida con una solución de carburo de silicio hasta obtener un acabado espejo posteriormente se aplica una solución Nital sobre la probeta con una concentración de 4% durante cinco segundos para revelar la microestructura. Finalmente, la muestra es

 ISSN 2007-8102

observada por un experto usando un microscopio invertido metalográfico (Olympus-GX71) y un analizador de imágenes (Analysis-Five). Una vez tomada la imagen puede ser almacenada para su futuro procesamiento. Para el desarrollo del sistema se caracterizan las imágenes metalográficas a partir de los momentos invariantes de Hu.

En el procesamiento digital de la imagen como primer paso se aplica la transformada Wavelet, que es utilizada para obtener de las señales un conjunto de características en el plano Tiempo-Frecuencia, lo cual resuelve el problema en caso de que una imagen presente características aperiódicas importantes [Bachmann, 2016]. Existen diversas formas de generalizar la transformada wavelet 1D a 2D. Se necesita una función de escalado 2D φ(x,y) y tres de wavelets 2D: ΨH(x,y),ΨV(x,y) y ΨD(x,y), que son separables de la Ec. (1).

$$\varphi(x,y) = \varphi(x)\varphi(y), \psi^H(x,y) = \psi(x)\varphi(y), \psi^{V(x,y)} = \varphi(x)\psi(y), \psi\text{^}D(x,y) = \psi(x)\psi(y) \qquad (1)$$

Ahora las funciones de base 2D son:

$$\varphi_{j,m,n}(x,y) = 2^{j/2}\varphi(2^j x - m, 2^j y - n) \qquad (2)$$
$$\psi^i_{j,m,n}(x,y) = 2^{j/2}\psi^i(2^j x - m, 2^j y - n) \qquad (3)$$

Dónde:

$\varphi_{m,n}(x,y) =$ Funciones de escalonado
$\psi^i_{m,n}(x,y) =$ Función wavelet madre

Siendo:

$$i = \{H(Horizontal), V(Vertical), D(Diagonal)\}$$

Dada una imagen y empleando las Ec. (2) y (3), la transformada Wavelet la descompone en una sub-imagen de baja frecuencia y un conjunto de detalles de alta frecuencia. Ver Fig. (2). 2(a) imagen original, 2(b) 2(c) y 2(d) descomposición horizontal, vertical y diagonal respectivamente. 2(e) Imagen reconstruida.

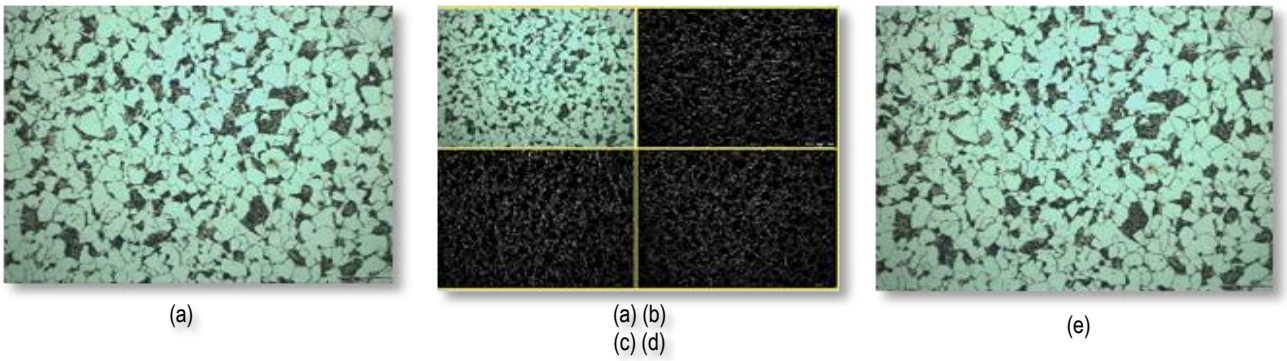


Fig. 2: Aplicación de la transformada Wavelet. Fuente propia.

Una vez aplicada la descomposición Wavelet, es necesario extraer un vector de características que permita caracterizar la textura.

Momentos invariantes de Hu.

Los momentos invariantes de Hu son descriptores de forma que permiten identificar características de objetos en imágenes que no dependen del tamaño, la posición, la rotación, las distorsiones, entre otros [Yu, 2017]. Los siete momentos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Momentos Invariantes de Hu

$\mathbf{h_1 = n_{20} + n_{02}}$

$\mathbf{h_2 = (n_{20} + n_{02})^2 + 4n_{11}^2}$
$\mathbf{h_3 = (n_{30} + 3n_{12})^2 + (3n_{21} - n_{03})^2}$
$\mathbf{h_4 = (n_{30} + n_{12})^2 + (n_{21} - n_{03})^2}$
$\mathbf{h_5 = (n_{30} - 3n_{12})(n_{30} + n_{12})[(n_{30} + n_{12})^2 - 3(n_{21} + n_{03})^2] + (3n_{21} - n_{03})(n_{21} + n_{03})[3(n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2]}$
$\mathbf{h_6 = (n_{20} - n_{02})[(n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2] + 4n_{11}(n_{30} + n_{12})(n_{21} + n_{03})}$
$\mathbf{h_7 = (3n_{21} - 3n_{30})(n_{30} + n_{12})[(n_{30} + n_{12})^2 - 3(n_{21} + n_{03})^2] + (3n_{12} - n_{30})(n_{21} + n_{03})[3(n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2]}$

Red neuronal artificial

El conjunto de patrones empleados para entrenar y probar la RNA perceptron multicapa fueron obtenidos de una base de datos de 399 imágenes metalográficas afectadas por patrones previamente reconocidos por expertos, ver Tabla 3.

Tabla 3. Matriz de entrenamiento y prueba.

	Entrenamiento	Prueba
Total de Imágenes	277	122
Patrón Metalográfico	Dimensión	
Perlita esferoidal	104x7	38x7
Descarborización	92x7	51x7
Nódulos de grafito	81x7	33x7

La función de activación de la RNA es una tangente hiperbólica la cual proporcionará un valor real de salida de la neurona empleando la Ec. (4), se asignan diferentes valores de la función: el valor de (-1) al patrón Perlita esferoidal, (0) Descarborización y (1) Nódulos de grafito, ver Fig. 3, [Del Brio, 2006].

$$f(x) = \frac{1-e^{-x}}{1+e^{-x}} \quad (4)$$

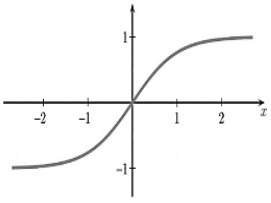


Fig. 3: Función de activación. Fuente propia.

Las topologías de RNA's propuestas en las Tablas 4, se ajustan adecuadamente a los 277 valores objetivos del patrón metalográfico correspondiente en la fase de entrenamiento, es por ello que se recurrió al error cuadrático medio (MSE) para determinar que topología debería ser seleccionada para la fase de prueba con las 122 imágenes restantes.

Tabla 4: Las topologías de RNA's

Topología	Neuronas capa oculta	Tasa de aprendizaje	Error permitido	Iteraciones	Coeficiente de Correlación	Error Cuadrático Medio
1	74	0.005	1e-5	6000	0.9762	0.00742849

2	72	0.01	1e-4	6000	0.9904	0.00013749
3	72	0.005	1e-5	5000	0.9871	0.00092763
4	70	0.005	1e-4	6000	0.9639	0.00843925

La topología seleccionada para la fase de prueba está descrita en la Tabla 5.

Tabla 5: Topología Seleccionada

Parámetro	Valor
Neuronas en la capa oculta.	72
Función de activación.	Tangente-Hiperbólica
Visualización en entrenamiento.	0.05
Tasa de aprendizaje.	0.01
Error permitido.	1e-4
Iteraciones.	6000
Tipo de entrenamiento.	Gradiente descendiente
Tiempo de convergencia	46 segundos

Análisis

Para verificar el funcionamiento de la RNA en la tarea de clasificación-reconocimiento, se introdujeron 122 nuevas imágenes con patrones de perlita esferoidal, descarborización y nódulos de grafito, ver Tabla 3. Las imágenes metalográficas fueron previamente reconocidas e identificadas por expertos. Para la selección de expertos se utilizó el procedimiento denominado coeficiente K que permite obtener expertos significativos para el trabajo de investigación. El coeficiente es calculado a partir de la Ec. (5). En el presente estudio se incluyeron un total de 8 expertos con coeficiente K ≥ 0.8, ver Tabla 6.

$$\mathrm{K} = {}^{1}/_{2}\,(\mathrm{K_c} + \mathrm{K_a}) \qquad (5)$$

Dónde:
Kc = Coeficiente de conocimiento (0, 1). Ka = Coeficiente de argumentación (0, 1).

Tabla 6: Coeficiente de Competencia Experta

No Expertos	Promedio	Promedio	Promedio
8	0.974	0.913	0.9435

Es posible validar una correcta clasificación-reconocimiento empleando los siguientes indicadores: sensibilidad (6), especificidad (7) y exactitud (8). A La probabilidad de no cometer un error tipo II, (1-β), se conoce como potencia de la prueba, equivalente a la sensibilidad. La probabilidad de no cometer un error tipo I, (1-α), se conoce como eficiencia de la prueba, equivalente a la especificidad. El grado de exactitud de una prueba se define como el porcentaje de casos en que el resultado es correcto [Erkaymaz, 2017]. Los resultados de la clasificación-reconocimiento en los tres diferentes patrones de comportamiento del material se muestran en las Fig. (4), (5) y (6).

$$Sensibilidad = \frac{VP}{VP+FN} \qquad (6)$$

$$Especificidad = \frac{VP}{VP+FN} \qquad (7)$$

$$Exactitud = \frac{VP+VN}{VN+FP+VP+FN} \qquad (8)$$

 ISSN 2007-8102

Dónde:
VP =Verdadero-Positivo, FN =Falso-Negativo, VN =Verdadero-Negativo, FP =Falso-Positivo.

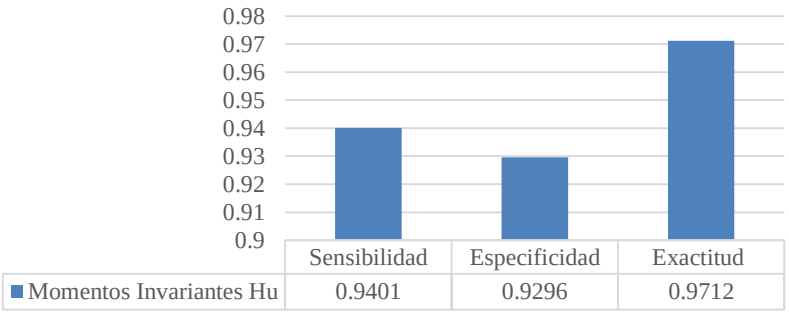


Fig. 4: Clasificación-Reconocimiento del patrón perlita esferoidal. Fuente propia.

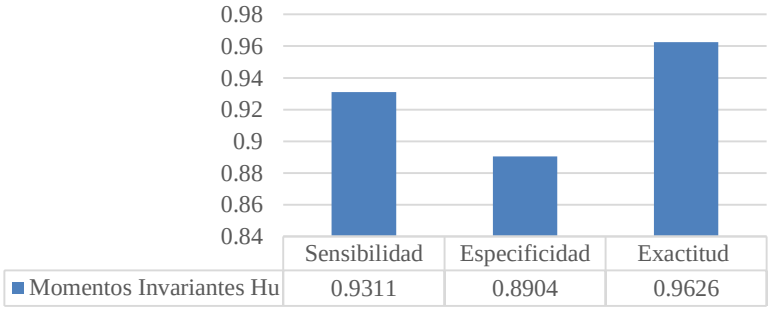


Fig. 5: Clasificación-Reconocimiento del patrón descarborización. Fuente propia.

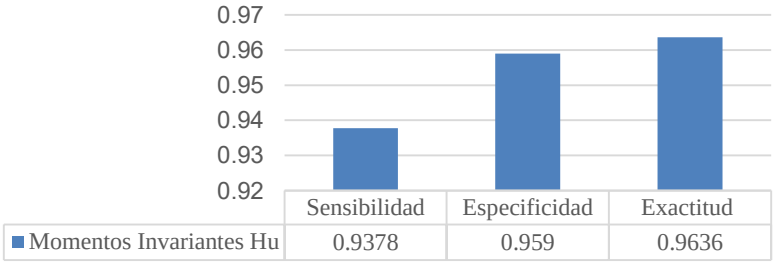


Fig. 6: Clasificación-Reconocimiento del patrón nódulos de grafito. Fuente propia.

Discusión

A partir de los indicadores de sensibilidad, especificidad y exactitud se demostró que las combinaciones de estadísticos generan una señal de entrada eficiente para la RNA. La exactitud en la operación de clasificación-reconocimiento realizada por la RNA a partir de los momentos invariantes de Hu, como señal de entrada presenta una exactitud del 97.12%, 96.26% y 96.36% para los patrones perlita esferoidal, descarborización y nódulos de grafito respectivamente, la exactitud es el indicador que se pretende maximizar.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran la viabilidad de uso del sistema inteligente propuesto aplicado al análisis de muestras de aceros de baja aleación del tipo T22 con afectaciones por temperatura, la topología de la RNA integrada al sistema y presentada en la Tabla 5, demuestra que es posible clasificar y reconocer los patrones generados en la microestructura de los aceros de baja aleación del tipo T22 de forma eficiente de acuerdo con el indicador de exactitud. Cabe destacar que la tarea de clasificación-reconocimiento no podría efectuarse sin llevar

a cabo una correcta caracterización de las imágenes metalográficas que revelan el estado del acero, para la caracterización se destaca el uso de los momentos invariantes de Hu. Bajo lo antes mencionado es posible pensar en establecer este procedimiento en empresas que requieran análisis de sus materiales en uso y no cuenten con un experto de forma inmediata, de esta forma será posible llevar acabo un mantenimiento preventivo y no incurrir en mantenimientos correctivos que generarían costos inesperados y fallas en equipos.

Trabajo Futuro

Como trabajo futuro se pretende experimentar con diferentes técnicas de caracterización aplicadas a las imágenes metalográficas a partir del procesamiento digital de imágenes, por ejemplo: momentos invariantes de Flusser y Zernik. Por otro lado es importante señalar que existen otros tipos de redes neuronales artificiales que podrían brindar resultados eficientes en tareas de clasificación como las redes neuronales probabilísticas que también serán tomadas en cuenta para futuras aplicaciones del caso de estudio.

Referencias

1 Newell, J. (2016). Ciencia de materiales aplicaciones en ingeniería. Alfaomega, México.ISBN:6077073113.
2 Orhan, A. (2016). Chapter 3–Computational Basis of Neural Elements. Artificial Neural Network for Drug Design, Delivery and Disposition. 29–82.https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801559-9.00003-X
3 Kayacan, E. Khanesar, M. (2016). Chapter 2–Fundamentals of Type-1 Fuzzy Logic Theory. Fuzzy Neural Networks for Real Time Control Applications. Concepts, Modeling and Algorithms for Fast Learning. DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802687-8.00002-5
4 Bastidas, M. Prieto, F. Espejo, E. (2016). “Fractographic classification in metallic materials by using computer visión”. Engineering Failure Analysis 59, 237-252.DOI:https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.10.008
5 Mousavifard S, Attar M, Dadgar M. (2015). “Application of artificial neural network and adaptive neuro fuzzy inference system to investigate corrosion rate of zirconium-based nano ceramic layer on galvanized steel in 3.5% NaCl solution”. Journal of Alloys and Compounds.DOI:https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.03.052
6 Iacoviello F, Iacoviello D, Di Cocco V, De santis A, D'Agostino L. (2017). “Classification of ductile cast iron specimens based on image analysis and support vector machine”. Procedia Structural Integrity. DOI:https://doi.org/10.1016/j.prostr.2017.04.042
7 Singh K, Rajput S, Mehta Y. (2017). “Modeling of the hot deformation behavior of a high phosphorus steel using artificial neural networks”. Materials Discovery.DOI: https://doi.org/10.1016/j.md.2017.03.001
8 Mathew J, Moat J, et al. (2017). “Prediction of residual stresses in girth welded pipes using an artificial neural network approach”. International Journal of Pressure Vessels and Piping.DOI:https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2017.01.002
9 Ruelas-Santoyo E, Vázquez-López J, et al. (2015). “Neuro-fuzzy system applied to recognize and assessing the damage in carbon steel supported by descriptive statistics”. DYNA.DOI:http://dx.doi.org/10.6036/7777
10 ASTM E3-01, Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2001, www.astm.org.
11 Bachmann T. (2016). Chapter 1 – Introduction: Visual Images and How They Are Dealt With. Perception of Pixelated Images.DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809311-5.00001-5
12 Yu-Dong Z, Yin Z., et al. (2017). “Alcoholism detection by medical robots based on Hu moment invariants and predator–prey adaptive-inertia chaotic particle swarm optimization”. Computers & Electrical Engineering. DOI:https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.04.009
13 Del Brio B, Molina A. (2006). Redes neuronales y sistemas borrosos. Ra-Ma, Madrid, España. ISBN: 8478977430, 9788478977437
14 Erkaymaz O, Ozer M, Perc M. (2017). “Performance of small-world feedforward neural networks for the diagnosis of diabetes”. Applied Mathematics and Computation.DOI: https://doi.org/10.1016/j.amc.2017.05.010

Análisis Tecnológico Comparativo para la implementación de un sistema automatizado de producción en una purificadora de agua utilizando la metodología 8D.

D. L. Hernández Barcelata[1], A. Montalvo García[1], D. del C. Gamboa Olivares[2], M. Á. Hernández Díaz[2], E. E. Corona Mayoral[2].*
[1]Alumnos de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
**dianahn35@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen

En este artículo se presentan los resultados generados en una investigación con el propósito de demostrar el impacto a largo plazo que tiene la automatización en una planta purificadora de agua con proceso semi-automatizado, incidiendo principalmente en la capacidad de producción, logrando como resultado la mejora de los tiempos en los que se efectúa el llenado de los garrafones de agua. Así mismo, se propone como medida correctiva a corto plazo la implementación de un sistema automático de válvulas que permita la estandarización del proceso de llenado. Se utiliza la metodología 8D con la finalidad de analizar el sistema actual con el que cuenta dicha planta y proponer mejoras en las áreas de oportunidad identificadas. La implementación de ambas propuestas de mejora arroja múltiples beneficios entre los cuales se destacan: la estandarización del proceso de calidad, la estandarización del contenido del producto, el aumento en la capacidad real de la producción y la oportunidad de certificaciones para la empresa. Con la propuesta de implementación del sistema automatizado se realiza una proyección de los costos de administración actuales en comparación con los costos que se obtienen con dicho sistema, obteniendo así una reducción de costos en un 8.53%, equivalente a $120,000.00, generando un tiempo de recuperación de la inversión en un año aproximadamente.

***Palabras clave**: sistema automatizado, planta purificadora, estandarización, capacidad de producción.*

Abstract

This article presents the results generated in an investigation to demonstrate the long-term impact that automation has on a water purification plant with a semi-automated process, mainly affecting the production capacity, achieving, as a result, the improvement of the times in which the water jugs are filled. Likewise, the implementation of an automatic valve system that allows the standardization of the filling process is proposed as a corrective measure in the short term. The 8D methodology is used to analyze the current system that has said plant and propose improvements in the areas of opportunity identified. The implementation of both improvement proposals has multiple benefits, among which the following stand out: the standardization of the quality process, the standardization of the content of the product, the increase in the actual production capacity and the opportunity for certifications for the company. With the proposed implementation of the automated system, a projection of the current administration costs is made in comparison to the costs obtained with said system, thus obtaining a cost reduction of 8.53%, equivalent to $ 120,000.00, generating a recovery time of the investment in approximately one year.

***Key words**: Automated system, Purifying plant, standardization, production capacity.*

Introducción

Como resultado de la globalización, las industrias han procurado introducir cada vez más la tecnología en sus sistemas de producción para procurar mantener la calidad en sus productos.

Por esta razón, se ha realizado una investigación en empresa dedicada a la producción y comercialización de garrafones de agua purificada con capacidad de 20 litros, ésta cuenta con un sistema semi-automatizado, el cual depende de un 60% de la mano de obra directa y un 40% por parte de maquinaria, las cuales comprenden a instalaciones de válvulas, bombas de agua y proceso de ósmosis. El objeto de estudio es la importancia que tiene la estandarización en los tiempos de operación dentro del proceso de producción, principalmente en la estandarización de llenado, es decir, que cada garrafón contenga los 20 litros que se establece en la etiqueta.

Para lograr que la planta funcione de manera óptima, sin gasto de mano de obra innecesaria, y sin ninguna clase de desperdicio de agua (Millan G., Avila S., & Montaña Q., 2015), se realiza una propuesta para mejorar el proceso de producción de la purificadora de agua, implementando un sistema automatizado que va desde el lavado interno de garrafones hasta el sellado de éstos, manteniendo una producción constante, puesto que, se tendría una estandarización en tiempos de operación de cada una de las etapas que comprende el proceso; además de contar con una capacidad de producción real y esquematizada minimizando el número de garrafones defectuosos.

Dentro de los trabajos revisados en la literatura, se encuentra que (Bédon Cardenas, 2015) realiza un diseño y construcción de un sistema semiautomático de lavado de botellones de agua para la empresa Logichem Solutions S.A., satisfaciendo las necesidades de la misma en la automatización de la parte de lavado con el sistema de chorro durante 1 minuto con 45 segundos consiguiendo 1000 botellones semanales. Por su parte, (Lopez Valderrama & Mendieta Alvarado, 2014) desarrolla el diseño, instalación y puesta en marcha de un equipo con PLC para la automatización de la operación de llenado de botellones en la planta de agua de la FIA-UNAP, la cual consta de solenoides que funcionan de manera secuencial deshabilitadas, es decir al terminar de llenar uno de los botellones empieza el llenado del siguiente, obteniendo dos unidades listas para sellar.

Aunque no se puede dejar totalmente de lado a la mano de obra, ya que, aun teniendo el proceso automatizado se requiere de trabajadores que sean capacitados adecuadamente para el nuevo uso de las máquinas automatizadas, donde el recurso humano o la plantilla de trabajo sea la más optimizada sin necesidad de puestos extras, dando como resultado un personal capacitado y alineado a las nuevas normas de seguridad para manipular la máquina; siendo algunas como: el equipo de protección personal, adquirir conocimiento de cuándo realizar mantenimientos preventivos, tener en orden el almacén de materia prima y mejorar la organización administrativa para la mejor logística del proceso dando como resultado mayor producción en menor tiempo.

Metodología.

Para el desarrollo de la investigación, se visitó la planta purificadora de agua para realizar un análisis sobre las posibles problemáticas con las que contaba la empresa y las posibles soluciones que se pudieran implementar. Dicho análisis es representado en la Tabla 1, la cual determina los pasos que se realizan en el desarrollo de esta investigación, basada en la metodología de las 8D: ocho pasos para resolver problemas y está a su vez, relacionada con el Ciclo PDCA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar).

Tabla 1. Metodología 8D y Ciclo PDCA.

D	Nombre de la Disciplina	Ciclo Deming
1	Formar un equipo para cubrir todas las funciones.	
2	Definir el problema.	Planear
3	Implementar una acción provisional de contención.	
4	Identificar la causa raíz.	Hacer
5	Determinar acciones correctivas.	
6	Implementar las acciones correctivas permanentes.	Verificar
7	Prevenir que vuelva aparecer un problema similar.	Actuar
8	Reconocer los esfuerzos del equipo.	

Fuente: González Rodrigo. (2012). "Las 8D: ocho pasos para resolver problemas"

 ISSN 2007-8102

D1: Formar un equipo para cubrir todas las funciones.

En este primer paso, se designa un equipo para el análisis de las áreas de trabajo dentro de la empresa, cada integrante tiene designada una etapa que comprende el proceso para la toma de tiempos productivos y no productivos durante la jornada laboral. En la Figura 1, se encuentra representado el sistema semi-automatizado, el cual es el sistema que posee actualmente la purificadora de agua.

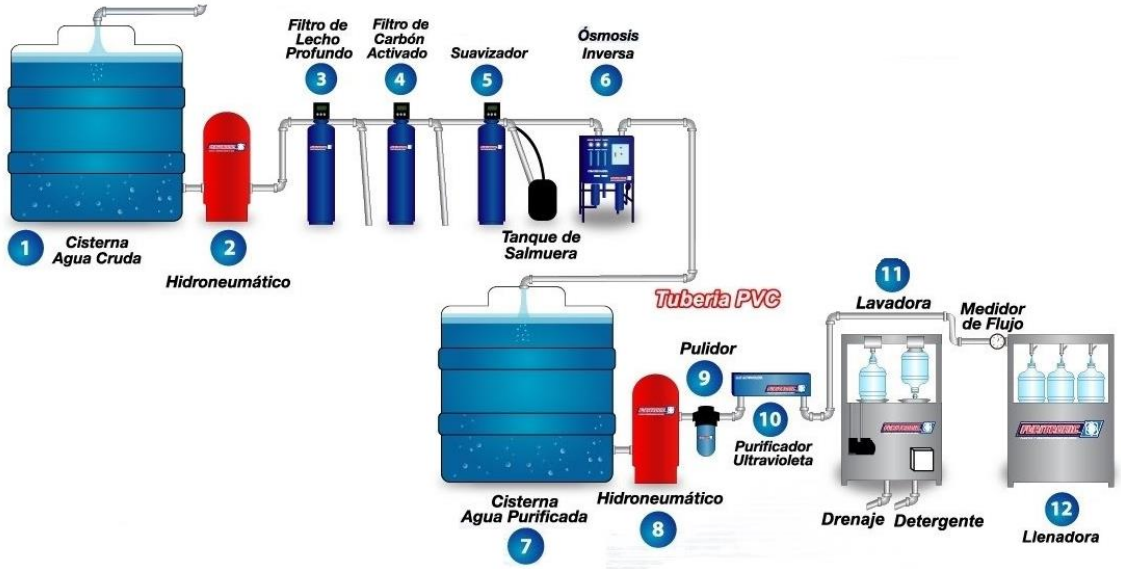


Figura 1. Proceso de producción en la purificadora de agua (sistema actual).
Fuente: Agua Purificadora Vitaly. (2019). Recuperado de http://aguasvitaly.com

D2: Definir el problema.

En este paso, se observan las distintas etapas del proceso de producción, determinando 4 etapas, las cuales son: cepillado interno, lavado a presión, llenado y sellado de garrafones. Cada etapa a cargo de un operario, en donde cada uno tiene actividades específicas a desarrollar durante el proceso. Sin embargo, dichos operarios no respetan los tiempos dedicados a la producción, dando como resultado tiempos muertos dónde se elevan los costos de operación y se produce una baja en la productividad de la empresa.

Por tanto, para la determinación del problema dentro del proceso productivo se requiere de un análisis con ayuda de la herramienta 5W + 1H representada en la Tabla 2.

Tabla 2. Herramienta 5W+1H.

1. What? / ¿QUÉ?
Se detectan defectos en los garrafones con capacidad de 20 litros como: falta de estandarización de tiempos en cada una de las etapas y falta de estandarización en el proceso de llenado de garrafones, mala colocación de sellos de garantía e incluso de las tapas de los garrafones.
2. When? / ¿CUÁNDO?
Estos defectos se detectan cuando los clientes reportan sus quejas por recibir garrafones defectuosos.
3. Where? / ¿DONDE?
Los defectos son causa de los errores presentados en las distintas etapas del proceso de producción.
4. Who? / ¿QUIÉN?
La habilidad por parte de los operarios durante el proceso de producción influye en la cantidad de errores.
5. Why? / ¿POR QUE?
El número de garrafones defectuosos entregados a los clientes se origina por la falta de tiempos establecidos en el proceso de producción, así como la falta de estandarización en el llenado de garrafones.
6. How? / ¿CÓMO?
La detección de defectos en los garrafones depende del número de quejas por parte de los clientes.

Fuente: Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

D3: Implementar una acción provisional de contención.

En el transcurso de la recolección de tiempos de producción y tiempos de ocio durante la jornada laboral, el equipo de trabajo por medio de la autorización del gerente general de la empresa, actuó como una autoridad supervisora para evitar errores por causa de descuidos o distracciones por parte de los operarios que a su vez generan defectos en los garrafones entregados a los clientes.

D4: Identificar la causa raíz.

Para determinar la causa raíz del problema se realiza un Diagrama Espina de Pescado (Ishikawa), representado en la Figura 2, el cual arroja como resultado que la falta de estandarización en los tiempos de operación de las distintas etapas del proceso afecta a toda la línea de producción; además, ocasiona retrasos en la producción global, bajando el índice de producción de garrafones por hora.

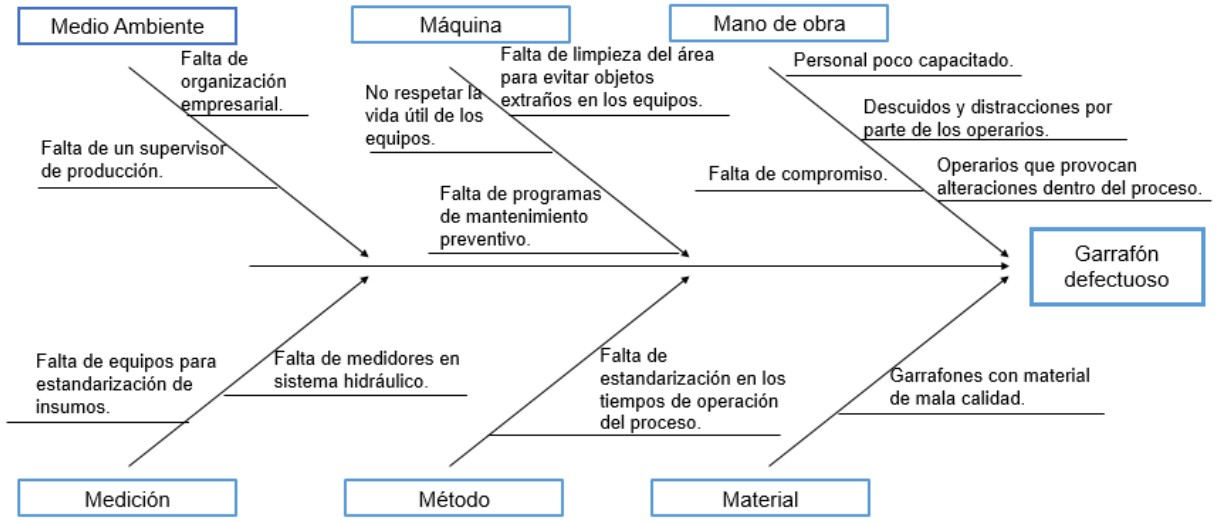


Figura 2. Diagrama espina de pescado (Ishikawa). Fuente: Elaboración propia.

D5: Determinar acciones correctivas.

Una vez identificada la causa raíz del problema, se determinan dos medidas correctivas, a corto y a largo plazo. La propuesta a corto plazo es la estandarización del llenado de los garrafones, ya que, por medio de observación directa se identifica que la mayoría de los garrafones no cuentan con la cantidad exacta especificada en su etiqueta (20 Litros), lo cual genera variabilidad en el proceso de llenado, y, por ende, quejas por parte de los clientes. Además, se derrama parte del contenido de los garrafones, desperdiciándose agua que ya pasó por todo un proceso de filtrado y purificación costoso. La estandarización del llenado de los garrafones es esencial para que el producto cumpla con sus especificaciones, es por eso que se propone una automatización basada en un sistema electrónico, en el cual su función principal será contar los litros destinados a depositarse en cada garrafón (20 litros), acompañado de un sistema de válvulas automáticas que se cierren en el contenido específico, evitando el derrame de agua purificada y obteniendo un llenado correcto.

Por su parte, la propuesta a largo plazo es la implementación de un sistema automatizado por monobloque representado en la Figura 3, el cual tiene como beneficio principal la estandarización del proceso: lavado, llenado y tapado de los garrafones de agua purificada con capacidad de 20 litros. Cabe destacar que la propuesta de automatización del proceso completo fue requerida por el propietario de la empresa para poder obtener mejores beneficios y producir garrafones de una manera estandarizada. Durante el desarrollo de la investigación, se observa que las empresas proveedoras de este tipo de máquinas manejan diversas capacidades de producción en sus equipos. Debido a la demanda que posee la empresa actualmente, se propone la implementación de una máquina automatizada con una capacidad máxima de 240 garrafones por hora. Esta recomendación de aumento en la capacidad total de producción está basada en las estadísticas de crecimiento de la empresa conforme adquiera nuevos clientes sin preocuparse por los descuidos o distracciones por parte de los operarios generando los defectos en los garrafones.

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Sistema automatizado por monobloque. Fuente: Quality Water Systems (2013). Recuperado de http://www.qualitywatersystems.com.mx

D6: Implementar las acciones correctivas permanentes.

Debido a la inversión inicial de adquirir el equipo automatizado por parte de la empresa, se opta porque esta acción correctiva se implemente en un largo plazo para poder solventar los gastos que conlleva. Ya que, no sólo es adquirir la máquina, sino que también se requiere de programas de mantenimiento preventivo, capacitación del personal a cargo de la nueva máquina y la constante verificación del correcto funcionamiento del sistema.

D7: Prevenir que vuelva aparecer un problema similar.

Utilizando una correcta capacitación y mantenimientos programados evitará cualquier tipo de falla en el sistema de producción, previniendo así, problemas críticos que afecten la integridad del producto.

D8: Reconocer los esfuerzos del equipo.

Por último, el propietario de la empresa estuvo consciente de la causa raíz que origina que sus trabajadores tengan un excesivo tiempo de ocio durante su jornada laboral y los retrasos entre cada área de trabajo. A su vez, reconoció el esfuerzo por el tiempo dedicado al objeto de estudio de esta investigación.

Después de detallar la metodología aplicada al objeto de estudio de la investigación, se realizaron una serie de pasos representados en la Figura 4, implicados en el análisis comparativo entre el sistema de producción actual y el sistema automatizado propuesto como acción correctiva permanente al problema estudiado.

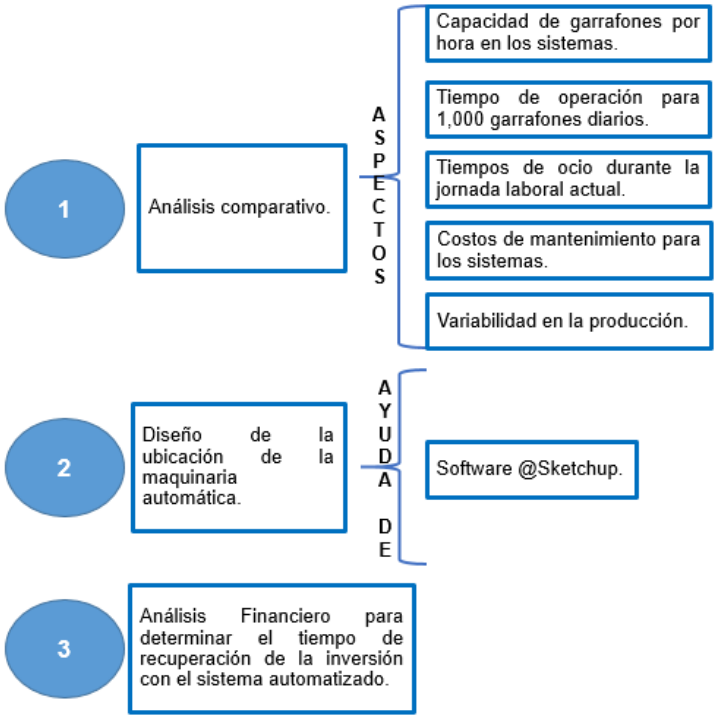


Figura 4. Serie de pasos para realizar un análisis comparativo entre los sistemas. Fuente: Elaboración propia.

Como primer paso, se determina que, dentro de la Purificadora de Agua, se debe realizar un análisis profundo sobre una mejora importante al sistema de producción, en el cual se plantea la comparación de los riesgos y beneficios que tiene el proceso en el momento de automatizar, enfocándose en mejoras de tiempos productivos, costos al adquirirlo, el incremento en la productividad y en las utilidades de la empresa.

Posteriormente, se analizan los sistemas propuestos en relación al sistema actual que posee la empresa, de acuerdo a diferentes aspectos, tales como: capacidad de garrafones por hora, tiempo de operación para los garrafones que se requieren por día, tiempos de ocio, así como el costo de mantenimiento para los sistemas. Cada una de las comparaciones se encuentra representadas en las Tablas 3, 4, 5 y 6, respectivamente.

Tabla 3. Capacidad de garrafones de agua por hora.

SISTEMA SEMI-AUTOMATIZADO (actual)	SISTEMA AUTOMÁTICO DE VÁLVULAS (corto plazo)	SISTEMA AUTOMATIZADO MONOBLOQUE (largo plazo)
100 garrafones por hora (aproximadamente).	20% de incremento, equivalente a 120 garrafones por hora. (aproximadamente)	Capacidad máxima de 240 garrafones.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Tiempo de operación para 1,000 garrafones diarios.

SISTEMA SEMI-AUTOMATIZADO (actual)	SISTEMA AUTOMÁTICO DE VÁLVULAS (corto plazo)	SISTEMA AUTOMATIZADO MONOBLOQUE (largo plazo)
1,000 garrafones se producen en 7 horas (producción variable).	1,100-1,200 garrafones se producen en 7 horas.	Utilizando la capacidad máxima de producción (240 garrafones), 1,000 garrafones se producen en 4.1666 horas. (Producción continua).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Tiempo de ocio durante la jornada laboral actual.

SISTEMA SEMI-AUTOMATIZADO (actual)	SISTEMA AUTOMÁTICO DE VÁLVULAS (corto plazo)	SISTEMA AUTOMATIZADO MONOBLOQUE (largo plazo)
1 hora. (30 min. Para desayuno, 30 min. Para almuerzo).	1 hora. (30 min. Para desayuno, 30 min. Para almuerzo).	Sin tiempo de ocio.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Costos mensuales de mantenimiento para los sistemas.

SISTEMA SEMI-AUTOMATIZADO (actual)	SISTEMA AUTOMÁTICO DE VÁLVULAS (corto plazo)	SISTEMA AUTOMATIZADO MONOBLOQUE (largo plazo)
$ 3,775.00	$ 300.00 (reemplazo de cada electroválvula dañada)	$ 5,000.00 + Refacciones

Fuente: Elaboración propia.

Además de realizar el análisis comparativo con respecto a los distintos aspectos antes mencionados, se realiza un gráfico representado en la Figura 5, con la finalidad de hacer notar que la producción de garrafones con un sistema automatizado mantiene una producción constante, en cualquier momento se puede reprogramar la máquina de acuerdo a la capacidad de producción requerida para la demanda y también, se programan mantenimientos a la máquina sin afectar la producción en algún momento crítico por falta de éstos. A diferencia de un sistema semi-automatizado en el que pueden existir paros no programados, descuidos y distracciones por parte de los operarios afectando a la línea de producción, además de que existe una limitación para aumentar la capacidad de producción.

Cabe señalar que en el gráfico de la Figura 5, se compara el comportamiento de ambos sistemas considerando una demanda diaria de 1,000 garrafones. En dicho gráfico, se observan periodos en donde la producción es mayor en el sistema semi-automatizado con respecto al automático, con lo cual podría pensarse que es más

 ISSN 2007-8102

conveniente el sistema actual. Sin embargo, el sistema semi-automatizado tiene una utilización del 100% durante la jornada laboral, en cambio, el sistema automático tiene un 52% de utilización.

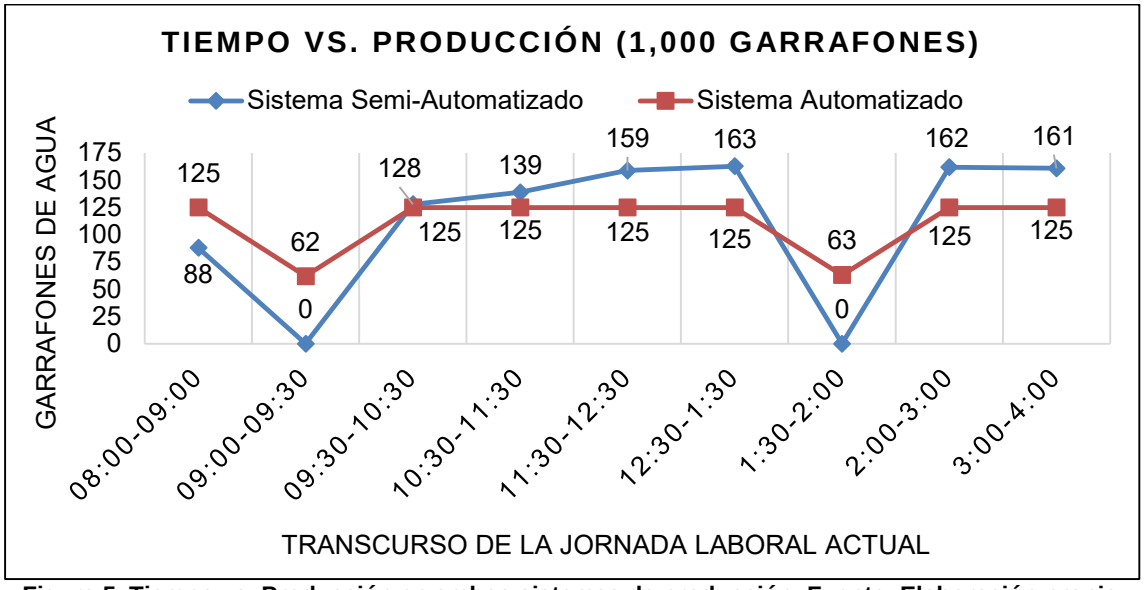


Figura 5. Tiempo vs. Producción en ambos sistemas de producción. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procede al diseño de la ubicación de la máquina automática con la finalidad de corroborar que la implementación del nuevo sistema automatizado no afecta en las dimensiones para el área de trabajo asignado, dicha propuesta de implementación se encuentra representada en la Figura 6. Para el diseño se utilizó el software @Sketchup.

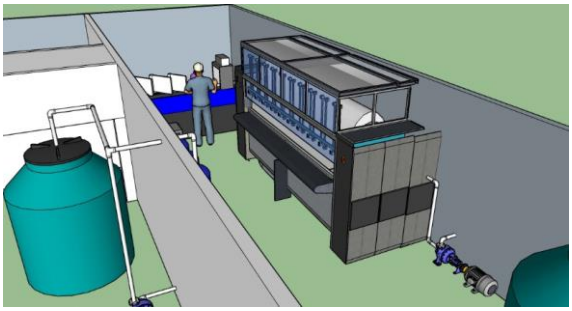


Figura 6. Diseño de la ubicación de la máquina automática con ayuda del software @Sketchup. Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión.

Con ayuda de un análisis financiero, se calcula la reducción en los costos administrativos y el tiempo de recuperación de la inversión por la implementación del sistema automatizado, obteniendo como resultados los siguientes puntos:

1. Con la implementación del sistema de producción automatizado se observa que los costos administrativos por concepto de nómina disminuyen en un 50%, ya que, actualmente la empresa cuenta con 4 personas distribuidas en cada una de las etapas del proceso, en cambio, con el sistema automatizado esto reduce la plantilla de trabajo a 2 personas que laboren como supervisores de producción.
2. Con la disminución en los costos administrativos por concepto de nómina, se determina que la inversión correspondiente a la máquina automatizada es de $ 196,025.00, la cual se recupera en un periodo de 1 año aproximadamente. Además de permitir una mayor rotación de efectivo en la empresa.

3. En la Figura 7, se comparan los costos administrativos actuales frente a la proyección de costos administrativos que se obtienen con la implementación del sistema automatizado, en donde se advierte que los costos se reducen en un **8.53%,** equivalente a **$120,000.00**, sin variar la capacidad de producción actual.

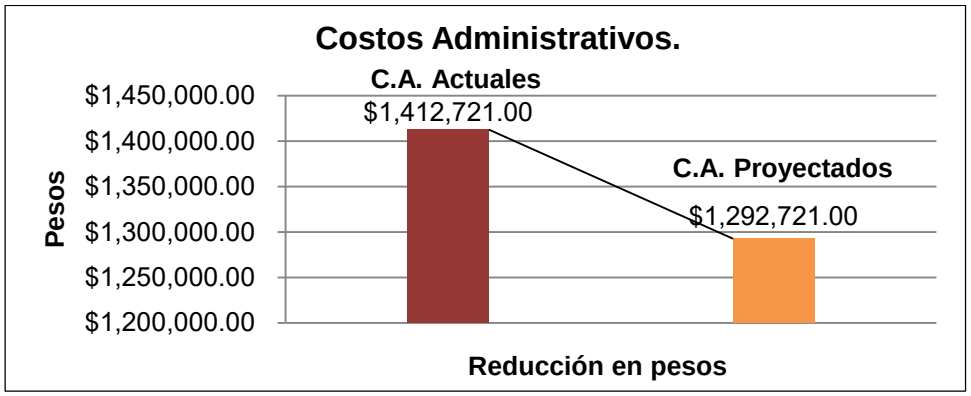


Figura 7. Costos Administrativos actuales y proyectados. Fuente: Elaboración propia.

Trabajo a futuro.

Durante el desarrollo de este artículo, surgen líneas de investigación que se pretenden desarrollar en un futuro, las cuales están directamente relacionadas con el mejoramiento del sistema propuesto. Algunas de ellas son:

1. Uso de un elemento electrónico como el “ArduinoUno” para mejorar los sistemas automatizados.
2. Implementación de controles de calidad con ayuda de Tecnologías de la Información y la Comunicación (Tics).
3. Mejora en la logística de las rutas de entrega con el uso de Global Positioning System (GPS).

Conclusiones

Con la investigación realizada se propone que la empresa adquiera un nuevo y mejorado sistema de producción, el cual erradique problemas fundamentales como lo es la falta de compromiso de trabajo por parte de los operarios, que esto a su vez afecta a todos los demás ámbitos de la planta, desencadenando fallas en todo el sistema, como lo son: retrasos en la producción, retrabajos, productos defectuosos, incumplimiento de procedimientos y faltas al reglamento de seguridad.

Esta propuesta de mejora le otorga a la empresa una amplia gama de oportunidades en el mercado, ya que, al tener un sistema automatizado, el control de las especificaciones establecidas en los garrafones es más estandarizado, como lo es, el contenido exacto y la calidad del agua. Lo anterior le otorga a la empresa una buena imagen y asegura productos de calidad para los clientes a un precio competitivo. Otro beneficio importante es la oportunidad de obtener futuras certificaciones tanto en producción como en sus sistemas de gestión.

Agradecimientos

Agradecemos a la empresa purificadora de agua por abrir sus puertas y permitir realizar un análisis en su sistema de producción con la finalidad de proponer mejoras en sus áreas de oportunidad.

Referencias

1. Bédon Cardenas, C. A. (2015). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE LAVADO DE BOTELLONES DE AGUA. Quito, Ecuador.
2. Lopez Valderrama, S. E., & Mendieta Alvarado, I. J. (2014). DISEÑO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN EQUIPO CON PLC PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DE LLENADO DE BOTELLONES EN LA PLANTA DE AGUA DE LA FIA-UNAP. Iquitos, Perú.
3. Millan G., J., Avila S., B., & Montaña Q., H. (2015). PLANTA AUTOMATIZADA PARA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE. *Visión Electrónica*, 1-23.

Evaluación del proceso de envasado por medio de los métodos ergonómicos; Rodgers, Owas, Niosh, Rula

R.S. Mejía Pacheco[1], G. Chávez Esquivel[2**], A. Guerrero Campanur[3***], F. J. Arévalo Carrasco[4****], B. C. Suárez Espinosa[5*****]*
Academia de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Uruapan, Carr. Uruapan-Carapan 5555, Col. La Basilia, C.P. 60015, Uruapan, Mich. México
* raulsalvadormejia@hotmail.com
** *gilbertochavez@tecuruapan.edu.mx*
*** *aaronguerrero@tecuruapan.edu.mx*
**** *franciscoarevalo@tecuruapan.edu.mx*
***** brendasuarez@tecuruapan.edu.mx
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

La ergonomía es una aplicación científica de gran importancia para las empresas, ya que se basa en el estudio del trabajo, esto permite un incremento en la productividad y en la calidad de vida de los operadores. Es por esto que en el presente proyecto se realizara una evaluación del proceso de envasado por medio de los métodos ergonómicos “Rodgers, OWAS, NIOSH y RULA”. Podremos observar que existen diversos factores de riesgo ergonómico asociados a cada una de las actividades que desarrollan los operadores, normalmente nunca son analizados dichos factores. Durante el desarrollo del proyecto se podrá observar que al aplicar un método ergonómico se obtiene información de gran importancia que ayudara a la toma de decisiones. Además, nos ayudara a comprender que un método no cumple únicamente la finalidad de ser un indicador del riesgo que existe al desarrollar una tarea, sino todo lo contrario. En realidad, los métodos ergonómicos evalúan los factores de riesgo para poder determinar un plan de acción de mejora estructurado que permita crear mejores condiciones de trabajo. La finalidad de este proyecto es diseñar una propuesta de mejoras ergonómicas que ayuden a disminuir el riesgo a la salud en los trabajadores.

Palabras Clave: Factores de riesgo ergonómico, Métodos ergonómicos, Condiciones de trabajo

Abstract

Ergonomics is a scientific application of great importance for companies, since it is based on the study of work, this allows an increase in productivity and in the quality of life of operators. This is why in this project an evaluation of the packaging process will be carried out through the ergonomic methods "Rodgers, OWAS, NIOSH and RULA". We can see that there are several ergonomic risk factors associated with each of the activities carried out by operators, normally these factors are never analyzed. During the development of the project it will be possible to observe that when applying an ergonomic method information of great importance is obtained that will help the decision making. In addition, it will help us to understand that a method does not only serve the purpose of being an indicator of the risk that exists when developing a task, but quite the opposite. Actually, the ergonomic methods evaluate the risk factors to be able to determine a plan of action of structured improvement that allows to create better conditions of work. The purpose of this project is to design a proposal of ergonomic improvements that help reduce the risk to health in workers.

Keywords: Ergonomic risk factor, Ergonomic methods, Working conditions.

Introducción

En sus inicios la ergonomía adquirió grandes dotes científicos, debido que no era una disciplina y mucho menos una ciencia estructurada. Por lo tanto, las primeras personas que comenzaron a interesarse por esta disciplina, que en su momento aún estaba en gestación, se veían obligados a reunir sus propios datos y hacer anotaciones. Hoy en día, si no fuera por todos estos aportes que se unieron a lo largo del tiempo, no existiría la ergonomía. Gracias a los sucesos mencionados anteriormente, ahora contamos con métodos de evaluación ergonómico, que de acuerdo a lo que se desea evaluar, seguramente existe uno que se adapta mejor a otro para poder medir el riesgo generado por los factores ergonómicos.

Desde hace tiempo los trabajos de ergonomía que se han desarrollado no terminan por cautivar a una cantidad considerable de seguidores. Las empresas normalmente suelen ver a la ergonomía como una herramienta de paso y que carece de importancia. Existen publicaciones que incluso la citan como un gasto innecesario. Lo anterior muy seguramente suele ocurrir por la simpleza de algunos métodos ergonómicos, es decir se da por hecho que fuera de aportar algo de valor, solo son pérdidas de tiempo. La mayoría de las personas, es muy seguro que tienen una idea vaga de que es ergonomía e inmediatamente la asocian con productos que lo único que hacen es ayudar a que exista más confort. Nada más fuera de la realidad, que hacer suposiciones de ese tipo.

Como se mencionó anteriormente, debido a la falta de interés por esta área de conocimiento, se puede inferir, que la cantidad de profesionistas de este tipo en el país son muy pocos. Por lo tanto puede ser muy común que al estar en una empresa no exista una persona capacitada en realizar análisis ergonómicos. La parte contraproducente para la ergonomía en general es que cuando existe un problema que a todas luces implica factores de riesgos ergonómicos, los demás profesionistas, tienden a dar propuestas ergonómicas, que no tienen fundamento alguno.

Metodología

El personal expuesto a las lesiones musculoesqueléticas pertenece al área de producción. En la Tabla 1 se muestran todas las actividades que tienen que hacer los operadores. Tiene sentido decir que el operador general es el puesto mas expuesto en la planta, debido a que realiza una cantidad mayor de actividades. La identificación de dichas actividades facilitará la determiandción de la actividad con mayor riesgo laboral.

Area, Departamento: PRODUCCION

Puesto	Actividades	Descripcion de actividades	Parte del cuerpo que es sometido a esfuerzo	Nivel de esfuerzo 1	2	3	Lesión
Lider de produccion	Programación de la producción	Actividad realizada en oficinas	Espalda, cuello	X			
	Administración de personal	Actividad realizada en oficinas					
	Supervisar producción	Recorrido por la planta	Piernas	X			
Coordinador de producción	Coordinar producción	Actividad realizada en oficinas	Espalda, cuello	X			
	Suministro de materia prima	Actividad realizada en oficinas	Espalda, cuello	X			
	Reportes de calidad	Actividad realizada en oficinas	Espalda, cuello	X			
Operador General A y B	Pesar, sellar y estibar bolsas	3 cargas manuales de bolsa 25kg,	Espalda baja Brazos Antebrazos Cuello Muñecas Piernas			X	
	Quebrar resina en charolas	Con pizón y pico, recolectar la resina con pala y carretilla					
	Fundir brea Solida	Mover y triturar marquetas de 25 a 55 kg					
	Almacenar producto con patin	Arrastre de patin					
	Limpieza de reactor, pastilladora y quebradora	Acceso a espacios confinados					
	Rotular bolsas	Movimientos repetitivos					
	Carga de MP a reactores	Manipular sacos de 25 Kg					
Analista de Producción A y B	Analisis de resinas	posturas prolongadas por trabajo	Espalda, cuello	X			
Jefe de turno	Supervisar personal	Recorrido por la planta	Piernas	X			
	Hacer inventarios de MP	Actividad realizada en oficina	Espalda, cuello	X			
Materialista	Carga de MP en reactores	Manipular sacos de 25 Kg	espalda, brazos y muñecas		X		
	Tranferencia de brea liquida	Coneccion de tuberias	Brazos, muñecas		X		
	Manejo de tambores, sacos y tarimas	Manipular cargas de forma manual	Brazos, espalda, muñecas		X		
	Abrir y triturar MP	Manipular cargas de forma manual	Brazos, espalda, muñecas		X		
Operador de Reactores Ay B	Operar calderas y enfriadoras	Revisión de equipos	Espalda, cuello	X			
	Supervisar cargas y descargas de reactores	Supervisar maniobras de personal	Espalda , cuello	X			
	Limpiar estructuras y equipos metalicos	Limpieza general de los equipos	Brazos y Muñecas	X			

Tabla 1 Descripción de actividades por puesto de trabajo. Fuente: Estudio de riesgos desarrollado por el departamento de HSES.

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama causa-efecto, es un método grafico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afecten el problema bajo análisis. Gutiérrez (2009).

Con el diagrama causa-efecto se analizaron las causas que pueden provocar los accidentes o lesiones musculoesqueléticas, tales como material, proceso, comunicación, herramientas, procedimientos de trabajo, seguridad. A pesar de que hay cierta información importante como el hecho de que existen ciertos procedimientos de trabajo estos no siempre se suelen seguir o en algunos casos los operadores no saben de ellos. Sin embargo, es claro que la principal causa que pudo provocar los accidentes fue la naturaleza del proceso, ya que las actividades que realizan significan exponer al operador a una cantidad considerable de riesgos ergonómicos, tales como hacer cargas de material ya que en algunos casos estas cargas suelen sobrepasar los 25 kilogramos permitidos por la normatividad. Otros factores que influyen son las posturas inadecuadas por un diseño deficientes de las instalaciones, ya que con el paso del tiempo a la planta únicamente se han hecho adecuaciones sin hacer los estudios correspondientes. Definitivamente existen varias razones por las que pueden ocurrir los accidentes y las lesiones musculoesquelétcas, el Diagrama de Ishikawa lo simplifica. Esquema 1.



Esquema 1. Diagrama de Ishikawa para accidentes de trabajo.
Fuente: Propia.

El operador general también tiene la tarea de rotular los sacos en los que se envasa el producto y debido a que esto involucra una serie de actividades repetitivas, también se incluirá dentro de la evaluación ergonómica. De este modo obtenemos que las actividades que realiza el operador de acuerdo al tipo de resina se muestran en la Tabla 2.

Actividad	Proceso donde de desarrolla la actividad	
Triturar resinas en charolas	Charolas	
Envasado, sellado y estiba de producto	Charolas	Pastilladora
Limpieza de quebradora	Charolas	
Rotular sacos para envasado	Charolas	Pastilladora
Almacenar producto con patín	Charolas	Pastilladora
Fundir brea en Melter	Charolas	Pastilladora

Tabla 2. Actividades desarrolladas de acuerdo al tipo de proceso
Fuente: Propia.

Aplicación método Suzanne Rodgers

Este método también es conocido como análisis de fatiga muscular y propuesto por Suzanne Rodgers. La hipótesis es que un músculo que se fatiga rápidamente es más susceptible a daño e inflamación. Visto así, si logramos intervenir minimizando la fatiga, también controlaremos la aparición de lesiones o enfermedad en los músculos activos. Para poder evaluar la fatiga en el corporal, el método divide las zonas corporales en 7 regiones: 1) Cuello; 2) hombros; 3) espalda; 4) brazos, codos; 5) mano, muñeca, dedos; 6) pierna, rodilla y 7) tobillo, pie, dedos.

 ISSN 2007-8102

Debido a que las actividades que desarrolla el operador general son diversas, sería un error tratar de inferir a simple vista cual es la actividad que genera un mayor impacto a la salud del operador, es necesario centrar los esfuerzos hacia la actividad que representa un mayor riesgo. El método Suzanne Rodgers se considera como un método de evaluación global. Por lo tanto, en este caso de estudio servirá como herramienta para determinar la actividad en la que se deben centrar las propuestas de mejora.

ANALISIS DE SUZANNE RODGERS

Trabajo: Triturar resina en charolas — *Analista:*

Tarea: Quebrar resina en charola con picos y masos

NIVELES DE ESFUERZO — Si es un esfuerzo que la mayoría no puede hacer califique con 4

CALIFICACIONES

PARTE	LIGERO - 1	MODERADO - 2	ALTO - 3		ESF	DUR	FREC	CALIF
Cuello	Cabeza volteando ligeramente a un lado, atrás o levemente hacia delante	Cabeza volteando a un lado o 20 grados hacia delante	Igual que moderado pero extensión fuerte hacia atrás o peso o muy flexionada hacia delante		1	2	2	122
Hombros	Brazos ligeramente alejados a los lados, brazos extendidos con algo de soporte	Brazos lejos del cuerpo, sin soporte, trabajando arriba de la cabeza	Ejerciendo fuerza o sosteniendo peso con brazos lejos del cuerpo o sobre la cabeza	*DER*	2	1	3	213
				IZQ	2	1	3	213
Espalda	Inclinando hacia un lado,o flexionando arqueando la espalda	Flexionando al frente; sin carga, cargando pesos moderados cerca del cuerpo, trabajando arriba de su cabeza	Cargando o ejerciendo fuerza mientras gira su columna, alto esfuerzo o peso mientras flexiona		2	1	3	213
Brazos Codos	Brazos lejos del cuerpo, sin carga;esfuerzos ligeros cargando cerca del cuerpo	Rotando (pronación supinación de brazos) mientras se jerce fuerza moderada.	Alto esfuerzo ejercido con rotación, cargando con brazos extendidos.	*DER*	1	1	2	112
				IZQ	1	1	2	112
Mano Muñeca Dedos	Muñecas rectas ; agarres confortables	Agarres con ángulos de muñeca moderados especialmente en flexión, con moderado esfuerzo.	Pinzamientos frecuentes; muñeca muy estresada;alto esfuerzo.	*DER*	2	1	2	212
				IZQ	2	1	2	212
Pierna Rodilla	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	3	1	3	313
				IZQ	3	1	3	313
Tobillo Pie Dedos	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	2	1	3	213
				IZQ	2	1	3	213

ANALISIS DE SUZANNE RODGERS

Trabajo: Envasado de producto — *Analista:*

Tarea: Pesar y llenar bolsas en tolva, termosellado y cosido de bolsas, estiba de producto.

NIVELES DE ESFUERZO — Si es un esfuerzo que la mayoría no puede hacer califique con 4

CALIFICACIONES

PARTE	LIGERO - 1	MODERADO - 2	ALTO - 3		ESF	DUR	FREC	CALIF
Cuello	Cabeza volteando ligeramente a un lado, atrás o levemente hacia delante	Cabeza volteando a un lado o 20 grados hacia delante	Igual que moderado pero extensión fuerte hacia atrás o peso o muy flexionada hacia delante		2	2	2	222
Hombros	Brazos ligeramente alejados a los lados, brazos extendidos con algo de soporte	Brazos lejos del cuerpo, sin soporte, trabajando arriba de la cabeza	Ejerciendo fuerza o sosteniendo peso con brazos lejos del cuerpo o sobre la cabeza	*DER*	3	2	2	322
				IZQ	3	2	2	322
Espalda	Inclinando hacia un lado,o flexionando arqueando la espalda	Flexionando al frente; sin carga, cargando pesos moderados cerca del cuerpo, trabajando arriba de su cabeza	Cargando o ejerciendo fuerza mientras gira su columna, alto esfuerzo o peso mientras flexiona		3	2	2	322
Brazos Codos	Brazos lejos del cuerpo, sin carga;esfuerzos ligeros cargando cerca del cuerpo	Rotando (pronación supinación de brazos) mientras se jerce fuerza moderada.	Alto esfuerzo ejercido con rotación, cargando con brazos extendidos.	*DER*	3	2	2	322
				IZQ	3	2	2	322
Mano Muñeca Dedos	Muñecas rectas ; agarres confortables	Agarres con ángulos de muñeca moderados especialmente en flexión, con moderado esfuerzo.	Pinzamientos frecuentes; muñeca muy estresada;alto esfuerzo.	*DER*	3	2	1	321
				IZQ	3	2	1	321
Pierna Rodilla	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	3	2	2	322
				IZQ	3	2	2	322
Tobillo Pie Dedos	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	2	2	2	222
				IZQ	2	2	2	222

ANALISIS DE SUZANNE RODGERS

Trabajo: Envasado de producto — *Analista:*

Tarea: Pesar y llenar bolsas en tolva, termosellado y cosido de bolsas, estiba de producto.

NIVELES DE ESFUERZO — Si es un esfuerzo que la mayoría no puede hacer califique con 4

CALIFICACIONES

PARTE	LIGERO - 1	MODERADO - 2	ALTO - 3		ESF	DUR	FREC	CALIF
Cuello	Cabeza volteando ligeramente a un lado, atrás o levemente hacia delante	Cabeza volteando a un lado o 20 grados hacia delante	Igual que moderado pero extensión fuerte hacia atrás o peso o muy flexionada hacia delante		1	3	1	131
Hombros	Brazos ligeramente alejados a los lados, brazos extendidos con algo de soporte	Brazos lejos del cuerpo, sin soporte, trabajando arriba de la cabeza	Ejerciendo fuerza o sosteniendo peso con brazos lejos del cuerpo o sobre la cabeza	*DER*	2	2	1	221
				IZQ	2	2	1	221
Espalda	Inclinando hacia un lado,o flexionando arqueando la espalda	Flexionando al frente; sin carga, cargando pesos moderados cerca del cuerpo, trabajando arriba de su cabeza	Cargando o ejerciendo fuerza mientras gira su columna, alto esfuerzo o peso mientras flexiona		1	3	1	131
Brazos Codos	Brazos lejos del cuerpo, sin carga;esfuerzos ligeros cargando cerca del cuerpo	Rotando (pronación supinación de brazos) mientras se jerce fuerza moderada.	Alto esfuerzo ejercido con rotación, cargando con brazos extendidos.	*DER*	2	2	1	221
				IZQ	2	2	1	221
Mano Muñeca Dedos	Muñecas rectas ; agarres confortables	Agarres con ángulos de muñeca moderados especialmente en flexión, con moderado esfuerzo.	Pinzamientos frecuentes; muñeca muy estresada;alto esfuerzo.	*DER*	2	2	1	221
				IZQ	2	2	1	221
Pierna Rodilla	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	2	3	1	231
				IZQ	2	3	1	231
Tobillo Pie Dedos	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	2	3	1	231
				IZQ	2	3	1	231

ANALISIS DE SUZANNE RODGERS

Trabajo: Rotular bolsas — *Analista:*

Tarea: Alimentar maquina para grabado de bolsas y colocar sello de manera manual

NIVELES DE ESFUERZO — Si es un esfuerzo que la mayoría no puede hacer califique con 4

CALIFICACIONES

PARTE	LIGERO - 1	MODERADO - 2	ALTO - 3		ESF	DUR	FREC	CALIF
Cuello	Cabeza volteando ligeramente a un lado, atrás o levemente hacia delante	Cabeza volteando a un lado o 20 grados hacia delante	Igual que moderado pero extensión fuerte hacia atrás o peso o muy flexionada hacia delante		1	3	2	132
Hombros	Brazos ligeramente alejados a los lados, brazos extendidos con algo de soporte	Brazos lejos del cuerpo, sin soporte, trabajando arriba de la cabeza	Ejerciendo fuerza o sosteniendo peso con brazos lejos del cuerpo o sobre la cabeza	*DER*	1	2	3	123
				IZQ	1	2	3	123
Espalda	Inclinando hacia un lado,o flexionando arqueando la espalda	Flexionando al frente; sin carga, cargando pesos moderados cerca del cuerpo, trabajando arriba de su cabeza	Cargando o ejerciendo fuerza mientras gira su columna, alto esfuerzo o peso mientras flexiona		1	3	1	131
Brazos Codos	Brazos lejos del cuerpo, sin carga;esfuerzos ligeros cargando cerca del cuerpo	Rotando (pronación supinación de brazos) mientras se jerce fuerza moderada.	Alto esfuerzo ejercido con rotación, cargando con brazos extendidos.	*DER*	1	2	3	123
				IZQ	1	2	3	123
Mano Muñeca Dedos	Muñecas rectas ; agarres confortables	Agarres con ángulos de muñeca moderados especialmente en flexión, con moderado esfuerzo.	Pinzamientos frecuentes; muñeca muy estresada;alto esfuerzo.	*DER*	1	2	3	123
				IZQ	1	2	3	123
Pierna Rodilla	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	1	2	1	121
				IZQ	1	2	1	121
Tobillo Pie Dedos	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	1	2	1	121
				IZQ	1	2	1	121

 ISSN 2007-8102

ANALISIS DE SUZANNE RODGERS

Trabajo: Almacenar producto en patin — *Analista:*

Tarea: Trasladar estibas de producto a almacen

NIVELES DE ESFUERZO (Si es un esfuerzo que la mayoría no puede hacer califique con 4) — CALIFICACIONES

PARTE	LIGERO - 1	MODERADO - 2	ALTO - 3		ESF	DUR	FREC	CALIF
Cuello	Cabeza volteando ligeramente a un lado, atrás o levemente hacia delante	Cabeza volteando a un lado o 20 grados hacia delante	Igual que moderado pero extensión fuerte hacia atrás o peso o muy flexionada hacia delante		3	2	1	321
Hombros	Brazos ligeramente alejados a los lados, brazos extendidos con algo de soporte	Brazos lejos del cuerpo, sin soporte, trabajando arriba de la cabeza	Ejerciendo fuerza o sosteniendo peso con brazos lejos del cuerpo o sobre la cabeza	*DER*	3	2	1	321
				IZQ	3	2	1	321
Espalda	Inclinando hacia un lado,o flexionando arqueando la espalda	Flexionando al frente; sin carga, cargando pesos moderados cerca del cuerpo, trabajando arriba de su cabeza	Cargando o ejerciendo fuerza mientras gira su columna, alto esfuerzo o peso mientras flexiona		3	2	1	321
Brazos Codos	Brazos lejos del cuerpo, sin carga;esfuerzos ligeros cargando cerca del cuerpo	Rotando (pronación supinación de brazos) mientras se jerce fuerza moderada.	Alto esfuerzo ejercido con rotación, cargando con brazos extendidos.	*DER*	1	2	1	121
				IZQ	1	2	1	121
Mano Muñeca Dedos	Muñecas rectas ; agarres confortables	Agarres con ángulos de muñeca moderados especialmente en flexión, con moderado esfuerzo.	Pinzamientos frecuentes; muñeca muy estresada;alto esfuerzo.	*DER*	2	2	1	221
				IZQ	2	2	1	221
Pierna Rodilla	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	3	2	1	321
				IZQ	3	2	1	321
Tobillo Pie Dedos	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	3	2	1	321
				IZQ	3	2	1	321

ANALISIS DE SUZANNE RODGERS

Trabajo: Fundir brea en Melter — *Analista:*

Tarea: Triturar marquetas de brea y arrojar a fundidor de brea

NIVELES DE ESFUERZO (Si es un esfuerzo que la mayoría no puede hacer califique con 4) — CALIFICACIONES

PARTE	LIGERO - 1	MODERADO - 2	ALTO - 3		ESF	DUR	FREC	CALIF
Cuello	Cabeza volteando ligeramente a un lado, atrás o levemente hacia delante	Cabeza volteando a un lado o 20 grados hacia delante	Igual que moderado pero extensión fuerte hacia atrás o peso o muy flexionada hacia delante		2	2	2	222
Hombros	Brazos ligeramente alejados a los lados, brazos extendidos con algo de soporte	Brazos lejos del cuerpo, sin soporte, trabajando arriba de la cabeza	Ejerciendo fuerza o sosteniendo peso con brazos lejos del cuerpo o sobre la cabeza	*DER*	3	2	2	322
				IZQ	3	2	2	322
Espalda	Inclinando hacia un lado,o flexionando arqueando la espalda	Flexionando al frente; sin carga, cargando pesos moderados cerca del cuerpo, trabajando arriba de su cabeza	Cargando o ejerciendo fuerza mientras gira su columna, alto esfuerzo o peso mientras flexiona		4	2	1	421
Brazos Codos	Brazos lejos del cuerpo, sin carga;esfuerzos ligeros cargando cerca del cuerpo	Rotando (pronación supinación de brazos) mientras se jerce fuerza moderada.	Alto esfuerzo ejercido con rotación, cargando con brazos extendidos.	*DER*	2	2	2	222
				IZQ	2	2	2	222
Mano Muñeca Dedos	Muñecas rectas ; agarres confortables	Agarres con ángulos de muñeca moderados especialmente en flexión, con moderado esfuerzo.	Pinzamientos frecuentes; muñeca muy estresada;alto esfuerzo.	*DER*	3	2	2	322
				IZQ	3	2	2	322
Pierna Rodilla	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	3	2	2	322
				IZQ	3	2	2	322
Tobillo Pie Dedos	Trabajo parado, caminando sin doblarse o inclinarse; sostenido en sus dos pies	Inclinandose hacia enfrente, apoyándose en la mesa; peso en una pierna; pivoteando mientras ejerce fuerza.	Ejerciendo gran fuerza mientras empuja, jala o carga; agazapado mientras ejerce fuerza	*DER*	2	2	2	222
				IZQ	2	2	2	222

Realizadas las evaluaciones correspondientes a cada una de las actividades, la Tabla 3 muestra el nivel de riesgo al que están expuestas las partes del cuerpo.

Método Suzanne Rodgers

	Numero de partes corporales expuestas de acuerdo al riesgo			
Actividad	Ligero	Moderado	Alto	Muy Alto
Triturar resina en charolas	3	3	1	
Envasado, termosellado y estiba de producto		2	5	
Limpieza de quebradora	5	2		
Rotular bolsas para envasado	3	4		
Almacenar producto con patín	2		5	
Fundir brea en Melter		3	3	1

Aplicación método OWAS

El método Owas (Ovako Working Analysis System), se basa en la observación de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea, pudiéndose identificar hasta 252 posiciones diferentes, resultado de las posibles combinaciones de la posición de la espalda (4 posiciones), brazos (3 Posiciones), piernas (7 posiciones) y carga levantada. (Secretaría de salud laboral, 2016).

 ISSN 2007-8102

Una vez identificado que el proceso de envasado es la actividad que representa mayor riesgo debido a los factores que involucra, se hicieron tres subactividades de la actividad principal: 1) Llenado y pesado de sacos; 2) colocación de sacos en termoselladora y detector de metales; 3) estiba de sacos.

Con ayuda del método OWAS se identificó cuál de las tres subactividades es la que tiene mayor riesgo de realización.

Llenado y pesado de sacos.



Colocación de sacos en termoselladora



Estiba de sacos



Aplicación método ecuación NIOSH

El método NIOSH fue desarrollado por el departamento de salud y servicios humanos del gobierno de EEUU. La ecuación de NIOSH permite evaluar tareas en las que se realizan levantamientos de carga, ofreciendo como

 ISSN 2007-8102

resultado el peso máximo recomendado (RWL) que es posible levantar para la aparición de lumbalgias y problemas de espalda (secretaria de salud laboral, 2016). Existen 3 criterios importantes que influyen en el método: 1) criterio biomecánico; 2) criterio fisiológico; 3) criterio psicofísico. (Diego-Mas, 2015). La ecuación está conformada por las siguientes variables:

$$RWL = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM$$

LC= Constante de carga. HM= Distancia Horizontal. VM= Distancia vertical. FM= Frecuencia.

AM=Angulo de asimetría. DM=Duración del levantamiento. CM=Acople.

Los métodos anteriores nos han permitido medir la fatiga del operador y de manera general la postura de distintas actividades sin embargo, no se conoce hasta el momento cual es el verdadero impacto que se genera por la carga de materiales. Con la ayuda de la ecuación de NIOSH se obtuvo el indicador.

Ecuación de levantamiento de cargas NIOSH 1991

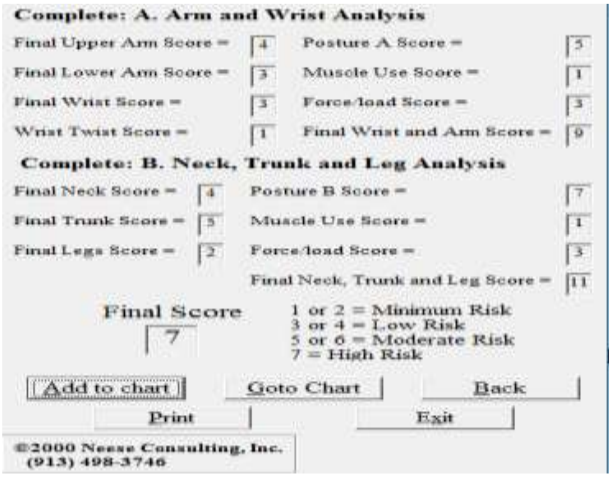
Ingreso de información	Valor	Unidades	Límites Aceptables
Peso de la Carga (Peso del objeto a ser manipulado)	25.0	Kg	
Frecuencia de levantamientos (F)	3	levant/min	Use los valores del menú desplegable
Duración del Trabajo	8	horas	> 0 and <= 8 horas
PUEDE MEDIRSE LA DISTANCIA HORIZONTAL?			
SI su respuesta es NO, ingrese la profundidad de la caja		cm	
Localización Horizontal de las Manos en el Origen (Ho)	50.0	cm	25.0 <= Ho < 63.0
Localización horizontal de las Manos en el Destino (Hd)	40.0	cm	25.0 <= Hd < 63.0
Localización Vertical de las Manos en el Origen (Vo)	100.0	cm	0 <= Vo < 175
Localización Vertical Location de las Manos en el Destino (Vd)	130.0	cm	0 <= Vd < 175
Angulo de Asimetría (A)	45	grados	0 < A < 135
Acople (C)	Fair		Use los valores del menú

Resultados	
Límite de Peso Recomendado (RWL)	**4.8579**
INDICE DE LEVANTAMIENTO (LI)	**5.146266**

Aplicación método ecuación RULA

Este método evalúa los factores de riesgo que puedan ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo (secretaria de salud laboral, 2016). Divide el cuerpo en dos grupos. Grupo A compuesto por el brazo, antebrazo y muñecas. Grupo B lo conforman el cuello, el tronco y las piernas. El método de evaluación emplea una serie de tablas para identificar y calificar la postura adoptada por el operador.

Con el método de OWAS se evaluó la postura; con el método NIOSH se estableció la existencia de riesgo biomecánico. La aplicación del método Rula se utilizó para confirmar y demostrar a los responsables de la organización que la actividad del estibado de sacos es la actividad de mayor riesgo. Para realizar esta evaluación se utilizó el software Neese Consulting, Inc.



Conclusiones

Sin lugar a duda la ergonomía es el complemento perfecto para realizar un estudio de métodos ya que al aplicar este enfoque el resultado que se tendrá serán estaciones trabajo más eficientes, pero a su vez más seguras para los operadores. Es decir, la ergonomía para el diseño plantea una importante metodología en la cual un método además de proporcionar un indicador para medir el riesgo que se genera para el operador, sirve como un procedimiento de mejora. Indica la lógica, que si existen ciertos factores que se están evaluando y provocando daños y lesiones a los operadores, la mejor manera de disminuir ese impacto al operador es atacar de manera directa los factores que el método ergonómico está utilizando.

De tal modo, podemos decir, que la ergonomía es una gran herramienta que permite en primera instancia proporcionar información del proceso; es decir, conocer que tanto riesgo puede representar para un operador seguir trabajando en cierta estación. En segunda instancia es una herramienta para rediseñar estaciones de trabajo, en las que muy seguramente al aplicar dichos conocimientos se tendrá una mejora de productividad. La mejor conclusión es haber profundizado sobre esta disciplina, refiriendo la frase "Trabajo, para optimizar el trabajo" Dr Carlos Espejo Guasco SEMAC.

Referencias

(1) Ajournalarticle, R. H., Spud, P. T., & Psychologist, R. M. (2002). Title of journal article goes here. Journal of Research in Personality, 22, 236-252. doi: 10.1016/0032-026X.56.6.895*

(2) B'Onlinesourcesareconfusing, S. O. (2010). Search for answers at apastyle.org and include issue numbers after volume numbers when there is no DOI. Journal of Articles Without Digital Object Identifyers, 127 (3) , 816-826.

(3) Cmagazinearticle, B. E. (1999, July). Note the last names on this page: Each source type has to be formatted in a different way. [Special issue]. Prose Magazine, 126 (5), 96-134.

(4) Cruz, S. T., Esquivel, G. C., & Campanur, A. G. (2017). Comparativa de los métodos de análisis ergonómicos OWAS, RULA y REBA en empacadoras de agucate. Coloquio de Investigación multidiciplianria Journal CIM, 497-503.

(5) Dbookreference, S. M., Orman, T. P., & Carey, R. (1967). Google scholar's "cite" feature is usually accurate and time-saving. New York: Dawkins-Harris Publishing.

(6) O'encyclopedia, S. E. (1993). Words. In The new encyclopedia Britannica (vol. 38, pp. 745-758). Chicago: Forty-One Publishing.

(7) Pchapter, P. R., & Inaneditedvolume, J. C. (2001). Scientific research papers. In P. Z. Wildlifeconservation, R. Cirk, & J. H. Dennett (Eds.), Research papers are hard work but boy are they good for you (pp. 123-256). New York: Lucerne Publishing.

(8) Qosenberg, Morris. (1994, September 11). This is how you cite an online news article that has an author. The Washington Post. Retrieved from http://www.washingtonpost.com/dir/subdir/2014/05/11/a-d9-11e3_story.html

OFICI Home Services: Aplicación para reactivar una zona económica.

M. Maceda Rodríguez[1]; M. Martínez Moreno[2]; M. Amaro Hernández[3]; Y.A. Cryderman Coronel[3]; G. Flores Aguilar[3];

[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz,
[2]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz.

[3] Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz,
Av. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Ver., México
mariaelena.macedarodriguez@itver.edu.mx; martham_m@hotmail.com; miguel.a.amaro.h@gmail.com; yazminandreacc@gmail.com; gabriel-floresA@outlook.es;

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

México carece de proyectos de innovación que representen una oportunidad de progreso para las personas, son pocos los que cuentan con bases sólidas y que tengan como prioridad ayudar a los clientes. Uno de los principales objetivos de Ofici Home Services es apoyar a las personas que trabajan de forma independiente ofreciéndoles una alternativa a los medios de difusión tradicionales que generalmente manejan precios que resultan elevados, en contraste con el promedio de ingresos que percibe un prestador de oficios.

Ofici Home Services es una plataforma Web que sirve como un enlace entre clientes y prestadores de servicios u oficios y permite activar la economía con la prestación y contratación de estos servicios, diseñando un espacio donde puedan presentar mediante fotografías y descripciones, sus trabajos o servicios realizados, así como recibir evaluaciones por parte de los clientes, generando así confianza a quien les contrate.

Palabras claves: Servicios para el hogar, prestador de servicios, reactivación económica, plataforma web.

Abstract

Mexico lacks innovation projects that represent an opportunity for progress of people, few have solid foundations and have the priority to help customers. One of the main objectives of Ofici Home Services is to support people who work independently by offering them an alternative to the traditional media that usually handle high prices in contrast to the average income perceived by a service provider.

Ofici Home Services is a Web platform that serves as a link between clients and service providers or trades and allows to activate the economy with the provision and contracting of these services, designing a space where they can present through photographs and descriptions, their works or services, as well as receiving evaluations from customers, thus generating confidence to the customers.

***Key words**: Ofici Home Services, service provider, economic reactivation, web.*

Introducción

La innovación es crucial para las empresas, países y sociedades debido a su conexión con la generación de valor que deriva en crecimiento, bienestar y desarrollo. Las tendencias han ido evolucionado a la innovación, de ser una actividad centrada en el interior, centrada en el producto y en gran parte analógica hacia una actividad centrada en el exterior, orientada al servicio y altamente digitalizada, que abarca funciones internas e involucra a clientes, proveedores e incluso competidores (Frishammar, Richter, Brattström, Magnusson, & Björk, 2019).

En México, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) es de, alrededor medio punto del PIB, menor al mínimo del 2% que invierten los países desarrollados y del 4% que invierten los líderes en innovación (Arreola, 2019).

Según Porter (2009), la prosperidad de una nación se crea, y su competitividad depende de la capacidad para innovar y mejorar, así como del aprovechamiento en su posicionamiento geográfico. En un mundo donde las necesidades del cliente son cada vez más sofisticadas, la innovación se está convirtiendo en una cuestión fundamental para el crecimiento y la prosperidad a nivel corporativo, a la vez que se reconoce como una fuente de vitalidad y ventaja competitiva (Ahmed, Shepherd, Ramos G, & Ramos G, 2012). La innovación siempre ha sido una base fundamental para el desarrollo y la competitividad de empresas, regiones, naciones y el mundo en general.

La construcción de cualquier tecnología surge de una idea basada en cubrir alguna necesidad o deseo. Piet Pietrobelliand Soete (2011) declaró que, debido a la globalización y al liberalismo comercial, la ventaja de la difusión de tecnología internacional solo se puede presentar con esfuerzos paralelos de innovación local y la presencia de estructuras modernas de investigación y desarrollo conducentes en los sistemas de innovación. La tecnología es la habilidad para crear una forma reproducible capaz de generar bienes, procesos o servicios nuevos y mejorados a distintas adaptaciones a las necesidades de los consumidores o usuarios. Al analizar la sociedad moderna podemos decir que la innovación tecnológica ha transformado nuestras sociedades de una forma muy profunda. La innovación está impulsada por las mega tendencias que se observan en las ciencias, la tecnología y la sociedad. El enfoque típico de la innovación tecnológica consiste en la creación de tecnologías innovadoras que hagan posible la realización de aspectos totalmente nuevos. El desarrollo de la tecnología tiene consecuencias importantes para la innovación de las empresas y a todos los niveles: producto, proceso, administración y estrategia (Ahmed, Shepherd, Ramos G, & Ramos G, 2012). Al momento de la construcción de una innovación es necesario tener en cuenta cómo se va a organizar adecuadamente los recursos, materiales y personal para realizar ciertas tareas que ayuden a la elaboración del proyecto, a esto se le llama Gestión de la innovación y tecnología. Según Juan Ignacio Ustaran Cervantes, Director General Corporativo Grupo Analítico ABC, menciona que la gestión de la innovación y tecnología es “El proceso orientado a organizar y dirigir los recursos disponibles, tanto humanos como técnicos y económicos, con el objetivo de aumentar la creación de nuevos conocimientos, generar ideas que permitan nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los existentes, y transferir esas mismas ideas a las fases de fabricación y comercialización”

Reyes (2018) comenta que, la innovación tecnológica mexicana tiene un futuro incierto. Las compañías día a día cuentan con más competencia, por lo que es imprescindible para ellas lograr la mayor cantidad de ventajas en mercados muy competitivos; por ende, el desarrollo de software debe estar en capacidad de explotar estas ventajas (Barrios, 2015). Por otro lado, los micro servicios, aunque no hay una definición formal se puede explicar cómo una serie de pequeños servicios autónomos que trabajan conjuntamente. Una definición sobre el marketing es la de Rodríguez (2008), el cual es basada en una filosofía que defiende el establecimiento de relaciones permanentes con los clientes que puedan convertirse en una fuente de beneficios para ambas partes, los consumidores y los prestadores de servicios u organizaciones. El servicio Web podría definirse como un amplio sistema multimedia de acceso a información heterogénea distribuida por toda la red en forma de documentos hipertextuales (Cobo, Gómez, Pérez, & Rocha, 2005).
Todos los servicios que se ofrecen en internet, entre ellos el servicio Web se basan en la denominada relación cliente/servidor, considerando la conexión de dos tipos de equipos de cómputo (servidor: ofrece los servicios al resto de equipos conectados y el cliente: equipos de usuarios individuales que se conectan a la red solicitando servicios).

Veracruz es una zona económicamente activa con diversidad de oficios y servicios que pueden generar recursos para su crecimiento, a través de la Secretaría del Trabajo y dependencias de capacitación para el trabajo se ha buscado incentivar este sector de la población, sin embargo, los medios para darse a conocer son muy caros y poco atractivos para el solicitante de servicios, o poco confiables como es el caso de las redes sociales. En este proyecto se asocian los términos del marketing al publicitar servicios u oficios conjuntamente en una zona económica a través de una plataforma Web que permita la publicación, búsqueda y contratación de los servicios.

El Tecnológico Nacional de México a través de la Secretaría de Extensión y vinculación y la dirección de vinculación e intercambio académico señala en su manual de operación que, de conformidad al artículo 2º. Fracción II del decreto de creación de este órgano desconcentrado que, tiene por objeto formar profesionales e investigadores aptos para la aplicación y generación de conocimientos que les proporcionen las habilidades para la solución de problemas, con pensamiento crítico, sentido ético, actitudes emprendedoras, de innovación y capacidad creativa, para la incorporación de los avances científicos y tecnológicos que contribuyan al desarrollo nacional y regional (TecNM, 2019).

Por lo anterior, en el primer cuatrimestre del año se publica la convocatoria ENEIT 2019 (Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica) y se participa con el proyecto denominado OFICI Home Services en la etapa local en el Instituto Tecnológico de Veracruz, logrando pasar a la etapa regional a celebrarse en el mes de septiembre.

Ofici Home Services es una plataforma que permite generar fuentes de ingresos a los prestadores de servicios u oficios y ser el enlace con los clientes que requieren de ellos, en una forma confiable y segura, donde el cliente podrá conocer los trabajos realizados y las recomendaciones del prestador de servicios y de igual manera podrá evaluarlo. Ofici Home Services ofrece sus servicios como un tercero y como un medio de publicidad cumpliendo los objetivos de comunicar productos o servicios a los clientes potenciales (Russel & Lane, 1993).

Metodología

Materiales

Los materiales que requirió el proyecto OFICI Home Services son los siguientes:

- ✓ Lenguaje de programación para HTML en su versión 5.0
- ✓ Gestor de base de datos PHPMyadmin en versión 4.8.5
- ✓ MYSQL Server versión 8
- ✓ Acceso en la nube a través de Hostgator México
- ✓ El dominio de Google Domains para ser el enlace con la base de datos y la aplicación
- ✓ Para pagos de suscripciones se usará la plataforma PayPal
- ✓ Uso de co-working para el desarrollo de la aplicación y trabajo colaborativo

Usos y beneficios de la plataforma

Los prestadores de servicios u oficios, como técnicos en reparación de aires acondicionados, carpinteros, albañiles, niñeras, enfermeras entre otros, que requieran dar a conocer sus servicios podrán suscribirse al portal Web en tres modalidades: Básica, Medium o Premium, dependiendo la suscripción podrá publicitar de forma básica, con fotografías de sus trabajos realizados o cartas de recomendación para la mejor contratación de sus servicios.

Impacto del usuario

Para el prestador de servicios: poder generar mayores ingresos y gastando menos que a través de los medios impresos o redes sociales, dando mayor oportunidad a ser contratados.
Para el contratante: confiabilidad, conocer los trabajos o recomendaciones y poder evaluar al prestador de servicios.

Formulación de los precios

Mediante distintas búsquedas y análisis se determinaron los precios los cuales serían los convenientes para que los clientes (prestadores de servicios), pagaran para que su publicación estuviera activa en la plataforma durante un mes, se hicieron comparativos con métodos de publicidad actuales los cuales demostraron ser más costosos para los clientes.

Recursos utilizados para la generación de datos

Como meta se realizó un estudio de mercado para que se pudieran reunir, planificar, analizar y comunicar los datos relevantes ante la situación del mercado que el proyecto afrontará (Hayes, Bloom, & Kotler, 2004). Se elaboró una encuesta a través de google forms (herramienta de formularios en línea) a los clientes potenciales (clientes que requieren el servicio), con la finalidad de conocer sus necesidades principales al momento de contratar un servicio. El contenido del cuestionario se puede apreciar en la Figura 1.

 ISSN 2007-8102

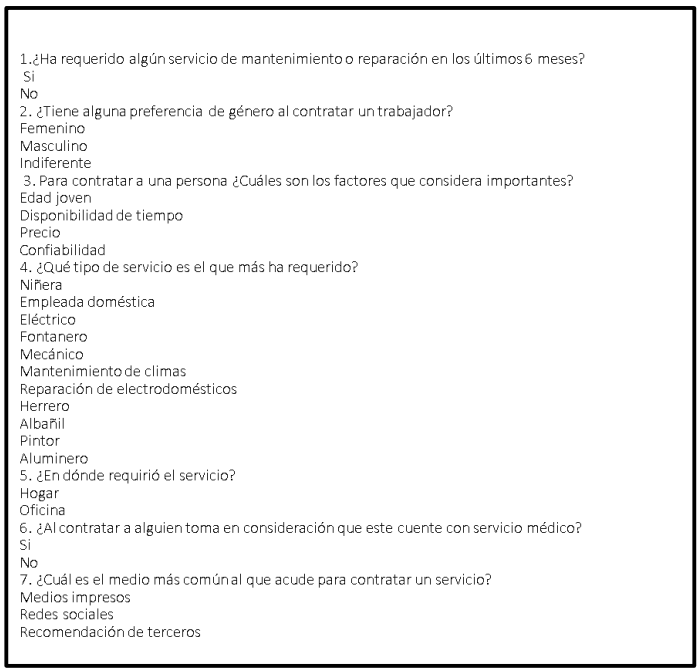


Figura 1. Encuesta en Google Forms. Fuente: Autoría propia.

De una población de 250 personas se obtuvo el 70% de respuestas. Los gráficos más sobresalientes se muestran a continuación. Pregunta 3, los factores que buscan en la persona a contratar (ver Figura 2); siendo la confiabilidad de la persona lo más importante en una contratación, y la edad lo menos importante con 1.2% a favor, infiriendo que la posibilidad de contratación de adultos mayores es alta. Pregunta 4, la que obtiene los oficios más solicitados (Ver Figura 3); y tomando en cuenta que se aplicó la encuesta en la zona conurbada, mantenimiento a climas es el servicio más requerido con el 32% a favor.

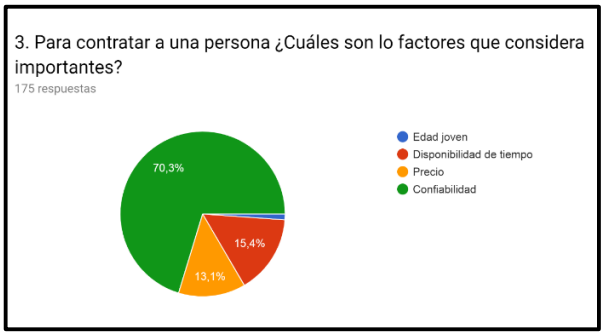


Figura 2. Factores a requerir en un prestador de Servicios. Fuente: Autoría propia.

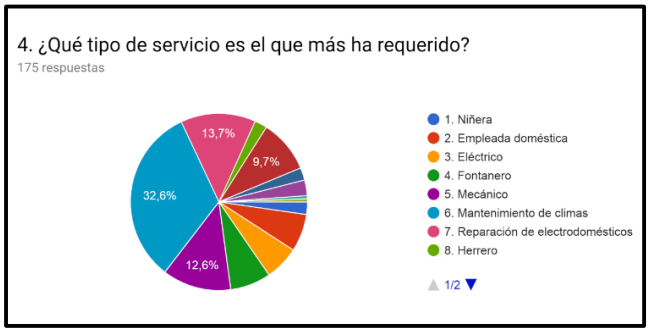


Figura 3. Principales servicios solicitados. Fuente: Autoría propia.

Pregunta 5, se cuestionó si era la oficina o el hogar donde más requerían el servicio (ver Figura 4), siendo el hogar el más solicitado con el 93% a favor. Pregunta 7, conocer los medios más comunes de búsqueda para contratar un oficio (Ver Figura 5), siendo la recomendación de terceros la más solicitada con casi el 80% de la población, y se puede observar, que tan sólo el 1.2% busca servicios a través de medios impresos, siendo éste cada día el menos recurrente.

 ISSN 2007-8102

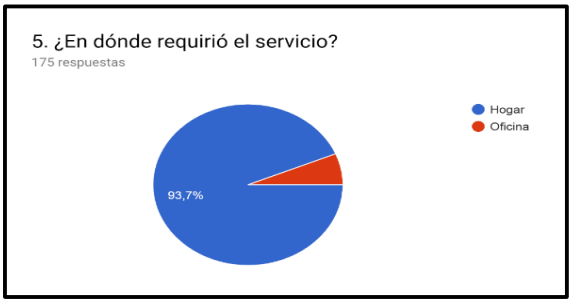


Figura 4. Lugares de búsqueda de servicios.
Fuente: Autoría propia.



Figura 5. Lugar a requerir el servicio.
Fuente: Autoría propia.

Resultados y discusión

Al terminar de ejecutar los distintos procesos, se logró el objetivo deseado, se creó una plataforma que puede realizar la acciones para las que fue diseñada. Al ingresar al sitio web www.ofici.ml, se puede acceder a la plataforma y disfrutar de sus servicios, la página principal ofrece un catálogo de todas las actividades que se pueden realizar, que va desde la información de cómo utilizar la página de manera eficiente, hasta como solicitar un servicio u ofrecerlo, como se puede apreciar en la Figura 6.



Figura 6. Portal Ofici. Fuente: (Ramírez, y otros, 2019)

Una de las cualidades más importante con la que cuenta la página es que las personas que requieren un servicio urgente pueden contactar a algún trabajador más cercano, esto mediante la geolocalización, como se observa en la Figura 7.



Figura 7. Ubicación del usuario. Fuente: (Ramírez, y otros, 2019)

En el sitio web se puede acceder a la página donde te brinda diferentes opciones, las principales son “necesito un servicio” y “ofrezco un servicio”. Cuando uno da click en el apartado “ofrezco un servicio”, la página lo direccionará a una serie de pasos que debe de cumplir para completar el registro y publicación adecuadamente, según se muestra en la Figura 8.

 ISSN 2007-8102

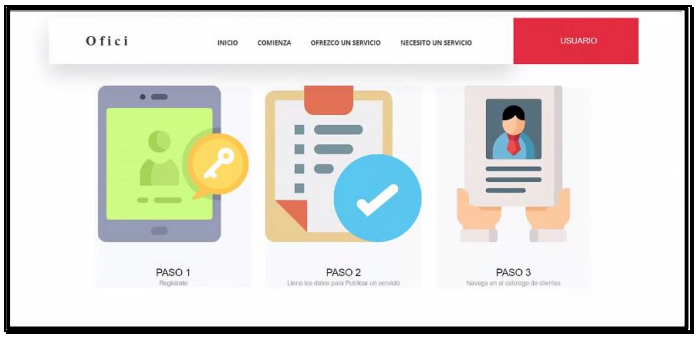


Figura 8. Pasos para publicar. Fuente: (Ramírez, y otros, 2019)

Los precios que Ofici Home Services maneja, se obtuvieron en base a un estudio de mercado donde se analizaron medios alternos de publicidad como lo son el periódico y redes sociales (Facebook) con la finalidad de ofrecer costos bajos en el uso de la plataforma web sin perder de vista el margen de utilidades (Figura 9). Como toda organización redituable, se determinaron los ingresos y egresos para que la empresa pueda subsistir en el mercado. (Fischer & Espejo, 2011).

LAS TARIFAS DEL CLIENTE BASICO SON LAS SIGUIENTES:				
INCLUYE:	12 palabras		tarifa semanal:	$ 65,00
	negritas			
		PERIODICO	OFICI	Facebook
	12 PALABRAS	$ 60,00	-	-
	NEGRITAS	$ 66,00	-	-
	UN MES	$ 3.528,00	$ 65,00	$ 130,00
	AHORRO	$ 3.463,00		$ 65,00

Figura 9. Pasos para publicar. Fuente: (Ramírez, y otros, 2019)

Para crear una cuenta en Ofici Home Services, se requieren datos para poder formar el perfil del solicitante: nombre, apellidos, fecha de nacimiento, correo electrónico, número telefónico, contraseña y la ciudad de donde pertenece, tal y como se observa en la Figura 10.



Figura 10. Creación de la cuenta en la plataforma. Fuente: (Ramírez, y otros, 2019).

La plataforma también ofrece los servicios de facturación en dado caso que sea necesario para los clientes. La forma de pago es accesible ya que se puede pagar a través del sistema Paypal, este sistema ayuda a agilizar el proceso del pago por los servicios de publicidad. El sitio web también cuenta con una calificación por parte de las personas que contratan el servicio hacia las personas que lo ofrecen, esto con la finalidad de poder retroalimentar la página, de esta forma los clientes podrán buscar al prestador de servicio que se encuentre más cerca, que esté mejor calificado o de acuerdo a las cualidades que requiera para completar el servicio. La accesibilidad de la plataforma permite acceder a los distintos servicios que ofrece, para que cualquier tipo de personas puedan utilizarlo sin complicaciones.

Ofici Home Services busca actuar como un tercero, es decir, no se involucra entre el acuerdo cliente-trabajador y no cobra comisión por algún trabajo realizado, ofreciendo así libertad en la negociación entre el cliente y el trabajador.

El pasado mes de mayo, el proyecto Ofici Home Services compitió a nivel local en el concurso ENEIT 2019 en el Instituto Tecnológico de Veracruz, el proyecto ingresó en la categoría de software obteniendo el 1er lugar, ganando además el derecho a participar en la etapa regional a celebrarse en el mes de septiembre (Figuras 11 y 12).


SEP

EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

OTORGA EL PRESENTE

RECONOCIMIENTO

A

OFICI HOME SERVICES

POR OBTENER EL

PRIMER LUGAR

DE LA CATEGORÍA SOFTWARE

EN EL MARCO DEL EVENTO NACIONAL ESTUDIANTIL DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA 2019 EN SU FASE LOCAL, REALIZADO DEL 16 AL 17 DE MAYO DE 2019, EN LAS INSTALACIONES DE ESTE INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ.

H. VERACRUZ, VER., A 17 DE MAYO DE 2019.

M.C. DAVID REYNIER VALDÉS
DIRECTOR DEL INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

Figura 11. Reconocimiento de primer lugar categoría Software fase local.
Fuente: (TecNM-ITVer, 2019).



Figura 12. Presentación de la plataforma.
Fuente: autoría propia.

Como un resultado adicional, y para ejercer el derecho a prerrogativas y privilegios exclusivos de carácter personal y patrimonial (Gob.mx, 2019), se gestionó el pasado 21 de junio, el registro de OFICI Home Services de manera formal ante Indautor, obteniendo el número de registro: 03-2019-062109315400-01, apoyando así la generación de derechos de autor en nuestro país.

Trabajo a futuro

Ofici Home Services está diseñado para crecer de manera exponencial, como meta a corto plazo la plataforma funciona para servicios en casa u oficina para la zona conurbada Veracruz-Boca del Río con la finalidad de reactivar la economía local. Se propone además firmar convenios de colaboración con instituciones dedicadas a la capacitación para el trabajo como ICATVER (Instituto de Capacitación para el Trabajo) y CECATI (Centro de Capacitación para el Trabajo Industrial).

A mediano plazo, OFICI Home Services planea tener una cobertura a nivel regional, uno de los puntos principales a abordar es tener en cuenta las necesidades de los clientes dentro la misma región, por lo que, se realizarán encuestas para detectar éstas oportunidades y así la plataforma tenga una mejor cobertura. En esta etapa del proyecto también se tiene planeado realizar una aplicación móvil de la plataforma web y así sea más rápido el acceso a el sitio permitiendo una comunicación más eficiente entre los clientes y prestadores de servicios.

Al largo plazo, se considera contar con una cobertura nacional tanto para el sitio web como para la aplicación, para esto se necesitarán estudios de mercado más amplios para identificar a los clientes por estado según sean sus necesidades debido a las distintas zonas geográficas, climatológicas, económicas, etc, establecidas a lo largo del país. Un caso muy simple es el siguiente, las primeras encuestas ya realizadas señalaron que para Veracruz lo más solicitado es la reparación de aires acondicionados, debido al tipo de clima de la ciudad.

Conclusión

Ofici Home Services irá mejorando a través de actualizaciones y mantenimiento, priorizando siempre las opiniones de los clientes, la plataforma no tendrá un gran impacto si los clientes no se sienten cómodos con la forma de operar del sitio web, es por eso que uno de los puntos claves de este proyecto será la geolocalización y con esto se priorizará la rapidez en el servicio. En la actualidad es muy difícil encontrar alguna empresa o proyecto que se preocupe por la gente, el verdadero propósito de Ofici Home Services son las personas, aquellas que laboran de forma independiente y cuyos recursos destinados para la promoción de los trabajos que ofrecen son limitados. La mayoría de las empresas de publicidad no son conscientes de la necesidad de las personas, ya que los gastos para promocionarse son excesivos para un trabajador independiente, teniendo la opción de buscar sus propios medios de difusión, pero estos no tendrán un gran alcance como si lo hiciera una empresa especializada en este ramo.

Ofici Home Services ayuda a que los prestadores de servicios tengan un mayor alcance de publicidad a un costo mínimo, reactivando así, la economía local de nuestra comunidad.

Referencias

1. Ahmed, P. K., Shepherd, C. D., Ramos G, L., & Ramos G, C. (2012). Administración de la Innovación (Primera ed.). México: Pearson.
2. Arreola, J. (09 de Abril de 2019). Forbes México. Recuperado el 13 de Junio de 2019, de https://www.forbes.com.mx/falta-innovacion-en-mexico/
3. Barrios, D. A. (2015). Modelado bajo una arquitectura de microservicios de un prototipo de software, para el comercio de tiendas de barrio. Bogotá.
4. Cervantes, J. I. (2017). La Gestion de Proyectos Tecnológicos. Perspectiva Tecnológica.
5. Cobo, Á., Gómez, P., Pérez, D., & Rocha, R. (2005). PHP y MySQL: Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones Web. España: Díaz de Santos.
6. Fischer, L., & Espejo, J. (2011). Mercadotecnia. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
7. Frishammar, J., Richter, A., Brattström, A., Magnusson, Y., & Björk, J. (2019). Opportunities and challenges in the new innovation landscape:Implications for innovation auditing and innovation management. European Management Journal, 151-164.
8. Fu, X., Pietrobelli, C., & Soete, L. (2011). The role of foreign technology and indigenous innovation in the emerging economies: technological change and catching-up. World Development, 39, 1204-1212.
9. Gob.mx, G. d. (2019). INDAUTOR. Instituto Nacional del Derecho de Autor. Obtenido de http://www.indautor.gob.mx/
10. Hayes, T., Bloom, P., & Kotler, P. (2004). El marketing de servicios profesionales. México: Paidos.
11. Porter, M. E. (2009). Ventaja Competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior. México: Patria.
12. Ramírez, D. A., Galindo, E. M., Cryderman, Y. A., Flores, G. A., Martínez, M. M., Maceda, M. E., & Vilma. (12 de Mayo de 2019). Ofici Home Services. Obtenido de www.ofici.ml
13. Reyes, E. (06 de Septiembre de 2018). Expansión. Recuperado el 13 de Junio de 2019, de https://expansion.mx/tecnologia/2018/09/06/la-innovacion-tecnologica-mexicana-tiene-un-futuro-inciertoExpansión
14. Rodríguez, I. A. (2008). Principios y estrategias de Marketing. Cataluña: UOC.
15. Russel, J., & Lane, W. R. (1993). Publicidad. Estado de México: Prentice Hall Hispanoamerica, S.A.
16. TecNM, T. N. (Marzo de 2019). Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica. Manual de operación. México.
17. TecNM-ITVer, T. N.-I. (17 de Mayo de 2019). ENEIT 2019 Fase local. Veracruz, México.

RAZON SEÑAL A RUIDO S/N PARA UNA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD DEL TIPO NOMINAL ES MEJOR

D. A. Balderas Puga[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Querétaro, Departamento de Ingeniería Industrial, Av. Tecnológico y Escobedo s/n, C.P. 76000, Querétaro, Qro., México
**billdavito@yahoo.com.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se muestra la aplicación de la señal a ruido S/N para una característica de calidad nominal es mejor a partir de un arreglo ortogonal L8 con respuestas repetidas. Se realiza un análisis estadístico empleando varias funciones S/N para contrastar los resultados obtenidos. El artículo muestra para el escenario propuesto las diferencias y similitudes generadas a partir no solo del análisis estadístico.

***Palabras clave**: Análisis de varianza, señal a ruido S/N, arreglos ortogonales, evaluación de la rugosidad.*

Abstract

The application of the S/N signal to noise is shown for a quality characteristic nominal is better from an orthogonal array L8 with repeated responses. A statistical analysis is performed using several S/N functions to compare the results obtained. The article shows for the proposed scenario the differences and similarities generated not only from the statistical analysis.

Introducción

Los estadísticos señal/ruido son algunos de los aspectos del método propuesto por Taguchi que más polémica generaron y fueron tratados por Box [1] y Pignatiello [2].

Nair y Pregibon [3] demostraron que tales estadísticos producen resultados subóptimos, ya que confunden el efecto sobre la media con el efecto en la variabilidad. Una alternativa implica transformar los datos de forma tal que se logre un comportamiento independiente de la media y la variabilidad, y luego analizarlas de forma separada para los datos transformados.

Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar [4] presentan dos funciones S/N diferentes para una característica de calidad nominal es mejor. Presentan un ejemplo con arreglos cruzados para incluir factores de control y de ruido y muestran el uso de la función S/N que sólo emplea la variación de las pruebas repetidas.

Fowlkes y Creveling [5] proponen una prueba para verificar la independencia de la media y la desviación estándar y a partir del resultado elegir el tipo de función S/N que debería utilizarse para una característica de calidad nominal es mejor.

Ross [6] propone dos funciones S/N diferentes para una característica de calidad nominal es mejor, una de ellas es una función que únicamente depende de la variación y la otra es una función tanto del promedio como de la variación. Presenta un ejemplo donde contrasta como el promedio y la variación influyen en las funciones propuestas.

Hunter [7] recomendó emplear para una característica de calidad nominal es mejor, una función S/N que sólo depende de la variación.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Wu y Hamada [8] presentan un análisis extenso de los diseños experimentales de dos niveles con respuestas repetidas, en un ambiente de factores de ruido identificados, con el objeto de obtener un modelo para la variación y otro para el promedio. Muestran esa estrategia a partir de la razón S/N que considera a la media y la desviación estándar para construir un solo modelo.

Roy [9] presenta algunos ejemplos donde se usa una función S/N genérica que se determina a partir de calcular la desviación media cuadrática (MSD) en función del tipo de característica de calidad. Propone el uso directo del valor obtenido de S/N para tomar una decisión y también su empleo en el ambiente experimental con los arreglos ortogonales y respuestas repetidas. Señala que al emplear una sola medida (MSD) se incorporan los efectos de los cambios en la media así como la variación (desviación estándar) con igual prioridad y que los resultados se comportan más lineales cuando se expresan en términos de las razones S/N. Como guía general, recomienda el uso del análisis S/N para todos los experimentos con muestras múltiples por condición de prueba.

Maghsoodloo [10] deriva la forma exacta de la función de ruido para las características de calidad mayor es mejor y menor es mejor, pero muestra que no existe forma exacta para la característica del tipo nominal es mejor, ya que su reescritura en términos de la varianza y la desviación cuadrática de la media respecto al objetivo da la impresión de que ambas se minimizarían simultáneamente. De acuerdo, con su experiencia encontró que para una característica de calidad nominal es mejor, la función genérica S/N en términos del valor de MSD no siempre produce las mismas condiciones óptimas que aquélla que considera al mismo tiempo la media, la desviación estándar y el número de pruebas repetidas.

Metodología

Se utilizan los resultados obtenidos de un diseño 2^3 con cinco réplicas de un diseño experimental, a partir de un arreglo ortogonal L8. El escenario propuesto es sobre un experimento en una operación de acabado de superficie de un eje de accionamiento auxiliar del bloque de levas superior. Es una adaptación del experimento original de Sirvanci y Durmaz [11]. El análisis estadístico se basa en la obtención de cuatro razones S/N diferentes, su comparación y el análisis de varianza respectivo.

En particular, las acciones principales fueron:

- Elegir un escenario experimental con pruebas repetidas.
- Identificar diversas funciones para la razón señal a ruido S/N para la característica de calidad nominal es mejor.
- Determinar los valores de las cuatro razones S/N para cada una de las ocho combinaciones del arreglo ortogonal L8.
- Analizar los valores obtenidos para las cuatro razones S/N.
- Analizar estadísticamente los resultados obtenidos en el escenario experimental propuesto para cada una de las cuatro razones S/N elegidas.

Resultados y discusión

Razón señal a ruido S/N para una característica nominal es mejor
La primera razón S/N considerada [9] está en función de la desviación media cuadrática (MSD) la cual toma en cuenta el tipo de característica de calidad considerada.

$$S/N_1 = -10 \text{ Log10 MSD} \qquad \text{ecuación (1)}$$

Esta estructura pretende asegurar que S/N se incremente cuando MSD disminuye. Así, para cualquier característica de calidad se desean valores menores de MSD y mayores de S/N. Para una característica del tipo nominal es mejor, MSD se obtiene de la ecuación (2), donde *m* es el valor nominal.

$$MSD = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - m)^2 \qquad \text{ecuación (2)}$$

Las razones 2 y 3 [4,6] se muestran en las ecuaciones 2 y 3.

$$S/NB_2 = 10Log_{10}\left[\frac{\bar{Y}^2}{S^2}\right] \qquad \text{ecuación (3)}$$

 ISSN 2007-8102

$$S/NB_3 = -10Log_{10}(S^2) \qquad \text{ecuación (4)}$$

La ecuación 3 se recomienda para respuestas no negativas que van de cero a infinito, que tienen un valor objetivo diferente de cero y que la varianza es cero cuando la respuesta también es cero. También se recomienda cuando la media y la desviación estándar tienen una relación lineal. Por otra parte, la ecuación 4 se propone para respuestas que pueden tomar tanto valores positivos como negativos, y donde el cero puede ser el valor nominal.

Una forma de verificar el tipo de relación entre la media y la desviación estándar radica en realizar un diagrama de dispersión con las parejas $(\bar{Y}_i, S_i)$, calculados a partir de los renglones del arreglo ortogonal interno o de las diferentes condiciones empleadas para generar las respuestas repetidas. Si los puntos caen en una banda horizontal a lo largo del eje X, entonces la media y la desviación estándar son independientes; pero si los puntos muestran alguna relación lineal, o de otro tipo, entonces son dependientes.

La razón 4 [10] se muestra en la ecuación 5

$$S/NB4 = 10Log_{10}\left[\frac{1}{CV^2} - \frac{1}{n}\right] \qquad \text{ecuación (5)}$$

Esta razón está en función del coeficiente de variación definido por el cociente de la desviación estándar entre la media. Si se reemplaza el CV por los símbolos para su cálculo, se observará que la ecuación 5 es casi idéntica a la ecuación 3, excepto por la corrección (1/n).

$$S/NB_4 = 10Log_{10}\left[\frac{\bar{Y}^2}{S^2} - \frac{1}{n}\right] \qquad \text{ecuación (6)}$$

Escenario experimental
Los tres factores experimentales fueron el tipo de inserto (A), la velocidad en rpm (B) y la velocidad de avance en milímetros por minuto (C). Se utilizó un diseño de tres factores cada uno en dos niveles, los cuales son (# 5023, # 5074) para A, (800, 1000) para B y (50, 80) para C. Se midió la rugosidad de la superficie de cada parte. La parte tenía un valor nominal de 75 µm. La configuración actual para el proceso de acabado de superficie es el tipo de inserto # 5023, 780 rpm y 60 mm/min. El diseño y los datos del experimento del eje de transmisión se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Arreglo L8 (sólo se muestran las columnas del arreglo con los factores asignados)

Exp. No.	A	B	C	Valores observados en µm				
	1	2	4					
1	5023	800	50	54.6	73.0	59.2	55.4	52.6
2	5023	800	80	86.2	66.2	79.2	86.0	82.6
3	5023	1000	50	41.4	51.2	42.6	58.6	58.4
4	5023	1000	80	62.8	64.8	74.6	74.6	64.6
5	5074	800	50	59.6	52.8	55.2	61.0	61.0
6	5074	800	80	82.0	72.8	76.6	73.4	75.0
7	5074	1000	50	43.4	49.0	48.6	49.6	55.2
8	5074	1000	80	65.6	65.0	64.2	60.8	77.4

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos para el promedio, la desviación estándar, la varianza, la desviación media cuadrática y los cuatro valores de S/N para las repeticiones de cada renglón del arreglo ortogonal.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2 Valores de estadísticos para cada experimento del arreglo ortogonal

Exp. No.	$\bar{Y}$	S	S^2	MSD	S/N_1	S/NB_2	S/NB_3	S/NB_4
1	58.96	8.2054	67.328	311.144	-24.9296	17.1292	-18.2820	17.1123
2	80.04	8.2503	68.068	79.856	-19.0231	19.7367	-18.3294	19.7275
3	50.44	8.2721	68.428	657.936	-28.1818	15.7032	-18.3523	15.6797
4	68.28	5.8217	33.892	72.272	-18.5897	21.3849	-15.3010	21.3786
5	57.92	3.7218	13.852	302.808	-24.8117	23.8414	-11.4151	23.8379
6	75.96	3.6862	13.588	11.792	-10.7159	26.2801	-11.3316	26.2781
7	49.16	4.1890	17.548	681.744	-28.3362	21.3900	-12.4423	21.3836
8	66.60	6.3166	39.900	102.480	-20.1064	20.4598	-16.0097	20.4519

El análisis preliminar a partir de los resultados de la Tabla 2 indica que el experimento número 6 produce la media más cercana al valor nominal (75.96), la dispersión más pequeña (S = 3.6862 y S^2 = 13.588), la MSD más pequeña (11.792) y el valor máximo para cada una las razones S/N (S/N_1 = -10.7159, S/NB_2 = 26.2801, S/NB_3 = -11.3316 y S/NB_4 = 26.2781). Así, la mejor ubicación de los niveles de los factores para maximizar la razón señal a ruido es la misma (A = 5074, B = 800 y C = 80), independientemente del tipo de razón señal a ruido utilizada. Esta aseveración implica la suposición de que todos los factores son significativos desde el punto de vista estadístico.

A partir de cada S/N como respuesta del arreglo ortogonal se puede obtener los totales y promedios por nivel para cada factor del diseño así como el valor del efecto factorial asociado con cada factor mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3 Totales y promedios por nivel y efecto factorial para cada razón S/N como respuesta.

	S/N_1			S/NB_2		
Totales por nivel	A	B	C	A	B	C
N1	-90.7242	-79.4802	-106.2593	73.9540	86.9875	78.0638
N2	-83.9702	-95.2141	-68.4350	91.9713	78.9378	87.8615
Promedios por nivel						
P1	-22.6811	-19.8701	-26.5648	18.4885	21.7469	19.5159
P2	-20.9925	-23.8035	-17.1088	22.9928	19.7344	21.9654
Efecto:P2-P1	1.6885	-3.9335	9.4561	4.5043	-2.0124	2.4494

	S/NB_3			S/NB_4		
Totales por nivel	A	B	C	A	B	C
N1	-70.2647	-59.3581	-60.4917	73.8981	86.9558	78.0136
N2	-51.1987	-62.1053	-60.9717	91.9515	78.8939	87.8361
Promedios por nivel						
P1	-17.5662	-14.8395	-15.1229	18.4745	21.7389	19.5034
P2	-12.7997	-15.5263	-15.2429	22.9879	19.7235	21.9590
Efecto:P2-P1	4.7665	-0.6868	-0.1200	4.5134	-2.0155	2.4556

De la Tabla 3 se puede determinar la ubicación del mejor nivel para cada factor y a partir del valor del efecto factorial en valor absoluto clasificar la importancia relativa de cada factor. El resumen respectivo se muestra en la Tabla 4.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4 Ubicación del mejor nivel por factor e importancia relativa de cada factor

	S/N_1			S/NB_2		
	A	B	C	A	B	C
nivel	2	2	1	2	1	2
importancia	3	2	1	1	3	2
	S/NB_3			S/NB_4		
	A	B	C	A	B	C
nivel	2	1	2	2	1	2
importancia	1	2	3	1	3	2

De la Tabla 4 se puede concluir que la ubicación del mejor nivel (A = 2, B = 1 y C= 2) es la misma para las razones SN/B_2, S/NB_3 y S/NB_4, S/N_1 difiere en la ubicación de los niveles para los factores B y C (A = 2, B = 2 y C = 1).

Respecto a la importancia relativa de cada factor, las razones S/NB_2, S/NB_3 y S/NB_4 coinciden en que el factor A es el más importante, pero S/N_1 indica que es C. Para S/NB_2 y S/NB_4 el factor menos importante es B, para S/NB_3 lo es el factor C y para S/N_1 es A.

En particular S/NB_2 y S/NB_3 sólo difieren en la importancia de los factores B y C. Se puede construir un diagrama de dispersión con las parejas $(\bar{Y}_i, S_i)$ para hacer una recomendación entre ellas. La Figura 1 muestra tal diagrama entre la media y desviación estándar obtenidas en cada uno de los ocho renglones del diseño.

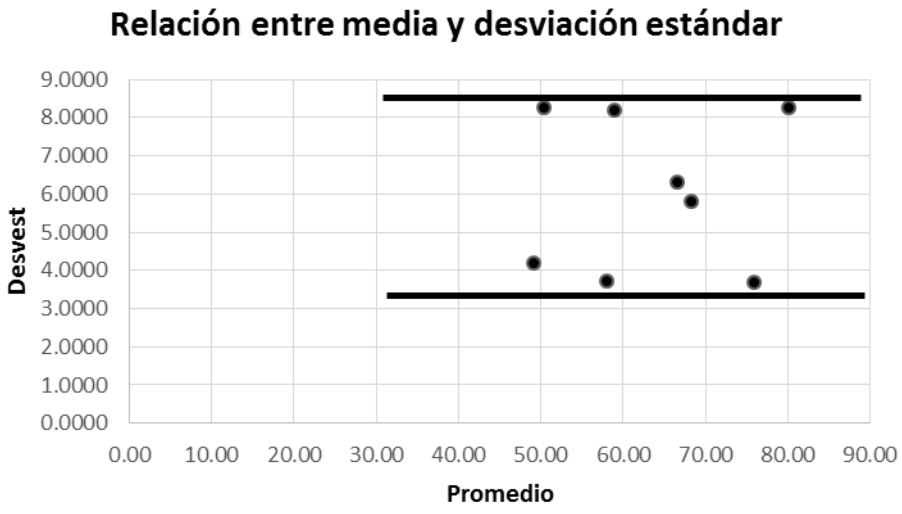


Figura 1 Relación entre media y desviación estándar

Ya que los puntos caen en una banda horizontal a lo largo del eje X, entonces la media y la desviación estándar son independientes, lo cual indica que sería preferible S/NB_3 en lugar de S/NB_2. Además, si obtiene el coeficiente de correlación entre la media y la desviación estándar, su valor es r = 0.047, es muy pequeño, cercano a cero lo que refuerza la aseveración sobre la independencia sugerida por el diagrama de dispersión.

Se realiza el análisis de varianza para cada razón señal a ruido considerada, el cual se muestra en las Tablas 5, 6, 7 y 8.

 ISSN 2007-8102

Tabla 5 Análisis de varianza para S/N_1

ANDEVA 1						
Fuente	gdl	SC	%	CM	gdl	valor p
A	1	5.70219029	2.31751862	5.70219029	0.74621579	0.43639969
B	1	30.9444656	12.5766366	30.9444656	4.04954018	0.1144921
C	1	178.834665	72.6830648	178.834665	23.4031562	0.00841423
error	4	30.5659054	12.4227799	7.64147636		
T	7	246.047226				
Fuente	gdl	SC	%	CM	gdl	valor p
C	1	178.834665	72.6830648	178.834665	15.9643967	0.00715519
error	6	67.2125613	27.3169352	11.2020935		
T	7	246.047226				

Del ANDEVA se concluye de acuerdo con su valor p = 0.00715 que el factor C es significativo.

Tabla 6 Análisis de varianza para S/NB_2

ANDEVA 1						
Fuente	gdl	SC	%	CM	gdl	valor p
A	1	40.5780739	50.3179833	40.5780739	8.12943906	0.04633875
B	1	8.09974059	10.0439122	8.09974059	1.62270756	0.2716986
C	1	11.9994794	14.8797009	11.9994794	2.4039839	0.19596373
error	4	19.9659896	24.7584036	4.9914974		
Total	7	80.6432835				
Fuente	gdl	SC	%	CM	gdl	valor p
A	1	40.5780739	50.3179833	40.5780739	6.07680444	0.04877963
error	6	40.0652096	49.6820167	6.67753493		
Total	7	80.6432835				

Del ANDEVA para S/NB_2 se concluye de acuerdo con su valor p = 0.04877 que el factor A es significativo.

Tabla 7 Análisis de varianza para S/NB_3

ANDEVA						
Fuente	gdl	SC	%	CM	gdl	valor p
A	1	45.439102	68.035098	45.439102	8.91994085	0.04047278
C	1	0.02879874	0.04311981	0.02879874	0.00565335	0.94367475
B	1	0.94342173	1.4125673	0.94342173	0.18519877	0.68911585
error	4	20.376414	30.5092149	5.09410351		
Total	7	66.7877365				
Fuente	gdl	SC	%	CM	gdl	valor p
A	1	45.439102	68.035098	45.439102	12.7705878	0.01173323
error	6	21.3486345	31.964902	3.55810575		
Total	7	66.7877365				

Del ANDEVA para S/NB_3 se concluye de acuerdo con su valor p = 0.01173 que el factor A es significativo.

Tabla 8 Análisis de varianza para S/NB_4

ANDEVA						
Fuente	gdl	SC	%	CM	F	valor p
A	1	40.7407139	50.3201148	40.7407139	8.13270413	0.04631195
B	1	8.12420472	10.0344563	8.12420472	1.62176228	0.27181743
C	1	12.0601927	14.8959167	12.0601927	2.40746835	0.19570415
error	4	20.0379668	24.7495121	5.00949171		
Total	7	80.9630782				
Fuente	gdl	SC	%	CM	gdl	valor p
A	1	40.7407139	50.3201148	40.7407139	6.0773226	0.04877268
error	6	40.2223643	49.6798852	6.70372738		
Total	7	80.9630782				

Del ANDEVA para S/NB_4 se concluye de acuerdo con su valor p = 0.04877 que el factor A es significativo.

De los cuatro análisis de varianza realizados, se observa que tres de ellos coinciden en señalar al factor A como el único factor significativo, aunque con diferente valor p asociado para S/NB_3 de 0.011 respecto a S/NB_2 y S/NB_4 cuyo valor p es prácticamente idéntico 0.0487. Desde esta óptica, el análisis para S/NB_3 ofrece más confianza sobre la conclusión derivada. Por otra parte, el análisis sobre S/N_1 sugiere que C es el único factor significativo con un valor p de 0.0071.

De acuerdo con lo sugerido por Maghsoodloo [10], la forma de S/N_1 no corresponde a una forma exacta en su determinación a partir del MSD y es cuestionable la conclusión obtenida.
Ya que la prueba adicional realizada en el diagrama de dispersión y su coeficiente de correlación asociado indican que la independencia entre media y desviación estándar es evidente, el análisis sobre S/NB_3 se considera el más adecuado.

Respecto a la configuración del proceso de acabado, la actual emplea el tipo de inserto # 5023 para el factor A, 780 rpm para el factor B y 60 mm/min para el factor. El análisis de promedios por nivel para S/NB_3 sugiere que los niveles sean el 2 para A, es decir el inserto #5074, el 1 para B, es decir 800 rpm y el 2 para C, es decir 80 mm/min. Sin embargo, ya que B y C no fueron significativos los niveles recomendados podrían ser los más económicos del rango de experimentación, es decir 800 rpm para el factor B y 50 mm/min. Lo que es muy claro, es cambiar el inserto #5023 por el #5074.

Conclusiones

Se ha mostrado a través del escenario propuesto por Sirvanci y Durmaz [11] el uso de cuatro estadísticos diferentes para calcular la razón señal a ruido en el caso de una característica de calidad nominal es mejor. Los diseños de cualquier tipo, en este caso un arreglo ortogonal L_8, para el análisis de respuestas repetidas cuando éstas se transforman en un solo indicador, ya sea la media o alguna métrica de dispersión, siempre tienen la desventaja de producir un número pequeño de grados de libertad para realizar un análisis de varianza; en el caso analizado a pesar de tener cuarenta respuestas, sólo se tienen siete grados de libertad en total para el análisis de varianza. Sin embargo, en cualquier análisis de varianza puede surgir la oportunidad de detectar factores que no sean significativos, enviarlos al error experimental y así fortalecer su número de grados de libertad asociados para realizar la prueba de significancia estadística; en el caso analizado el análisis de varianza para las cuatro razones empleadas concluyó con seis grados de libertad para el error experimental.

La razón señal a ruido más confiable para la característica nominal es mejor fue S/NB_3, aunque la conclusión sobre el uso de una razón S/N sólo aplica a este caso único, se mostró el análisis para las cuatro razones propuestas así como elementos adicionales para elegir de ellas la más confiable. La elección de una razón inadecuada podría generar una conclusión incorrecta y en consecuencia la imposibilidad de mejorar el proceso.

Si se tomara en cuenta exclusivamente la mejor combinación de niveles sugerida por el máximo valor de las cuatro razones señal a ruido consideradas, sin análisis estadístico alguno, podría ser que para todas fuera la misma combinación y se podría pensar que cualquiera de ellas es igualmente útil.

Al considerar los promedios por nivel cuando cada razón señal a ruido es considerada en el diseño experimental como la respuesta por analizar se puede empezar a advertir que no necesariamente todas las razones producen la misma decisión. Finalmente, el análisis estadístico que lleva implícito el establecimiento de un margen de riesgo en el nivel de significancia y su confianza asociada permite efectuar un análisis más contundente.

Referencias

1. G.E.P. Box, "*Signal To Noise Ratios, Performance Criteria and Transformations*", Technometrics 30, 1998, pp. 1-17.
2. Joseph J. Pignatiello, Jr., "*An Overview of the Strategy and Tactics of Taguchi*", IIE Transactions, Vol. 20, No. 3, September 1988, pp. 247-253.
3. Nair, Nair, V.N. y Pregibon, D., "*A Data Analysis Strategy For Quality Engineering Experiments*", AT&T Technical Journal, 65, 1986, pp. 73-84.
4. Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar, *Análisis y Diseño de Experimentos,* Tercera edición, McGraw-Hill 2012.
5. W. Y. Fowlkes y C. M. Creveling, *Engineering Methods For Robust Product Design*, Addison Wesley, Nueva York, 1995.
6. Philip J. Ross, *Taguchi Techniques for Quality Engineering* 2nd, McGraw-Hill 1996.
7. J. Stuart Hunter, "*Signal-to-Noise Ratio Debated*", Quality Progress, May 1987, pp. 7-9.
8. C. F. Jeff Wu and Michael Hamada, *Experiments: Planning, Analysis and Optimization*, 2nd Ed. Wiley-Interscience 2009.
9. Ranjit Roy, *A Primer on the Taguchi Method*, 2nd. Ed. Society of Manufacturing Engineers 2010.
10. Saeed Maghsoodloo, "*The Exact Relation of Taguchi's Signal-to-Noise Ratio to His Quality Loss Function*", Journal of Quality Technology, Vol. 22, No.1, January 1990, pp. 57-67.
11. M. B. Sirvanci y Durmaz, M. "*Variation Reduction by the Use of Designed Experiments*", Quality Engineering, 5, 1993, pp. 611-618.

Control y disminución de desperdicios en la producción de empaques flexibles.

N. E. Ordóñez Pacheco [1], R. Ramírez Ahumada[1], R. L. Guzmán Sampayo[1], Y. Torres Fernández[2].*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, [2]Departamento de Económico Administrativo, TecNM, Campus Instituto Tecnológico de Cerro Azul, Carretera
Tuxpan – Tampico Km. 60, Lomas Verdes, C.P.92519. Cerro Azul, Veracruz, México.
**normaemiliao@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen.

El área de extrusión produce grandes cantidades de película de polietileno, para generar el material con el cual se inicia el proceso productivo de elaboración de empaques flexibles, y así proporcionar al siguiente proceso el material necesario para continuar con la elaboración del producto.
Debido a la gran producción de material que demanda esta área, es muy común encontrar un inventario en proceso en exceso, lo cual ocasiona consecuencias negativas en los costos de la empresa. A través de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing (Kanban), se pretende analizar y dar soluciones efectivas que incrementen la calidad, la disminución de inventarios y tiempos de valor no agregado; con el fin de mejorar las entregas de productos, aumentando los estándares de servicio y satisfacción por parte de los clientes, repercutiendo directamente en beneficios económicos para la empresa.

***Palabras clave**: Producción, desperdicios, kanban.*

Abstract.

The extrusion area produces large quantities of polyethylene film, to generate the material with which the process of production of flexible packaging starts, and also for the process of material necessary to continue with the production of the product.
Due to the great production of material that this area demands, it is very common to find an inventory in the process in excess, as well as the negative consequences in the costs of the company. Through the implementation of Lean Manufacturing (Kanban) tools, the aim is to analyze and provide effective solutions to increase quality, decrease inventories and non-aggregated value times; In order to improve product companies, improve service levels and customer satisfaction, directly affect the economic benefits for the company.

***Key words**: Production, waste, kanban.*

Introducción.

La optimización y mejora continua de procesos se hace indispensable en cualquier empresa, permitiéndole alcanzar estándares de servicio para mantener su operatividad, y adicionalmente llegar a nuevos mercados. Es así como a lo largo de la historia, se han desarrollado nuevas metodologías y herramientas[1] que ayudan a las organizaciones a tener una guía para la transformación y cambio, factores que se vuelven indispensables para mantener a los clientes de una organización, los cuales constantemente están buscando la innovación y mejores estándares en el tiempo de entrega, calidad, precio y servicio, que son los que determinan en último momento la decisión de compra, la preferencia y confianza del cliente.
Este proyecto se enfoca en determinar los principales problemas de producción de empaques flexibles, con especial énfasis en la fabricación de bolsas de polietileno de la empresa Plásticos Especializados de Monterrey y proponer mecanismos para corregirlos. Esta investigación consiste en analizar la implementación del sistema de kanban[2], en el área de extrusión de la empresa y encontrar los factores que son obstáculo para su desarrollo. La aplicación de esta herramienta permitirá evaluar los elementos críticos, determinantes para la mejora continua y el aumento de la productividad de la empresa.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

Mediante el uso de la herramienta de Lean Manufacturing (Kanban)[3], se pretende entender, analizar y dar soluciones efectivas y significativas que ayuden al proceso productivo en aspectos como la calidad, la disminución de inventarios y tiempos de valor no agregado, cambio de cultura hacia la eliminación de desperdicios; todo lo anterior con el fin de mejorar las entregas a clientes, aumentando los estándares de servicio y satisfacción por parte de la organización, repercutiendo directamente en beneficios económicos para la empresa.

Metodología.

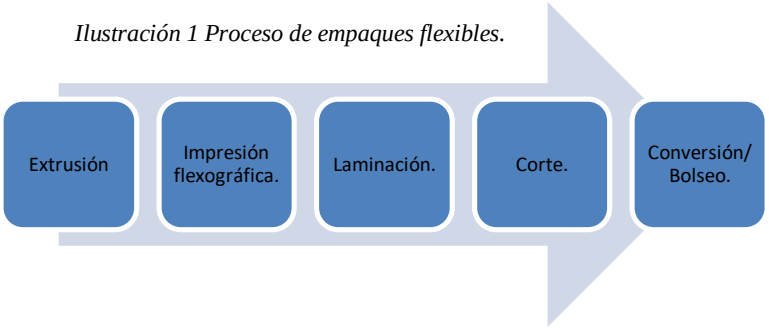
Productos que se fabrican.

Plásticos Especializados de Monterrey produce empaques flexibles especializados. PLEMSA es una empresa que se distingue por el estricto apego a sus procesos de alta tecnología y calidad, garantizando a sus clientes productos que cumplan con los más altos estándares del mercado, realizados por personal altamente calificado en las normas de seguridad, control y calidad, adecuados para mantener un alto nivel de producción, apoyados por la mejor maquinaria y tecnología de punta.
La empresa fabrica productos de diferentes tipos; películas, bolsas con zipper, stand up, pouche, fin seal, sello en T, que permiten mantener la frescura, higiene y seguridad de los diferentes productos como botanas, tostadas, manteca, aceites, explosivos, detergentes, confitería, polvos, líquidos, uso médico, alimentos viscosos, deshidratados, congelados, alimentos para mascotas, entre otros.

Proceso de producción.

La línea de producción es una serie de etapas entrelazadas, como se muestra en la ilustración 1 Proceso de empaques flexibles. En el proceso de extrusión, se elaboran películas flexibles por blow film, en extrusoras monocapa o coextrusiones hasta de 5 capas, cumpliendo con las especificaciones que demanda el cliente. Impresión flexográfica; este proceso cuenta con máquinas de última generación, su precisión, acabados y capacidad son de la más alta calidad, se cuenta con un departamento de arte y diseño a disposición de los clientes. Laminación; consiste en unir los materiales que forman cada estructura, asegurando el cumplimiento de las propiedades requeridas, como fuerzas de laminación y cero retenciones de solventes. Corte; una vez que las bolsas impresas o no impresas llegan a corte, lo primero que se hace es programar la cortadora para darle la forma que se deseé, ajustando el alto o ancho del producto; normalmente, se fabrican el doble o el triple de las bolsas de polietileno, para después de ser impresas, seccionarlas en dos o tres partes y así crear varios rollos. El último proceso es, el bolseo; que consiste en la conversión de los rollos de polietileno impreso en bolsas individuales. Este proceso se lleva a cabo en las máquinas bolseadoras de diferentes características y capacidades.

Ilustración 1 Proceso de empaques flexibles.



Se aplicaron herramientas de calidad para detectar las causas potenciales de generación de desperdicio y detectar las áreas de oportunidad[4].
Mediante la elaboración del Diagrama de Procesos se analizó el método actual, identificando oportunidades de mejora; la aplicación del diagrama de Ishikawa, así como del Diagrama de Pareto permitió detectar el área que genera mayor desperdicio en el proceso productivo de la empresa; con la implementación del método Justo a Tiempo y del Sistema Pull, se logró la optimización de los recursos disponibles, así como la disminución de desperdicios.

 ISSN 2007-8102

Extrusión: Área de aplicación del sistema kanban.
Cada fin de mes se realiza el conteo del inventario existente. En la tabla 1 se observa la cantidad de inventario en proceso en cada una de las áreas de producción de la empresa correspondiente al mes de octubre del 2018. La metodología Kanban se aplicó al área de extrusión, debido a que, en ésta, se concentra el mayor inventario en proceso para la elaboración de bolsas flexibles.

Tabla 1 Inventario en proceso del mes de octubre 2018.

Área	UMD	Cantidad
Extrusión	KG	82,697.00
Impresión	KG	74,172.64
Laminación	KG	32,304.83
Corte	KG	32,163.90
Conversión	KG	14,955.00

Identificación del problema
Las principales fuentes de desperdicio en el proceso de extrusión son: corte de refille, desperdicio estándar de proceso por máquina y rollos en stock dañados.
El refille y el desperdicio estándar de proceso por máquina, son dos factores que están determinados dentro de la ingeniería del producto, y estas cantidades están contempladas dentro del proceso de elaboración de películas en cada máquina extrusora. Sin embargo, los rollos en stock dañados representan el tercer lugar con un gran porcentaje dentro de la generación de desperdicio en el área. Por lo cual se determina que esta causa representa el principal problema generador de la mayor cantidad de desperdicio y en consecuencia costos elevados para la empresa.
La tabla 2, muestra la cantidad de desperdicio que el proceso de extrusión genera, para posteriormente ser enviado al área de scrap.

Tabla 2 Causas de generación de desperdicio del área de extrusión en el mes de octubre 2018.

CAUSA	UDM	CANTIDAD DE DESPERDICIO
Refille	Kg	5534
Desperdicio estándar de proceso por máquina	Kg	5260
Rollos en stock dañados	Kg	4800
Arranque de máquina	Kg	4038
Plasta de material fuera de especificación.	Kg	3420
Muestras tomadas por calidad	Kg	2900
Rollos rechazados	Kg	1865
Devoluciones externas	Kg	1250
Devoluciones internas	Kg	450
Total		29517

Muda de inventario.
En el área de extrusión se observa gran cantidad de materia prima almacenada en espera de ser procesada por las siguientes áreas, ya que extrusión es el primer paso del proceso de elaboración de bolsas. El material en proceso se almacena en espacios inadecuados, como zonas aledañas a las máquinas, obstaculizando el flujo de los operarios; el deterioro de la calidad del producto, debido a la exposición al polvo, golpes y ralladuras; sin mencionar los costos inherentes que se generan y que pueden sumar valor a la cadena de fabricación.

Acumulación de Material en Proceso (Exceso de Inventario).
Se propone utilizar un formato donde se registren los pedidos con sus respectivas cantidades, referencias y tiempos estimados de producción. Además, en el proceso de extruder, se deberá indicar la cantidad de material que entra, el tiempo que se demora y el nombre del proceso, con la finalidad de llevar un control del material que se consume y de las referencias que más se utilizan. Se requiere utilizar un "sistema jalar" que permita producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Su meta óptima es mover el material de uno por uno entre operaciones, con esto se logra disminuir el tamaño de los lotes al mínimo. Las referencias de producción provienen de la estación de trabajo, disponiendo de la exacta cantidad para sacar las partes a ensamblar o agregar al producto. Esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir hacia atrás hacia todos los componentes de la cadena productiva, incluyendo proveedores y vendedores. De acuerdo a esta orientación, una orden es disparada por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no es un artículo innecesariamente producido. Para llevar cabo esta estrategia, se utilizarán las herramientas de Manufactura Esbelta conocidas como Justo a Tiempo y Kanban.

Implementación del Sistema Kanban.

El área de extrusión de la empresa Plásticos Especializados de Monterrey S.A de C.V, posee actualmente un Sistema de Producción Push.
Se ha considerado una propuesta de mejora que permita incrementar su desempeño.
El modelo propuesto utiliza el Sistema Kanban[6], únicamente en el proceso de extrusión, debido a que todos los productos deben ser procesados en esta área, para posteriormente distribuirse a los diferentes centros.
Una orden es cumplida solamente por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no se procesa material sin ser necesario. Maneja lotes pequeños, con tiempos de alistamiento cortos, consiguiendo así que el suministro de materiales sea rápido.

Cálculo de número de tarjetas kanban.
Para calcular el número de Kanban se toman en cuenta cuatro aspectos:

- El tiempo de reposición de inventario
- La variación de la demanda
- La variación en la manufactura (incluyendo problemas de calidad y escasez de material)
- Inventario de emergencia o seguridad

Se requiere obtener un número de kanbans que permitan responder a todas estas variaciones.
El sistema Kanban es un método de prueba y error que requiere de la realización de algunos experimentos hasta alcanzar el tamaño y número de kanban óptimo. Para calcular el número de kanbans necesarios para el proceso de extrusión, se debe aplicar la siguiente formula:

$$Numero\ de\ kanbans = \frac{(Demanda\ diaria\ promedio\ )(Tiempo\ de\ ciclo\ )(Factor\ de\ seguridad\ )}{Tamaño\ de\ lote\ del\ contenedor}$$

Donde:

- Demanda diaria promedio: producción diaria promedio.
- Tiempo de ciclo: tiempo que demora en fabricación de la demanda. (procesamiento)
- Factor de seguridad: es un porcentaje que aumenta el número de kanbans, el cual se pone como medida de precaución.
- Tamaño del lote del contenedor: número de partes que tiene cada contenedor y que estará registrado en el kanban.

Aplicación de la fórmula:
Demanda diaria promedio = 10500 kg
Tiempo de ciclo = 1 día
Factor de seguridad = 1.5 días
Que el factor de seguridad sea 1.5 significa que vamos a procesar 50% más de kanban de los que realmente necesitamos (inventario de seguridad).
Tamaño de lote del contenedor = 1000 kg.

$$Numero\ de\ kanbans = \frac{(10{,}500\ )(1\ )(1.5)}{1{,}000} = 15.75\ \approx 16$$

 ISSN 2007-8102

El número a utilizar: 16 tarjetas.
Niveles de inventario Kanban.
A continuación, se describen los cálculos para el número de kanbans, o cantidad de inventario, que conforma cada nivel.
Los niveles de inventario están mostrados en la pizarra kanban a través de un código de colores definido como: Rojo, amarillo y verde. Estos colores están en función de la cantidad actual de inventario que existe de cada producto y será la base para la priorización de las órdenes de producción.
Nivel Rojo.
Indica que la cantidad en inventario del producto ha alcanzado un nivel crítico y existe el peligro de quedar sin inventario para abastecer la demanda, por lo que se deberá dar prioridad de producción a los kanbans de los productos que hayan alcanzado este nivel en la pizarra.
Nivel Amarillo.
Este nivel sirve como una advertencia cuando el inventario de determinado producto se reduce, e indica que se debe empezar la producción rápidamente, antes de alcanzar el nivel rojo. Para determinar el número de kanbans que deben constituir la zona amarilla de la pizarra por cada uno de los productos de la empresa, se debe definir con anticipación los días de inventario para liberar la producción del lote. El número de kanbans que se establezca en esta zona puede ser igual o mayor al definido en el nivel rojo, dependiendo de la holgura que se quiera obtener.
Nivel Verde.
Este nivel es un rango de trabajo adecuado. Cuando las tarjetas se encuentran en esta zona de la pizarra kanban, éstas pueden esperar a que se produzcan otros lotes que se encuentren en los niveles amarillos o rojos, si es el caso.
El número de kanbans se obtiene realizando la diferencia entre el número de kanbans totales y los kanbans asignados a los niveles rojo y amarillo de la pizarra.

La tabla 3 representa el número de kanbans que conforma cada nivel.

Tabla 3 Niveles de inventario kanban

3	**5**	**8**

Diseño de tarjetas Kanban
La ilustración 2 muestra el contenido frontal de la información de la tarjeta kanban:

- Descripción del producto.
- Número del producto.
- Proceso de producción al que la carta debe retornarse (Importante cuando hay más de una pizarra en la planta).
- Tamaño del kanban (Cantidad que autoriza producir).
- Nombre del siguiente proceso al que el producto finalizado debe llevarse.
- Tiempo de manufactura necesario para completar la producción de la cantidad total especificada en la tarjeta.
- Supervisor responsable y sus respectivos datos.
- Número de tarjeta en forma secuencial, como por ejemplo 1 de 5, 2 de 5, 3 de 5, 4 de 5, y 5 de 5. El número de secuencia es útil en la realización de auditorías, así mismo permiten llevar un control para evitar problemas de inventario.

La ilustración 3 muestra el reverso de las tarjetas kanban que contiene la información con respecto a la ruta que debe seguir el producto dentro de la planta para completar su fabricación.
El Kanban deberá viajar con la tarima o lote a través de todo el proceso de manufactura y será removido o llevado a la pizarra únicamente cuando las partes sean consumidas por el proceso siguiente (impresión), descrito al reverso de las tarjetas.

 ISSN 2007-8102

Ilustración 2 Vista frontal de la tarjeta kanban.

KANBAN DE PRODUCCION			
Orden de trabajo		Descripción del producto	
Proceso de producción		Tamaño del lote	
Siguiente proceso		Tiempo de proceso	
Supervisor responsable		Número de tarjeta	

Ilustración 3 Vista del reverso de la tarjeta kanban

AREA DE PRODUCCION	PROCESO
1.-Extrusion (proceso pull)	Extrusión de rollos
2.- Impresión (Fin)	Impresión de rollos

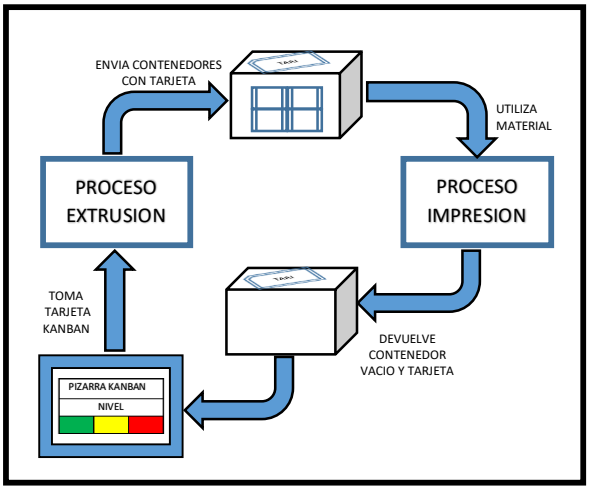
Uso de la Pizarra Kanban
En el área de extrusión, cuando una tarima o lote de productos arriba al área de impresión, el kanban correspondiente es removido de dicho lote y retorna a la pizarra kanban en el área de extrusión, colocándose de izquierda a derecha, llenando primero los espacios de la zona verde, luego los de la zona amarilla y finalmente los de la zona roja. Cuando los kanbans son reabastecidos, las tarjetas son retiradas de derecha a izquierda.
Extrusión maneja su producción con una pizarra kanban ubicada en el proceso de extrusión, ya que como se explicó anteriormente, este es el proceso que se manejará con el sistema PULL[7], debido a que es el primero en la cadena de fabricación de todos los productos, evitando la generación de inventarios en exceso en cada proceso. Una tarjeta en la pizarra kanban significa un espacio vacío en inventario, por lo que sería correcto ver la pizarra como una imagen reversa del inventario. Una pizarra vacía representa un inventario lleno, mientras que una pizarra llena representa un inventario completamente vacío.

Resultados y discusión.

En relación con los objetivos de la investigación el numero de tarjetas calculadas se distribuyeron de la siguiente manera: 3 tarjetas se encontrarán colocadas en la pizarra de las 16 tarjetas totales, lo que significa que las 13 tarjetas que sobran se encontraran en el inventario final o en proceso para ser retornadas a la pizarra.
Una vez que se ha alcanzado la zona amarilla para cualquiera de los productos de extrusión, la producción de dicha parte debería de comenzar lo antes posible. La meta del departamento de producción es lograr mantener los inventarios fuera de la zona amarilla y verde de la pizarra. La pizarra kanban también muestra una zona de calendarización de la producción, en donde el programador de la producción establece la secuencia de producción de acuerdo a las prioridades que se tenga, mismas que se establecen de acuerdo a un sencillo código de colores.

El proceso kanban está representado en la ilustración 4 que muestra el uso de las tarjetas kanban en cada una de las áreas de producción.

Ilustración 4 Proceso de kanban en la empresa.



 ISSN 2007-8102

Cantidad de inventario.

La cantidad de inventario en proceso en el área de estrusión, antes de la implementación del Sistema Kanban, era muy elevada.

La tabla 4 muestra el comparativo entre la situación inicial y la situación final. Inicialmente cuando se midió la cantidad de inventario en proceso, existían 82,697 kg., se puede apreciar que después de la implementación de kanban, disminuye la cantidad de inventario en proceso a un total de 16,093 kg.

La ilustración 6 permite observar que los racks no se encuentran llenos al 100% debido al manejo de tarjetas kanban que han logrado reducir el total de inventario en proceso.

Tabla 4 Comparativo de inventario en proceso antes y después de la implementación de Kanban.

Área	Cantidad de inventario en proceso	
	Antes de la implementación kanban	Después de la implementación kanban
Extrusión	82,697.00 kg.	16,093.00 kg.

Ilustración 6 Rollos extruidos en inventario en proceso.



Cantidad de desperdicio generado.

El segundo indicador de las mejoras en el proceso, es la cantidad de desperdicio generado por causa de rollos dañados o contaminados por permanecer almacenados en inventario en proceso. La tabla 5 proporciona los datos del desperdicio por rollos dañados.

Después de la elaboración y aplicación de las tarjetas Kanban en el proceso de extrusión, se mide la cantidad de desperdicio[9] que se envía por causa de películas dañadas, maltratadas o contaminadas debido al tiempo que pasan en inventario en proceso. En la tabla 6 se muestra el comparativo de los rollos defectuosos por permanecer en el área de inventario en proceso.

Tabla 5 Generación de desperdicio en el área de extrusión en el mes de diciembre.

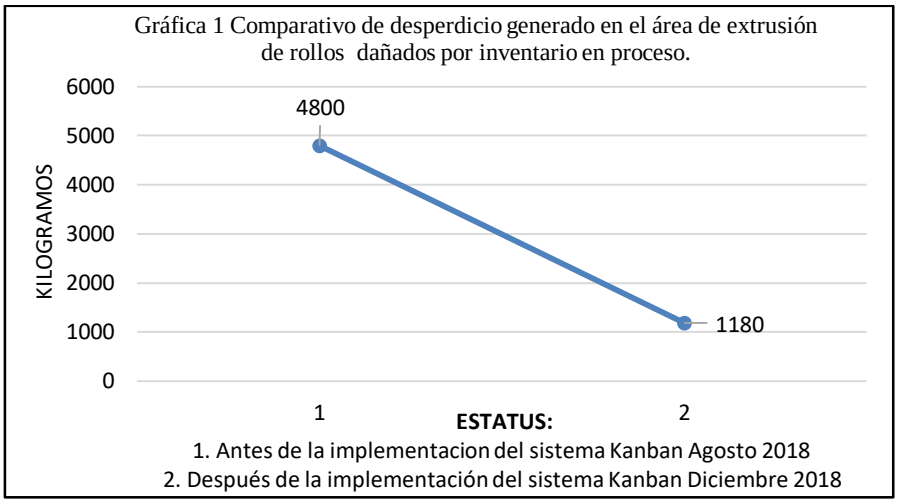
CAUSA	CANTIDAD
Refille	4978
Desperdicio estándar de proceso por maquina	4832
Rollos en stock dañados	1180
Arranque de maquina	4667
Plasta de material fuera de especificación	3124
Muestras tomadas por calidad	2945
Rollos rechazados	1585
Devoluciones externas	1468
Devoluciones internas	270

Tabla 6 Comparativo de rollos defectuosos por permanecer en inventario en proceso.

ESTATUS	PORCENTAJE DE DESPERDICIO POR ROLLOS DEFECTUOSOS EN INVENTARIO EN PROCESO	
	Kilos	Porcentaje
Antes de la implementación del sistema Kanban	4,800	16%
Después de la implementación del sistema Kanban	1180	5%

Como resultado final en la gráfica 1 se muestra un comparativo en el total de desperdicio que se generó en el área de extrusión por permanecer en inventario en proceso durante el periodo agosto-diciembre 2018 mediante la implementación del sistema Kanban.

 ISSN 2007-8102



Trabajo a futuro.

La aplicación del Sistema Kanban, se realizó en el Departamento de Extrusión; por lo que es conveniente su implementación a las demás áreas de producción de la empresa para lograr un mayor control en la materia prima y disminución del scrap, logrando con ello una optimización en la producción, así como disminución de costos.

Conclusiones.

La aplicación de los Sistemas de Control de la Producción, depende del tipo de industria y de los productos que fabriquen o diseñen. Además, son fácilmente ajustables a las empresas para lograr satisfacer una demanda con óptimos niveles de servicio y con niveles de inventario que no generen sobrecostos en su operación.
Durante la elaboración de este trabajo se indicaron ventajas y factores relevantes acerca del método kanban, cuya implementación busca la mejora continua en los procesos, flujo de materiales y reducción de inventario dentro de una empresa.

Referencias.

1. Chopra, S., Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación. México. Pearson. 5ª Edición.*
2. Velasco, J., Campins, J. (2016). *Gestión de la producción en la empresa. Planificación, programación y control.* Madrid. Ediciones Pirámide. 1ª Edición.
3. Cruelles, J. (2013). *Stocks, procesos y dirección de operaciones. Conoce y gestiona tu fabrica.* México. Alfaomega. 1ª Edición.
4. Gutiérrez, H. (2014). *VS Calidad y productividad.* México. Mc Graw Hill. 4ª Edición.
5. Cuatrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones.* Madrid. Díaz de Santos. 1ª Edición.
6. Izar, J. (2016). *Manufactura de clase mundial.* México. Alfaomega. 1ª Edición.
7. Rajedell, M., Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing. Evidencia de una necesidad.* Madrid. Editorial Díaz de Santos. 1ª Edición.
8. Escalante, A., González, J. (2016). *Ingeniería Industrial. Métodos y tiempos con manufactura ágil.* México. Alfaomega. 2ª Edición.
9. Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso.* Barcelona. Marge Books. 1ª Edición.
10. Chapman, M. (2006). *Planificación y control de la producción.* México. Pearson. 1ª Edición.

Canal de Distribución indirecto: un análisis de la lealtad del consumidor

A. Martínez Guzmán[1], M. Dávila Hernández[1], S. Garrido Roldán[1], R.L.P.E. Franco González[2], O. A. Sierra López[3]*

[1] Subdirección de Estudios Profesionales "A", Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Av. 16 de Septiembre # 54, C.P. 55700, Col. Cabecera Municipal, Coacalco de Berriozábal, México.

[2] División de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Av. Nopaltepec S/N Fracc. La Coyotera del Ejido San Antonio Cuamatla C.P. 54748, Cuautitlán Izcalli, México

[3] Facultad de Economía y Relaciones Internacionales, Universidad Autónoma de Baja California, Calzada Tecnológico y Universidad S/N, Delegación Mesa de Otay, C.P.22390, Tijuana, Baja California.

**davilahernandezmargarita@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería industrial*

Resumen

El objetivo del presente estudio es analizar la lealtad de los consumidores a través de su intención de compra en cuatro canales de distribución, donde el intermediario detallista es una tienda departamental, aplicando procesos de Markov. Se consideró una muestra dirigida de 336 sujetos a los cuales se les suministró un cuestionario de ocho reactivos. Para determinar las probabilidades del estado inicial, de la matriz de transición y del estado estable se utilizaron los programas SPSS y WinSQB. Los resultados constituyen una referencia para la toma de acciones respecto a la participación en el mercado del intermediario detallista del canal de distribución.

***Palabras clave**: Canal de Distribución, lealtad, Markov*

Abstract

The objective of this study is to analyze the loyalty of consumers through their intention to buy in four distribution channels, where the retail intermediary is a departmental store, applying Markov processes. A directed sample of 336 subjects was considered and they were given a questionnaire of eight items. The SPSS and WinSQB programs were used to determine the probabilities of the initial state, the transition matrix and the stable state. The results constitute a reference for taking actions regarding the market share of the retail intermediary of the distribution channel.

***Key words**: Distribution Channel, loyalty, Markov*

Introducción

Cuando los consumidores compran los productos sin tener en cuenta el nombre de la marca y basando su compra en función del precio y las características del producto, la marca tendrá un escaso valor; pero cuando son fieles a la marca, es decir, la siguen comprando a pesar de que existen otros productos alternativos con precios inferiores o con características superiores, en ese caso, tendrá un gran valor sustancial y supondrá ingresos futuros para la empresa (García, 2000). En este sentido, la fidelidad o lealtad se puede definir como "la propensión a comprar la misma marca o frecuentar el mismo establecimiento para satisfacer una misma necesidad" (Grande, 1996, como se cita en García 2000).

Lo anterior también refleja hasta qué punto el cliente permanecerá fiel a una marca a pesar de los cambios que ésta pueda experimentar, tanto en su precio como en sus atributos, y por tanto, en qué medida es vulnerable ante la competencia. Siguiendo esta línea, la lealtad se puede definir como "una medida de la vinculación del cliente a la marca o empresa que refleja la probabilidad de que un cliente cambie a otra marca, en especial cuando se modifica alguna característica en funcionamiento o precio" (Alet, 1996, como se cita en García, 2000). Aunque el concepto de fidelidad se ha utilizado hace mucho tiempo, no existe realmente un consenso en

la definición; a esta cuestión hay que añadir también la falta de un acuerdo al hacer operativa la medida. Así, existen varios enfoques siendo uno de ellos el de comportamiento que centra su atención en el resultado final de la lealtad, basándose en la repetición del comportamiento de compra**.** En este caso, la fidelidad comportamental, es la probabilidad de la recompra de una marca, siendo una de las aproximaciones para medirla la probabilidad de compra que mide la frecuencia de compra de una misma marca en un tiempo determinado (Frank, 1962; Otrowski, O`Brien & Gordon, 1993, como se cita en Rodríguez, 2017), considerándose que un consumidor es leal a una marca si su patrón de compra depende de forma positiva de la última marca comprada, lo que se denomina efecto Markov (Wernerfelt, 1991, como se cita en García, 2000).

Los modelos de procesos de Markov son útiles para estudiar la evolución de sistemas a lo largo de ensayos repetidos los que, a menudo, son periodos sucesivos donde el estado del sistema en cualquier periodo particular no puede determinarse con certeza. Por ello, para describir la manera en que un sistema cambia de un periodo al siguiente se emplean probabilidades de transición; por lo tanto, se está interesado en la probabilidad de que el sistema esté en un estado particular en un periodo dado (Anderson, Sweeney & Williams, 2016).

Canales de Distribución

La propiedad de un producto debe transferirse, de alguna manera del individuo u organización que lo elabora al consumidor que lo necesita y lo compra; generalmente, las empresas denominadas intermediarios realizan actividades que apoyan lo anterior (Stanton, Etzel & Walker, 2007). Un intermediario es una empresa lucrativa que da servicios relacionados directamente con la venta y /o compra de un producto, al fluir éste del fabricante al consumidor. Un canal de distribución está formado por personas y compañías que intervienen en la transferencia de la propiedad de un producto a medida que éste pasa del fabricante al consumidor final. Siempre incluye al fabricante y al usuario final del producto y también a intermediarios, por ejemplo, mayoristas (el mayoreo comprende todas aquellas actividades involucradas en la venta de bienes y servicios a aquellos que los compran para su reventa o para su empleo en los negocios) y minoristas (las ventas al detalle son todas las actividades involucradas en la venta de bienes y servicio, directamente a los consumidores finales para su empleo personal y no de negocios).

Hernández, Domínguez y Ramos (2002) explican que, en términos generales, el canal de distribución es el camino que las mercancías toman en su flujo desde los productores hasta los consumidores, pues se ocupa de dar fluidez a los productos, incorporando su propiedad, comunicación, financiamiento, pago y riesgos que lo acompañan. Es una estructura de individuos o de organizaciones interdependientes, desde el productor hasta el consumidor final, cumpliendo funciones básicas como: de transacción, de información, de logística, de facilitación y de promoción.

El canal de distribución indirecto (Martínez, 2012) es aquel que incluye uno o más niveles de intermediarios; ejemplo de un canal de distribución indirecto es el constituido por productor, detallista y consumidor; en este caso, unos de los principales detallistas son los supermercados, como Soriana, Bodega Aurrera, Comercial Mexicana (Mega Soriana, MS) y Walmart.

Cadenas de Markov

Hillier y Lieberman (2001) describen un proceso de Markov iniciando con el concepto de proceso estocástico, el cual se define como una colección indexada de variables aleatorias $\{X_t\}$, donde el índice t toma valores de un conjunto T dado (con frecuencia T se toma como el conjunto de enteros no negativos y X_t representa una característica de interés mesurable en el tiempo); un proceso estocástico tiene la estructura que se describe a continuación.

El estado actual del sistema puede estar en una de las M + 1 categorías mutuamente excluyentes llamados **estados**. Por conveniencia de la notación, estos estados se etiquetan 1, 2,…, M. La variable aleatoria X_t representa el *estado del sistema* en el tiempo t, de manera que sus únicos valores posibles son 0, 1,…, M. El sistema se observa en puntos de tiempo dados, etiquetados t = 0, 1, 2,… Así, los procesos estocásticos $\{X_t\} = \{X_0, X_1, X_2,\ldots\}$ proporciona una representación matemática de cómo evoluciona el estado del sistema físico.

Este tipo de procesos se conocen como procesos estocásticos de *tiempo discreto* con *espacio de estados finito.* Un proceso estocástico es una ***cadena de Markov*** si la probabilidad condicional de cualquier "evento" futuro dados cualquier "evento" pasado y el estado actual $X_t = i$, es ***independiente*** del evento pasado y sólo depende del estado actual del proceso.

Las probabilidades condicionales $P\{X_{t+1}= j|X_t=i\}$ para una cadena de Markov se llaman probabilidades de transición (de un paso). Si para cada *i* y *j*,

$$P\{X_{t+1}= j \mid X_t=i\} = P\{X_1=j \mid X_0=i\} \text{ para todo } t = 1, 2,\ldots,$$

entonces se dice que las probabilidades de transición (de un paso) son ***estacionarias***. Así, tener **probabilidades de transición estacionarias** implica que las probabilidades de transición no cambian con el tiempo. La existencia de probabilidades de transición (de un paso) estacionarias también implica que, para cada *i, j* y *n (n = 0, 1, 2,…),*

$$P\{X_{t+n} = j \mid X_t = i\} = P\{X_n = j \mid X_0 = i\}.$$

Una notación conveniente para representar las probabilidades de transición de n pasos es la *matriz de transición de n pasos:*

$$P = \begin{array}{c} \text{Estado} \\ 0 \\ 1 \\ \\ M \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 0 & 1 & \ldots & M \end{array} \\ \begin{pmatrix} P_{00} & P_{01} & \ldots & P_{0M} \\ P_{10} & P_{11} & \ldots & P_{1M} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ P_{M0} & P_{M1} & \ldots & P_{MM} \end{pmatrix} \end{array}$$

Metodología

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la intención de compra de los consumidores de un canal de distribución indirecto constituido por productor, detallista y consumidor en el municipio de Coacalco, Estado de México. Se consideraron los siguientes detallistas intermediarios: Bodega Aurrera, Walmart, Comercial Mexicana Mega Soriana (MS) y Soriana; dado que se tienen 4 detallistas, se realizará un análisis comparativo de los cuatro canales de distribución. Para realizar lo anterior se aplicarán procesos de Markov, utilizando para ello el software WinSQB. Los pasos aplicados se resumen a continuación:

1. Se elaboró un cuestionario de ocho preguntas: cuatro estaban relacionadas con características sociodemográfica (sexo, edad, existencia de pareja y de hijos), una acerca de la tienda departamental en que se realizó la compra actual y la tienda en que se tenía la intención de realizar la siguiente compra, además de la razón principal que influía en la decisión. Finalmente, se cuestionó acerca de la importancia que tenía la cercanía de la tienda con diferentes establecimientos (bancos, cines, etc.).

2. La aplicación del instrumento se realizó en el mes de febrero de 2019. A la salida de la tienda se les solicitó a las personas su participación para contestar el cuestionario; cuando un sujeto aceptaba, el encuestador realizaba las preguntas, asentando las respuestas en el cuestionario. Las personas que aceptaron participar en el estudio constituyeron una muestra por conveniencia.

3. La información obtenida a través de instrumentos se codificó capturándose en una base de datos elaborada en el software SPSS 19.0[1]. A continuación se analizaron los datos aplicando técnicas de estadística descriptiva

[1] La base del software estadístico SPSS incluye estadísticas descriptivas como la tabulación y frecuencias de cruce, estadísticas de dos variables, además pruebas T, ANOVA y de correlación. Con SPSS es posible realizar recopilación de datos, crear estadísticas y análisis de decisiones de gestión, entre otras aplicaciones

 ISSN 2007-8102

e inferencial para el cálculo de la intención de compra actual; ésta se calculó a largo plazo, aplicando el modelo de procesos de Markov mediante el uso del software WinQSB 2.0[2].

Resultados y discusión

Características sociodemográficas de la muestra

La muestra definitiva, después de eliminar los cuestionarios incompletos o mal contestados, fue de 336 sujetos: el 39.53% eran hombres y el 60.47%, mujeres. Las edades de los consumidores se encontraban entre 15 y 70 años. El 60.2% tenían pareja estable y el 69.2% señaló tener hijos.

Probabilidades iniciales

Se definieron los diferentes estados (es decir, las opciones entre las que puede elegir cada consumidor). El sistema de estudio está constituido por las tiendas departamentales Bodega Aurrera, Walmart, Comercial Mexicana MS y Soriana (cuatro estados); la información recolectada indica que se tienen, en promedio 0.98 viajes de compra por semana. Así, prácticamente cada semana un cliente hace un viaje de compras a Bodega Aurrera o a Walmart o a Comercial Mexicana o a Soriana (se realizará el análisis considerando el supuesto de que sólo se realiza la compra en una tienda). Usando la terminología de los procesos de Markov los periodos o viajes de compras constituyen los *ensayos del proceso.* Por lo tanto, en cada ensayo el cliente comprará ya sea en Bodega Aurrera, Walmart, Comercial Mexicana o Soriana. La tienda particular seleccionada en un periodo dado se conoce como *estado del sistema* en ese periodo.

Así, los estados son:
Estado 1. El cliente compra en Bodega Aurrera
Estado 2. El cliente compra en Walmart
Estado 3: El cliente compra en Comercial Mexicana MS
Estado 4: El cliente compra en Soriana

Si se dice que el sistema está en el estado 1 en el ensayo 3, significará que el cliente compra en Bodega Aurrera durante el tercer periodo de compra. Conforme se continúa con el proceso de los viajes de compras en el futuro, no se puede precisar con certeza dónde comprará el cliente en un ensayo dado. De hecho, puede notarse que en cualquier ensayo dado, el cliente puede ser ya sea cliente de Bodega Aurrera o de Walmart o de Comercial Mexicana MS o de Soriana. Para determinar las probabilidades de los diversos estados que ocurren en ensayos sucesivos del proceso de Markov se requiere información sobre la probabilidad de que un cliente permanezca con la misma tienda o cambie a la tienda competidora conforme continúa el proceso de un ensayo a otro.

La información obtenida se capturó en una base de datos del software SPSS y, utilizando tablas cruzadas, se determinaron las probabilidades iniciales considerando la tienda departamental en la que se había realizado la compra (Tabla 1). Se estima que el mercado está distribuido de la siguiente forma: Bodega Aurrera 10%, Walmart 53%, Comercial Mexicana 8% y Soriana 29%.

Tabla 1. Probabilidades iniciales de los cuatro estados. Elaboración propia.

Estados	Bodega Aurrera	Walmart	Comercial Mexicana (MS)	Soriana
Probabilidades iniciales	0.10	0.53	0.08	0.29

Probabilidades de transición

Las probabilidades de transición (intención de compra del consumidor) se determinaron mediante el software SPSS, mostrándose los resultados en la Tabla 2. En el caso de la Bodega Aurrera, se observa que del 100% de sujetos que realizaron una compra, sólo el 51% planea realizar su siguiente compra en la tienda antes

[2] WinQSB es un sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones que contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación de operaciones. El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema.

mencionada. 31% de los consumidores expresó su intensión de realizar su siguiente compra en Walmart, 9% en Comercial Mexicana y 9% en Soriana. La situación de las tres tiendas restantes se explica de manera similar.

Una propiedad importante de la tabla de probabilidades de transición es que la suma de las probabilidades de cada fila es 1; cada fila de la tabla proporciona una distribución de probabilidad. Así, por ejemplo, un cliente que compra en Bodega Aurrera en una semana debe comprar ya sea en Bodega Aurrera o en Walmart o en Comercial Mexicana o en Soriana la siguiente semana (las entradas en la fila 1 dan las probabilidades asociadas con cada uno de estos eventos. Las probabilidades 0.51, 0.53, 0.46 y 0.31 en la Tabla 2 pueden interpretarse como medidas de lealtad a la tienda, ya que indican la probabilidad de una visita repetida a la misma tienda. Del mismo modo, las probabilidades restantes son medidas de las características de cambio de tienda de los clientes. Al elaborar un modelo de procesos de Markov se está suponiendo que las probabilidades de transición son las mismas para cualquier cliente y que las probabilidades de transición no cambian con el tiempo.

Tabla 2. Probabilidades de transición de los cuatro estados. Elaboración propia.

Lugar de Compra actual	Intención de Siguiente Compra			
	Bodega Aurrera	Walmart	Comercial Mexicana (MS)	Soriana
Bodega Aurrera	0.51	0.31	0.09	0.09
Walmart	0.15	0.53	0.06	0.26
Comercial Mexicana (MS)	0.12	0.27	0.46	0.15
Soriana	0.10	0.50	0.09	0.31

Con la matriz de probabilidades de transición se puede determinar la probabilidad de que un cliente visite Bodega Aurrera, Walmart, Comercial Mexicana o Soriana en algún periodo en el futuro. Por ejemplo, si se tiene un cliente cuyo último viaje de compras fue a Bodega Aurrera, la probabilidad de que este cliente vuelva a comprar en Bodega Aurrera es 0.51, en el siguiente viaje de compras.

Probabilidades de estados estables a largo plazo

Cuando se continúa con el proceso de Markov, se encuentra que la probabilidad de que el sistema esté en un estado particular, después de una gran cantidad de periodos es independiente del estado inicial del sistema. Las probabilidades a las que se aproxima después de una gran cantidad de transiciones se conocen como *probabilidades de estado estable.* La Tabla 3 muestra el comparativo de las probabilidades iniciales de cada estado respecto a las obtenidas en el estado estable (a largo plazo). Los resultados se obtuvieron mediante el software WINQSB 2.0. Las probabilidades de estado estable pueden interpretarse como la futura participación en el mercado para las cuatro tiendas.

Tabla 3. Comparativo entre probabilidades iniciales y probabilidades de estados estables a largo plazo. Elaboración propia.

Tienda Departamental	Probabilidades iniciales	Probabilidad del estado estable a largo plazo
Bodega Aurrera	0.10	0.2113
Walmart	0.53	0.4452
Comercial Mexicana (MS)	0.08	0.1217
Soriana	0.29	0.2218

Inicialmente, la participación en el mercado de la Bodega Aurrera era del 10.00%; cuando se alcanza un estado estable su participación alcanza un 21.13% (gana un 11.13% del mercado). Respecto a Walmart, la tienda

departamental que presentaba la mayor participación en el mercado, 53.00%, mostró una pérdida del 8.48% del mercado. Algo similar sucede con Soriana al pasar de una participación en el mercado inicial del 29.00% a 22.18%. Comercial Mexicana (MS) presenta un incremento en la participación en el mercado del 4.17%. Como señala Orrego (2012) el conocimiento de lo anterior favorece la toma de acciones que incrementen la participación en el mercado, estimando hoy la respuesta de los clientes periodo a periodo, en el futuro.

Trabajo a futuro

Se sugiere continuar la investigación aplicando, además, un instrumento para obtener información acerca de las variables que influyen en el comportamiento de recompra: fidelidad, costes de cambio y sensibilidad al precio, entre otras.

Conclusiones

Se aplicó un cuestionario para obtener información acerca de la intención de compra en un canal de distribución del tipo indirecto. Dado que el canal estaba constituido por productor-detallista consumidor y se consideraron cuatro tiendas departamentales como detallistas, se realizó un análisis comparativo. Se determinó la participación inicial de las tiendas en el mercado, además de la intención de compra de los sujetos encuestados. Los resultados obtenidos aplicando la técnica de cadenas de Markov muestran la participación estimada del mercado (a largo plazo) proporcionando importante información para los administradores. Los resultados constituyen una referencia para la toma de acciones que favorezcan el incremento en la participación del mercado. Finalmente, este trabajo muestra el beneficio que proporciona la utilización de los programas de software considerados, haciendo accesible el modelo de cadenas de Markov

Agradecimientos

Se agradece la participación de los estudiantes de Ingeniería Ambiental del Tecnológico de Estudios superiores de Coacalco que participaron en la aplicación de cuestionarios.

Referencias

1. Anderson, R, Sweeney, J. & Williams, A. (2016). Métodos Cuantitativos para los Negocios. México.
2. García, R. (2000). La importancia de mantener la fidelidad de los clientes como un activo estratégico de gran valor para la marca. *ESIC Market,* 37-53.
3. Hernández, Girón J., Domínguez, Hernández M. & Ramos Sánchez A.. (2002). Canales de distribución y competitividad en artesanías*. Espiral* (IX) 25, 143-164.
4. Hillier, F. & Lieberman, G. (2001). Investigación de Operaciones. México.
5. Martínez, E. (2012). Distribución Plaza. Universidad Virtual del Estado de Guanajuato. Recuperado el 20 de mayo de 2019 de http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/licenciatura/45/Lectura1DistribucinPlaza.pdf
6. Orrego, R, (2012). Las cadenas de Markov como medio alterno de proyectar indicadores de calidad en el tiempo. *Revista Universidad Eafit (103) 7-13.*
7. Rodríguez, V. (2016). Fidelidad del consumidor hacia las marcas propias en los canales de distribución. Artículo en Revisión. Recuperado el 20 de mayo de 2019 de https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4451/RodriguezDaniela2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Stanton W., Etzel M. & Walker B (2007). Fundamentos de marketing. México.374- 399.

PROYECTO DE MEJORA Y ADECUACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ALMACÉN TEMPORAL DE UNA EMPRESA PETROLERA

González Cerezo, A.[1], Maceda Rodríguez. M.[2], Rocha Altamira, E.[2], Fontes Medina, F.[2], De La Fuente Meléndez. E.[2],
[1]Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, [2]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz. Av. Miguel Ángel De Quevedo No. 2779, 91897 Veracruz, Veracruz, México.
abigailgc100@gmail.com, mariaelena.macedarodriguez@itver.edu.mx, rocha_altamira@yahoo.com.mx, ferfontes@hotmail.com, edelafuentem@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

La falta de espacio suficiente en los almacenes puede provocar desde pérdida de tiempo al no encontrar los productos necesarios hasta un accidente laboral.
El presente proyecto abarca el conocimiento del proceso de las revisiones del inventario (Diagrama PEPSC - Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes) para posteriormente enfocarse en describir la principal falla en el área de almacén y descubrir las causas y efectos de esta (AMEF- Análisis de Modo y Efecto de Fallas). Una vez con la información, se ponderó la frecuencia, gravedad y detección, determinando así las causas prioritarias por atacar.
Con la problemática establecida, se levantó una lista de verificación para evaluar los ocho factores que afectan la distribución de almacén, para posteriormente plasmar su distribución actual. Con estas dos herramientas y el apoyo del equipo operativo se propusieron mejoras, que posteriormente sería evaluado con la factibilidad del VPN (Valor Presente Neto).

***Palabras clave**: Diagrama PEPSC, AMEF, VPN, almacén.*

Abstract

The lack of sufficient space in the warehouses can cause from loss of time to not find the necessary products until a work accident.
The present project covers the knowledge of the process of inventory reviews (SIPOC Diagram - Suppliers, Inputs, Processes, Outputs and Customers) to later focus on describing the main fault in the warehouse area and discover the causes and effects of this (FMEA- Failure Mode and Effects Analysis). Once with the information, the frequency, severity and detection were weighted, thus determining the priority causes to attack.
With the established problem, a checklist was created to evaluate the eight factors that affect the distribution of the warehouse, in order to subsequently reflect its current distribution. With these two tools and the support of the operational team, improvements were proposed, which would later be evaluated with the feasibility of the NPV (Net Present Value).

***Key words**: SIPOC Diagram, FMEA, NPV, warehouse.*

Introducción

Gammea y Lodgaard (2018) comentan que, debido a la competencia global, los fabricantes apuntan constantemente a mejorar sus procesos. Para poder lograr una posición competitiva en el mercado, las empresas deben diseñar estrategias a través de capacitación, reducción de tiempos de ciclo, eliminación de desperdicios y acondicionamiento adecuado de las áreas laborales proveyendo un ambiente apropiado para el flujo del proceso considerando la seguridad del personal y el impacto ambiental.
El mejoramiento continuo se refiere tanto a los cambios incrementales, que son pequeños y graduales como a las innovaciones, o mejoras grandes y rápidas (Evans & Lindsay, 2008). La mejora continua y el desarrollo de

su cultura genera un pensamiento crítico, observador y un sentido de alerta en la comunidad laboral, permitiendo así identificar áreas de oportunidad o riesgos potenciales e inducir hacia una compañía con ideas, normas y lineamientos interdependientes en su colectividad y orientadas a los requerimientos del cliente.
Debido a estas razones y a la apertura organizacional para trabajar en equipo, se desarrolla el presente proyecto buscando la aportación de ideas alineadas a los pilares organizacionales y objetivos de la planta.

Definición del problema

Actualmente el problema que se presenta en el Almacén Temporal de una empresa dedicada al petróleo y gas ubicada en la Ciudad de Veracruz es el almacenaje de material que no cumple los requisitos documentales y físicos de calidad. Esa problemática es causada por un efecto dominó: al no tener el material correctamente preservado desde inspección de recibo y almacén, infraestructura y locaciones deficientes para su óptimo resguardo y preservación, fallas en sistema de base de datos de almacén, material obsoleto (sellos vencidos), transferencia de material sin inspección de recibo, criterios de aceptación no estandarizados de material para ensambles y venta a clientes.

Metodología

Para que un proyecto tenga una estructura establecida y se obtengan los resultados deseados, se requiere conocer el proceso que se debe seguir para realizar las actividades que nos llevan a cumplir con su objetivo. Es por eso que a continuación se describirán las actividades principales que fueron claves para el desarrollo del presente proyecto.

1. Diseño del diagrama SIPOC. Definir el panorama general del proceso de revisión de Inventario de lento movimiento de acuerdo con la demanda mensual.
2. Elaboración de la metodología FMEA. Analizar la principal falla en el almacén, con sus efectos y causas ponderándolas para el establecimiento de prioridades.
3. Realización de una lista de verificación. Con ella se podrá evaluar un diagnóstico el estado actual del almacén, antecedente necesario para proponer mejoras en el mismo.
4. Trazo del layout. Se realiza un diseño del croquis actual y propuesto del almacén temporal acorde a los requerimientos de planta.
5. Cálculo del VPN. Proponer mejoras, calculando el Valor Presente Neto para evaluar la factibilidad del proyecto.
6. Administración estratégica. Gestionar de forma estratégica el presupuesto de la cuenta logística para considerar y reducir el impacto de la inversión.

Resultados y discusión

Diagrama SIPOC.

De acuerdo a Parkash, S., et al (2011), el Diagrama SIPOC es una metodología para la mejora de procesos, empleando un análisis basado en una representación esquemática de elementos clave de un proceso a saber, Proveedores, Insumos, Proceso, Salidas y Clientes.

En primer término, se hizo necesario tener en claro todo lo relacionado con el proceso de Revisión de Inventario de lento movimiento y para tal fin se consideró la elaboración del diagrama SIPOC, herramienta de gran utilidad para caracterizar en detalle un proceso. El diagrama permite la definición de cada uno de esos factores, y a los que se pueden incorporar detalles tales como indicadores y controles de desempeño, la definición del dueño del proceso, la forma en que se lleva a cabo, etc., de tal manera que una vez concluido el diagrama, se tiene toda la información útil de un proceso, facilitándose la toma de decisiones y acciones posteriores. William Thomson Kelvin, físico y matemático británico expresó en el siglo XX, “Lo que no se define no se puede medir, lo que no se mide no se puede mejorar, y lo que no se mejora se degrada siempre”.
El diagrama que se muestra en la figura 1, permitió bajo una visión de proceso, tener una idea clara de todos los factores que están en derredor de la revisión de Inventario de lento movimiento de acuerdo con la demanda mensual.

 ISSN 2007-8102

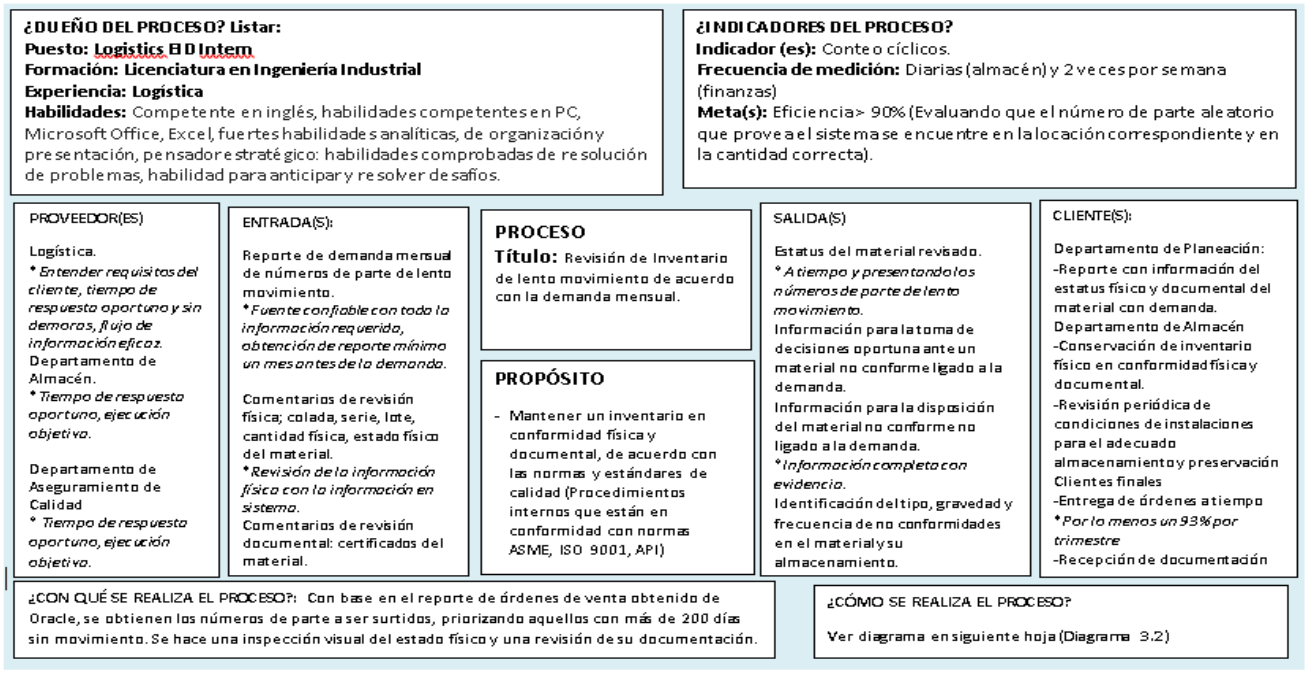


Figura 1. SIPOC de la Revisión de Inventario de lento movimiento de acuerdo con la demanda mensual. Fuente: Autoría propia.

Habiéndose detallado los principales elementos del proceso bajo estudio, era necesario conocer cuáles son las causas de falla potenciales y las consecuencias de esta.

Diagrama FMEA

Se decidió hacer uso del FMEA, del inglés Failure Mode and Effects Analysis,y en español que por sus siglas significa Análisis de Modos y Efectos de Falla, es una metodología que facilita la identificación de las fallas potenciales de un proceso, estableciendo las causas que las originaría y sus efectos o consecuencias. Bukowski, E.R., (2017), describe al FMEA como una popular herramienta que ofrece un enfoque proactivo a mitigar el riesgo, lo cual puede evitar problemas potenciales de la calidad. Ha sido tal la importancia del FMEA que desde tiempo atrás el gobierno estadounidense desarrolló la norma Military Standard 1629 A, para unificar los criterios de su uso en la industria militar de ese país. Así también los gigantes de la industria automotriz norteamericana, Ford, General Motors y Chrysler elaboran de manera conjunta el manual de elaboración de FMEA para sus proveedores.

La metodología implica evaluar objetivamente tres aspectos fundamentales: la severidad o gravedad de los efectos, la frecuencia de la ocurrencia de la causa de la falla y el grado en que se disponga de avisos previos a la ocurrencia de la falla. Con los valores de esos tres factores, se calcula el llamado Índice de Prioridad de Riesgos (IPR), que determina las causas potenciales que son críticas para el proceso y deberían ser trabajadas para reducir o eliminar su impacto. De acuerdo a Kubiak, T.M., (2014), para que el FMEA tenga éxito, el equipo de trabajo debe considerar las escalas de valores de cada componente del IPR. A continuación, se presentan las Tablas de Ponderación en las tablas 1, 2, y 3 estimadas de acuerdo con los objetivos de planta y las experiencias previas evaluadas con el equipo de Planeación.

Tabla 1. Gravedad de efectos. Fuente: Autoría propia

GRAVEDAD de los efectos		
Valor de Gravedad	**Descripción**	**Criterio**
1	Ninguna	Cero impacto a OTD, ODBL, COQ
2	Mínima	Expeditación de procesos internos para cumplir con OTD, ODBL, COQ
3	Moderada	Cargo de expeditación, tiempo extra, retrabajo para evitar impacto en OTD, ODBL, COQ
4	Extrema	Impacto con cliente OTD, ODBL, COQ

Tabla 2. Frecuencia de causa de falla. Fuente: Autoría propia

FRECUENCIA de la causa de falla		
Valor de Frecuencia	**Descripción**	**Criterio**
1	Muy poco probable	1 en 100
2	Poco Probable	1 en 50
3	Probable	1 en 25
4	Altamente probable	1 en 10

 ISSN 2007-8102

*OTD: On Time Delivery. (Entregas a tiempo)

**ODBL: Overdue Backlog (Monto en USD de órdenes atrasadas en su entrega)
***COQ: Costo f Quality (Costo de Calidad)

Tabla 3. Detección de la causa de falla. Fuente: Autoría propia.

DETECCIÓN de la causa de falla		
Valor de Detección	**Descripción**	**Criterio**
1	Casi siempre	Siempre se puede detectar
2	Probable	Es probable detectarlo, pero pueden reforzarse los controles
3	Posible	Es posible detectarlo, pero hay escapes.
4	No posible	No posible detectarlo

En este sentido, la determinación de aplicación del FMEA, implicó la definición de criterios de acuerdo con los objetivos de planta y las experiencias previas evaluadas con el equipo de Planeación. El análisis resultante centrado en el modo de falla “Almacenamiento de material no conforme a los requerimientos físicos”, se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. FMEA del Almacenamiento de material no conforme a los requerimientos físicos. Fuente: Autoría propia

Almacén / Función	Modo potencial de falla	Efecto(s) potencial de falla	G	Causa(s) potenciales de falla	F	Forma de detección (Controles actuales)	D	IPR
Recepción de mercancía	Almacenamiento de material no conforme a los requerimientos físicos	ERP con datos no certeros sobre la disponibilidad del material almacenado	4	No tener el material correctamente preservado en almacén	3	No existe	4	48
Su verificación		Retrasos en la entrega de órdenes de venta.	4	No tener el material correctamente preservado desde inspección de recibo	3	No existe	4	48
Transporte interno (entre distintas zonas del almacén)		Monto por órdenes atrasadas	3	Infraestructura y locaciones deficientes para su óptimo almacenamiento y preservación	4	Revisiones de cíclicos	3	36
Almacenaje y custodia de materiales y herramientas		Riesgos de accidentes por condiciones inseguras	1	Fallas en sistema de registro de datos para Almacén	1	No existe	4	4
Preparación de pedidos y la consolidación de cargas		Gastos por expeditar manufactura de materia prima	3	Material obsoleto (sellos vencidos)	4	No existe	4	48
Expedición de mercancía		Gastos por expeditar logística de materia prima	3	Transferencia de material sin inspección de recibo	2	Revisión documental e inspección de recibo	1	6
Gestión e información relativa a stocks, flujos, demanda,		Aumento de costo/hr. Producción por gastos indirectos	3	Criterios de aceptación no estandarizados de material para ensambles y venta a clientes	3	No existe	4	36

En la primera columna se muestran las funciones ejecutadas en el almacén temporal, seguidamente se describe la falla en cuestión, llegando a la tercera columna con las consecuencias que provocaría la falla, es decir los Efectos potenciales de la falla. Es en este punto donde se comienza la ponderación, otorgando el valor de la Gravedad de los efectos. Posteriormente se encuentran listadas las Causas potenciales de la falla y en la columna homóloga la ponderación de su Frecuencia. Finalmente se describen los Controles actuales (en caso de existir) y de igual manera se le asignan valores de acuerdo con el nivel de Detección de esa falla.
Una vez obtenido el análisis del modo y efecto de falla a profundidad, el paso siguiente fue obtener el Índice de Prioridad de Riesgos (IPR) para el establecimiento de las acciones de acuerdo con aquellas causas que tienen un mayor impacto negativo. Esto mediante la siguiente fórmula:

IPR = Gravedad de Efecto x Frecuencia de Causa de Falla x Detección de Falla

Los resultados fueron: Rojo: Mayor prioridad de Riesgo, Amarillo: Prioridad Media de Riesgo, Verde: Prioridad Baja de Riesgo.
De acuerdo al IPR obtenido, son tres las causas prioritarias a atender. Sin embargo, por cuestiones de inversión y necesidad de la empresa, se decidió concentrarse en la causa: “Infraestructura y locaciones deficientes para su óptimo almacenamiento y preservación” que involucra la gestión de almacén, dejando las causas prioritarias para una siguiente etapa.

Lista de verificación

Se procedió a realizar una lista de verificación para evaluar el estado actual del almacén que abarcara los 8 principales factores que afectan la distribución de Almacén (Platas & Cervantes, 2015): Material, Maquinaria, Hombre, Movimiento, Servicio, Edificio, Espera y Cambio para posteriormente realizar la distribución de planta actual y propuesta.

 ISSN 2007-8102

Layout

El concepto de layout alude al diseño y organización de almacenes y la disposición física de las diferentes áreas dentro del almacén, así como los elementos constitutivos de los mismos (Gómez, 2013). Es importante para la correcta gestión de toda empresa, administrar, diseñar y mejorar la operación de los almacenes y áreas de resguardo dentro de la cadena de suministros. Se debe identificar dentro del layout, medidas a escala y acotaciones sobre el tipo de material que contiene, y así aprovechar los espacios que no están siendo aprovechados en su máxima capacidad. A partir de la distribución de almacén se pudo observar lo siguiente:

- El material almacenado en racks, ya se encuentra acomodado por familias de productos.
- Los niveles de los racks no están siendo utilizados en su máxima capacidad ya que existen algunos a 2 vigas permitiendo 3 niveles (considerando el piso como un nivel) cuando es posible tener hasta 4 niveles en cada rack.
- El material como producto terminado y semiterminado se encuentra en tarimas en el piso, aumentando el tiempo de surtimiento al obstaculizar el paso, dificultando el acceso entre ellas siendo una condición insegura que podría resultar en accidente. Aunado a esto la preservación del material se encuentra en riesgo al permanecer distribuida en el piso, propensa a las condiciones ambientales expuestas aún al interior del Almacén.
- Los materiales para embalaje se encuentran distribuidos en todo el Almacén por lo que genera desperdicios en tiempo al realizar actividades de empaque y embalaje recorriendo las diferentes áreas para surtirse de los materiales, herramientas o utillaje necesario.

En paralelo al trazo de la distribución de Almacén, se realizó un recorrido donde departamentos como Gerencia de Planta, Higiene y Seguridad y Materiales evaluaron las necesidades del área y en conjunto con las áreas de oportunidad visualizadas por el mismo equipo de Almacén se obtuvieron las siguientes propuestas de mejora:

- Habilitación de un rack que se tiene en stock para el material ASME.
- Aprovechamiento de los espacios no utilizados, cotizando vigas para que todos los racks presenten 4 niveles.
- Adquisición de racks para el material que se encontraba resguardado en el piso. (Señalados con borde de línea punteada).
- Acondicionamiento de un taller para empaque y embalaje.
- Delimitación de pasillos y pintura en el piso para mantener limpio el Almacén.

Contemplando el análisis previo y de acuerdo con las necesidades del sitio en cuanto a requisitos de calidad, higiene y seguridad y los proyectos de producción proyectados al 2019, se muestra el comparativo de la distribución actual y propuesta del Almacén Temporal (Figura 2).

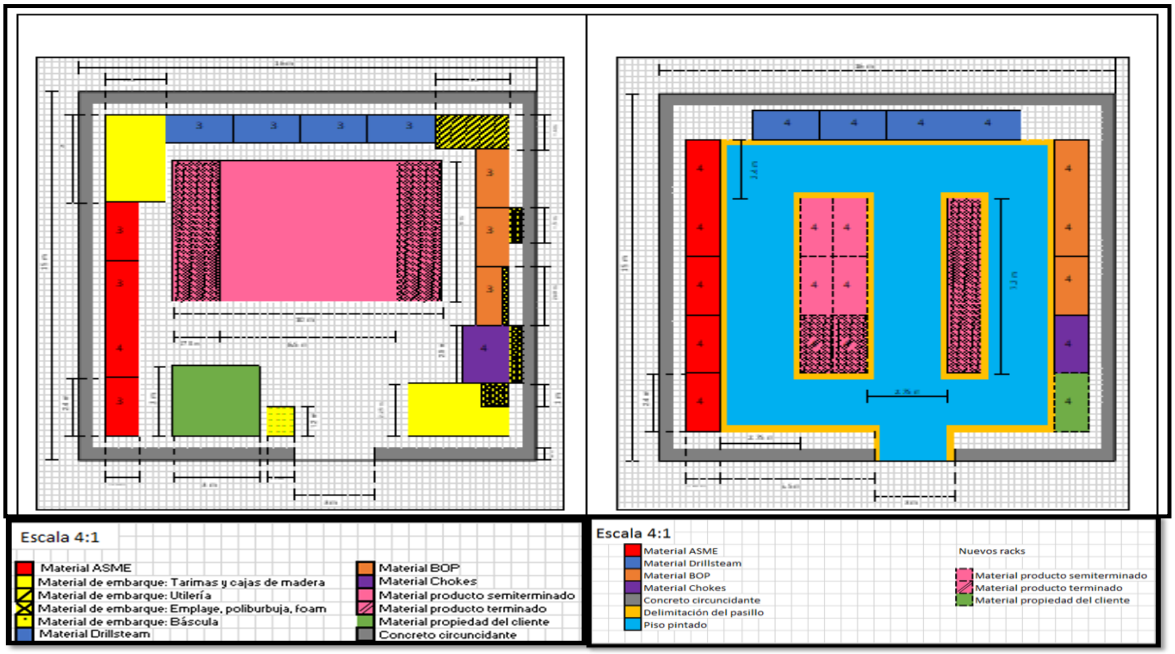


Figura 2. Layout de distribución actual y propuesto del Almacén Temporal. Fuente: Autoría propia.

 ISSN 2007-8102

VPN (Valor Presente Neto)

Para conocer si un proyecto tiene una inversión factible, el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo es el VPN, ya que permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: Maximizar la inversión (Miranda, 2001).

Al ser un proyecto donde se busca optimizar el aprovechamiento en sus áreas, requiere de inversiones y subcontratación de proveedores externos que suministren bienes y servicios. El Beneficio Neto Actualizado fue obtenido con base a las ganancias obtenidas en el año 2018 y proyectadas 5 años más. Debido a que la demanda no es constante se optó por hacer un incremento anual por el 5% con base al año anterior, obteniendo los siguientes resultados (Tabla 5):

Tabla 5. Beneficio Neto Actualizado a 5 años. (Autoría propia)

Año	Monto de BNA
1	6,006,061
2	6,306,364
3	6,621,682
4	6,952,766
5	7,300,405

El Rendimiento se consideró como un 9.5%. Los Años proyectados fueron 5. Tomando en cuenta las ideas de mejora y adecuación y debido a los alcances y limitaciones del proyecto que posteriormente serán mencionadas, se consideraron los siguientes conceptos para la Inversión Inicial. (Tabla 6)

Tabla 6. Descripción de líneas pertenecientes a Inversión Inicial. Fuente: Autoría propia

Cantidad	Descripción	MXN
12 pares	Vigas, con sus rejillas y pasadores de seguridad	$1,185,373.44
7	Racks con 4 niveles	$512,738.52
1	Renta de Montacargas a 5 años	$2,578,908.00
		Total: $4,277,019.96

Una vez con los datos fue posible calcular el VPN:

$$\text{VPN: } \frac{6,006,061}{(1+0.095)^1} + \frac{6,306,364}{(1+0.095)^2} + \frac{6,621,682}{(1+0.095)^3} + \frac{6,952,766}{(1+0.095)^4} + \frac{7,300,405}{(1+0.095)^5} - 4,277,019.96$$

VPN: 25,261,578.07 – 4,277,019.96
VPN: $20,984,558.11
Obteniendo así que el VPN >0 por lo tanto es un proyecto factible.

Al corroborar la rentabilidad del proyecto surge una vertiente importante, la cual involucra la administración del presupuesto logístico en donde se reflejarían los gastos incurridos con regularidad y aquellos en los que se pudiera incurrir debido a las inversiones previstas para la mejora y adecuación del Almacén Temporal.

Presupuestación y administración estratégica

Todo proyecto que requiere una inversión exige para su adecuado control una presupuestación que proyecte el gasto considerado para una administración y previsión de las entradas y salidas en libros. Un presupuesto es un plan financiero preparado anticipadamente, expresado en unidades monetarias o físicas para un periodo determinado cuyas estimaciones están basadas en métodos y experiencias (Luna, 2015) y que, con la debida planeación, coordinación y control organizacional se busca lograr los resultados esperados.

Las actividades de almacenamiento y manejo de materiales son responsables de prácticamente una cuarta parte de los gastos de logística, sin incluir el costo por manejo de inventarios (Ballou, 2004); de este gasto, el 50% le pertenece a mano de obra, 25% espacio físico y el resto energía consumida, equipo, materiales y otros.

La empresa cuenta, en sistema, con nueve principales centros de costos a los cuales incurre en gastos. Algunos de ellos son variables y están relacionados (aunque no directamente) al gasto para el giro de la empresa, algunos otros centros de costos son base y no están relacionados en absoluto, sin embargo, son necesarios para que el negocio en general lleve a cabo sus actividades. Uno de los puntos fuertes es que, el área de Finanzas, es quien constantemente revisa el gasto previsto contra el gasto real de las cuentas de todos los departamentos, así mismo debido a su experiencia realiza la presupuestación de acuerdo a datos históricos. Uno de los puntos débiles radica en el control por departamento, puesto que desconocen los gastos en los que incurren, sin poder proponer el presupuesto a utilizar cada año, o algún control del mismo. Un plan estratégico expresa la dirección futura de la empresa, su propósito de negocios, sus metas de desempeño y su estrategia (Thompson, Peteraf, Gamble, & Strickland, 2012).

En aras de llevar una correcta administración en algún departamento se puede hallar como antecedente un deficiente plan estratégico para realizar la presupuestación y en consecuencia un inadecuado control. A continuación, se enuncian algunos de las principales causas que provocan un descontrol en la administración de la cuenta de gastos logísticos:

- Falta de un plan de recolección de materia prima.
- Incursión de gastos expeditados de logística y material de embalaje.
- Limitada visión hacia un esperado crecimiento productivo del sitio.

Al considerarse lo anterior en adición a los gastos por aprovisionamiento, almacenamiento, distribución de productos terminados, ventas y servicio al cliente, costos de no calidad, fue posible realizar una proyección considerando los registros históricos para el pronóstico de gasto logístico del 2019, ver Tabla 7.

Tabla 7. Ajuste del presupuesto del gasto logístico al 2019. Fuente: Autoría propia.

2019	Gasto	Horas
Q1'	$49,450.95	8570
Q2'	$57,586.98	9980
Q3'	$70,108.40	12150
Q4'	$74,205.27	12860
TOTAL	$ 251,351.60	43560

Beneficios del proyecto

1. Conocimiento de los factores y procesos que involucra la “Revisión del Inventario de Lento Movimiento”. Esto deja como antecedente, la necesidad de establecer mejores y mayores controles para erradicar en un 100% las diferentes causas que provocan mantener un inventario en no conformidad con los requisitos de calidad.
2. Propuesta a través de una distribución del layout de Almacén Temporal para erradicar una de las causas promotoras a la falla del almacenaje del material no conforme “Infraestructura y locaciones deficientes para su óptimo almacenamiento y preservación” que por consecuencia ayuda en la reducción de “No tener el material correctamente preservado en almacén”.
3. De acuerdo con el VPN, el proyecto es factible, ya que las ganancias proyectadas a 5 años, con su rendimiento anual son mayores a la inversión inicial.
4. Precedente de las herramientas utilizadas para la visualización de un proceso (SIPOC), análisis de fallas, causas, sus efectos e impactos para su priorización y control (FMEA).
5. Presentación de presupuesto logístico para 2019 y propuesta de administración estratégica del mismo.

Trabajo a futuro

Debido al tiempo requerido para la aprobación e implementación de las mejoras, el proyecto abarcó hasta su propuesta, presentándose ante las autoridades necesarias para su debido seguimiento, evaluación y aplicación. Algunas de las ideas de mejora que surgieron a partir de la lista de verificación, el recorrido con gerencia de planta, higiene y seguridad y materiales, así como las ideas de almacén, no fueron consideradas en el VPN, esto debido a que no generan una prioridad por el momento para la empresa, pero al momento de evaluarse su aplicación deberán ser incluidas para realizar nuevamente el ejercicio del VPN.

Conclusiones

Para mejorar las operaciones de almacén, la administración necesita comprender los procesos implementados, las razones para ello y cómo, si es que lo hacen, respaldan su estrategia y los requisitos del cliente (Kroll, 2018). Se reafirma, la necesidad de mantener un inventario en conformidad con los requerimientos físicos y documentales de calidad ya que de esta manera se conserva justo lo que se necesita en el inventario buscando estrategias que deriven una constante generación de ideas para que el inventario conforme sea sostenible. Por el lado de las Tecnologías de Información (TI), el aplicar esfuerzos para un adecuado almacenamiento, las TI brindan información actualizada a través de los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning, Planeación de Requerimientos Empresariales), mejorando así la disponibilidad e integridad en los datos dentro de la cadena de suministros, proporcionando información confiable y al día para una oportuna y efectiva toma de decisiones organizacionales. Unas de las grandes limitantes en cualquier proceso suelen ser las deficiencias en los canales de comunicación, y pocas veces se analiza el mensaje transmitido, cuando este suele ser en ocasiones el que viene a anular la más alta tecnología y software porque los datos que brinda no son reales. En este proyecto se observó que es importante acelerar las interacciones entre departamentos, pero también la importancia de buscar la causa raíz que está atrasando o entorpeciendo un proceso.

Referencias

Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la Cadena de Suministro.* México: Pearson Prentice Hall.

Bukowski, E. (Mayo de 2017). New tricks for an old tool. *ASQ. Quality Progress* , 36-43.

Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management. Strategy, Planning and Operation.* USA: Pearson Prentice Hall.

Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad* (7a ed.). México: CENGAGE Learning.

Gammea, I., & Lodgaard, E. (2018). Organizational or system boundaries; possible threats to continuous improvement process. En Elsevier (Ed.), *12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, (págs. 505-510). Gulf of Naples, Italy. Recuperado el 02 de Julio de 2019

Gómez, J. M. (2013). *Gestión logística y comercial.* Madrid: McGraw Hill.

Kroll, K. M. (18 de Agosto-Septiembre de 2018). Reinvente su almacén o CD. (G. Almazo, Ed.) *Inbound Logistics Latam, 12*(142), 36-40. Recuperado el 14 de Mayo de 2019, de http://www.il-latam.com/wp-content/uploads/2018/09/sustentabilidad-logistica-inbound-logistics-latam-142-agosto-septiembre-2018-1.pdf

Kubiak, T. (Junio de 2014). Conducting FMEAs for results. *ASQ. Quality Progress*, 42-45.

Luna, A. C. (2015). *Proceso Administrativo* (2a ed.). México: Patria.

Manual de referencia. (2019). *Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales. AIAG y VDA.*

Miranda, J. J. (2001). *Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera, económica, social, ambiental.* MM Editores.

Norteamérica, D. d. (1980). Military Standard 1629A 1980 – Procedures for perfoming a failure mode, effects and criticality analysis.

Parkash, S., & Veerender, K. (2011). Supplier performance monitoring and improvement (SPMI) through SIPOC analysis and PDCA model to the ISO 9001 QMS in sports goods manufacturing industry. *Log Forum, Scientific Journal of Logistics, 7*(4).

Platas, G. J., & Cervantes, V. M. (2015). *Planeación, diseño y layout.* México: Patria.

Thompson, A. A., Peteraf, M. A., Gamble, J. E., & Strickland, A. (2012). *Administración estratégica. Teoría y casos* (Decimoctava ed.). México: McGraw Hill.

Estimación del potencial de mercado de la industria automotriz en México por medio de técnicas de suavizamiento exponencial y la metodología Box y Jenkins

A.J. Hernández[1] Peralta, R. Vallejo Gallego[2], I.H. Mendoza Ruiz[2] L.E. López González[2] y P.R. Antonio Vidaña[1]*
[1]Departamento de Ingeniería en Innovación y Desarrollo Empresarial, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Av. Universidad No.350, Carretera Federal Cuitláhuac, La Tinaja, Localidad dos Caminos, Cuitláhuac, Ver.
[2]Departamento de Logística y Cadena de Suministro, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Av. Universidad No.350, Carretera Federal Cuitláhuac, La Tinaja, Localidad dos Caminos, Cuitláhuac, Ver.
**alejandro.peralta@utcv.edu.mx*

Área de participación: *Ingeniería Industrial*

Resumen

Se diseñó un proceso basado en el análisis del coeficiente de autocorrelación simple (r_k) de una serie de tiempo (Y_t) para elegir el método de pronóstico más adecuado para predecir las ventas de autos de la industria automotriz en México durante el año 2019, se halló evidencia estadísticamente significativa de que las ventas de autos en unidades presentan una estacionalidad aditiva anual, por lo que se empleó el modelo de Winter como parte de los métodos de suavizamiento exponencial. Se aplicó también la metodología de Box y Jenkins (1978) por medio de la estimación del modelo ARIMA[1], el cual dio como resultado un modelo estadísticamente significativo del tipo AR(3) de acuerdo a la prueba de raíz unitaria Dickey Fuller y al análisis de las funciones de autocorrelación simple y parcial. De acuerdo a la raíz del ECM[2] el modelo de Winter es más eficiente para predecir el potencial del mercado durante el periodo.

Palabras clave: *Series de Tiempo, ARIMA, Suavizamiento Exponencial y Potencial del Mercado*

Introducción

Los métodos de pronóstico por suavizamiento exponencial y la metodología Box y Jenkins han sido ampliamente utilizados para generar predicciones futuras de diversas variables macroeconómicas, así como microeconómicas a nivel empresarial. Petrevska (2017) pronosticó la demanda internacional de turistas en F.Y.R. Macedonia, empleando como serie de tiempo la llegada de turistas internacionales al país, el estudio tuvo como objetivo emplear la metodología Box y Jenkins para identificar un modelo que permitiera obtener previsiones de corto plazo a través de modelos autorregresivos integrados de media móvil (ARIMA) (p, d, q), donde: p es el parámetro autoregresivo, d es el número de fases de diferenciación, y q es el parámetro de medias móviles. Entre los principales resultados, la autora encontró un modelo ARIMA (1,1,1) para estimar la demanda en 2018 igual a 455 turistas extranjeros, así como otro ARIMA (2,1,2) que predice la llegada de 439 turistas para el mismo año, de acuerdo al autor ambos modelos implican una tendencia creciente en la serie de tiempo.

En Zambia los autores Stanley & Mubita (2016) emplearon una serie de tiempo correspondiente al índice mensual de precios al consumidor de mayo del 2010 a mayo del 2014 para poder pronosticar la inflación en los meses siguientes, empleando modelos de suavizamiento exponencial y los modelos que resultan de aplicar la metodología de Box y Jenkins como los autorregresivos integrados de medias móviles (ARIMA), los autores hallaron conveniente comparar los errores cuadráticos medios para cada modelo de tal forma que el modelo de Holt resultó ser igual de preciso que el de ARIMA, esto confirma que en algunos casos no es necesario aplicar modelos más sofisticados como los de Box y Jenkins para generar predicciones de corto plazo en variables económicas como la inflación. En el caso del ARIMA se halló un modelo del tipo (12, 1, 0) que mejor se ajustó a los datos de la serie de tiempo empleada.

Por otra parte, los autores Ruiz, Hernández & Zulueta (2011) emplearon una serie de tiempo correspondientes a las zafras del periodo que va de 1949 al 2006 del ingenio Independencia ubicado en la parte centro del estado de Veracruz, teniendo como objetivo la aplicación de la Metodología Box Jenkins a esta serie de tiempo para pronosticar la producción de azúcar correspondiente a la zafra 2006-2007 por medio de un modelo autoregresivo integrado de medias móviles (ARIMA) (p q d), de tal forma que el tipo de modelo ARIMA (1, 2, 0) permitió

[1] Modelos autorregresivos integrados de medias móviles
[2] Error cuadrático medio

pronosticar la zafra para el ciclo 2006-2007 en 11974.06 Mg de azúcar, de acuerdo a los autores, dicho pronóstico se aproximó en un 94% a la producción real, lo cual mostró que el modelo es eficiente.

Autores como Marroquín & Chalita (2011) aplicaron la metodología de Box y Jenkins al estudio de una serie de tiempo mensual que va de enero de 1998 a noviembre del 2008 de los precios nominales al mayoreo del jitomate en la ciudad de México, el modelo identificado para pronosticar los precios en 2009 fue del tipo ARIMA (23,0,1) el cual también se puede denotar como ARMA(23,1), aplicaron la prueba de estacionariedad Dickey Fuller aumentada la cual fue significativa en su estadístico de prueba tau (τ) con un nivel de confianza del 5%, ello permitió identificar y estimar los parámetros del modelo para pronosticar los precios nominales del jitomate en los meses del 2009.

La presente investigación tiene por objetivo estimar el potencial del mercado a corto plazo de la industria automotriz en México, entendido como una estimación cuantitativa en unidades monetarias o físicas de las ventas totales de un producto dentro de un mercado a partir de un pronóstico (Hair, Anderson, Mehta, & Babin, 2010), para los meses que restan del año 2019 por medio de los métodos de suavizamiento exponencial y la metodología Box y Jenkins.

Metodología

La figura 1 muestra el proceso que se diseñó para la elección de un método de pronóstico en base al cálculo del coeficiente de autocorrelación muestral que se denota como r_k, para k-periodos rezagados en la serie de tiempo Y_t, ya que el análisis de éste, permite explorar e identificar patrones de comportamiento en la serie de tiempo, como tendencia, estacionalidad, fluctuaciones cíclicas[3] y estacionariedad, de acuerdo a Gujarati & Porter (2009) su cálculo se muestra en la ecuación 1

$$r_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{covarianza\ en\ el\ rezago\ k}{varianza} = \frac{\sum_{t=1}^{N-k}(Y_t - Y_{prom})(Y_{t-k} - Y_{prom})}{\sum_{t=1}^{N}(Y_t - Y_{prom})^2} \quad (1)$$

El proceso inicia explorando la serie de tiempo Y_t realizando una prueba de significancia para el coeficiente de autocorrelación muestral de orden 1 denotado por r_1 para determinar si la serie de tiempo presenta o no tendencia, el orden para realizar la prueba es el siguiente: se plantean las hipótesis estadísticas para el coeficiente de autocorrelación poblacional de orden 1 que se denota por: ρ_1, en donde la hipótesis nula (H_0) plantea que $\rho_1 = 0$, mientras que la hipótesis alterna (H_1) plantea que $\rho_1 \neq 0$, posteriormente se calcula r_1, el cual mide la relación entre la serie de tiempo Y al tiempo t y la misma variable rezagada un periodo Y_{t-1}, éste puede asumir los valores que van entre menos uno y uno, es decir: $r_1 \in [-1, +1]$, a decir de esto, Hanke & Reitsh (1996) aseveran que una serie de tiempo presenta tendencia si: Y_t y Y_{t-1} están altamente correlacionados; si varios de los primeros periodos de desfasamiento en Y y por tanto el aumento de orden en r_k son estadísticamente significativos; y si éstos caen gradualmente a cero conforme aumenta el número de periodos. En la aplicación de este criterio para determinar si existe o no tendencia en la serie de tiempo basta con rechazar la hipótesis nula de que $\rho_1 = 0$.

La ecuación 2 muestra que si una serie de tiempo es estacionaria o aleatoria para una muestra grande de coeficientes de autocorrelación de orden uno, la media es igual a cero y su desviación estándar es uno sobre la raíz cuadrada del número de observaciones en la muestra (Quenouille, 1949), al mismo tiempo éstos siguen una distribución normal que al fijar el nivel de confianza de la prueba (α) en 5%, el valor Z de dicha distribución es igual al 1.96

$$0 \pm 1.96 * {}^{1}/_{\sqrt[2]{n}}\ (límites\ críticos\ para\ un\ intervalo\ de\ confianza\ de\ r_k) \quad (2)$$

[3] De acuerdo al comportamiento de una serie de tiempo, ésta puede caracterizarse como una combinación de sus componentes: tendencial, cíclico y estacional, donde el componente tendencial es considerado un componente de largo plazo, mientras que los otros dos son considerados componentes de corto plazo. Cuando una serie de tiempo es estacionaria no presenta tendencia y los tres primeros momentos de su distribución de probabilidad: la media, la varianza y la autocovarianza son invariantes respecto al tiempo, de acuerdo a Gujarati & Porter (2009) a este caso se le llama estacionariedad débil.

 ISSN 2007-8102

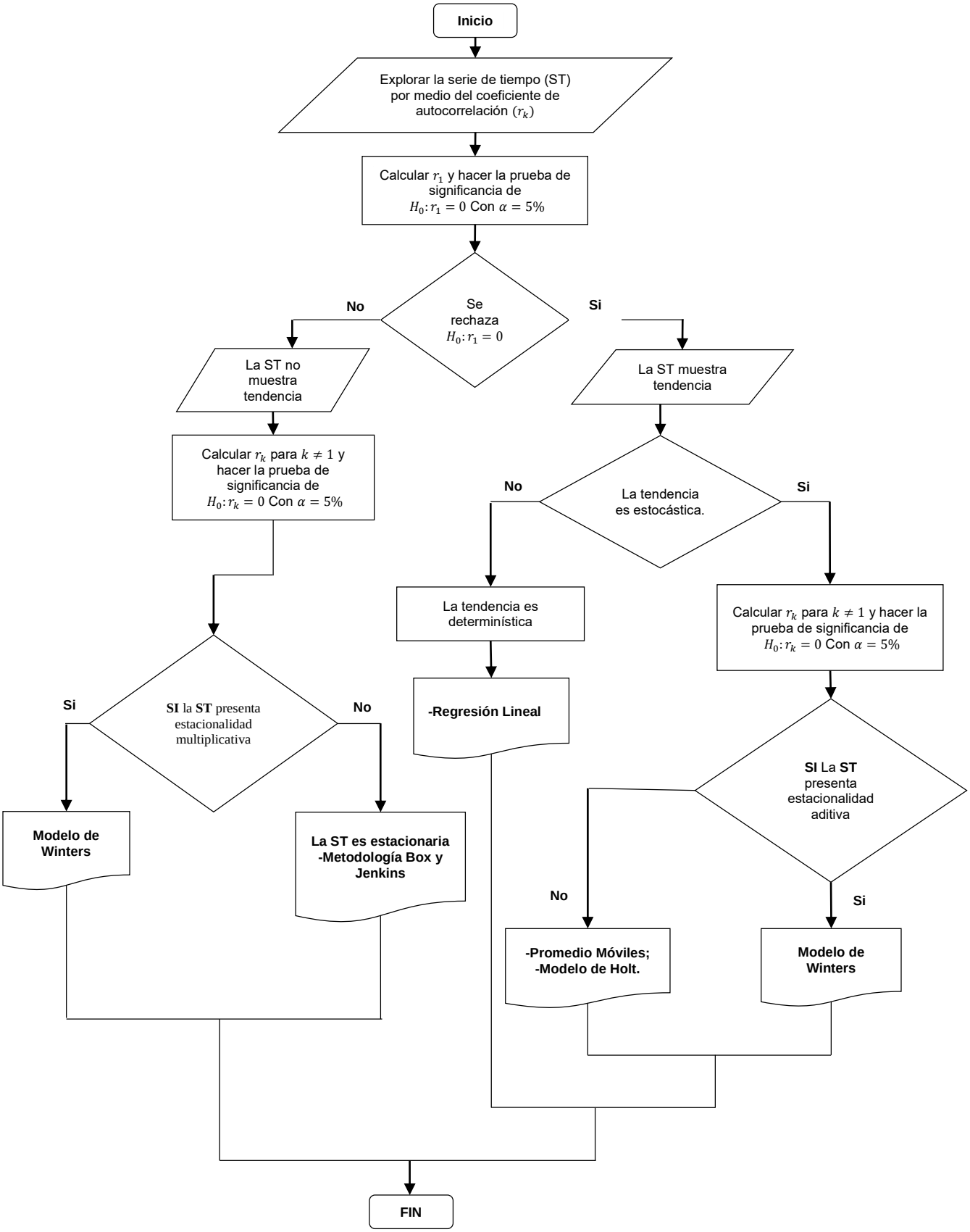


Figura 1. Proceso de elección de un modelo de pronóstico en base al análisis de los coeficientes de autocorrelación y exploración de la serie de tiempo. Fuente: elaboración propia (2019)

De tal forma que si r_1 calculado a partir de la muestra cae en dicho intervalo, no se puede rechazar la hipótesis nula de que $H_0: \rho_1 = 0$ y concluimos que la serie no presenta tendencia, en caso contrario podemos afirmar que si existe tendencia, en este último caso el proceso para la selección del modelo continúa investigando si la tendencia es determinística o estocástica[4]. La figura 1 muestra que cuando la tendencia es determinística el modelo de regresión lineal simple para el caso de un análisis univariado de series de tiempo (una sola variable temporal) es el método más adecuado para generar predicciones futuras con la mayor precisión o menor margen de error, ya que el modelo se ajusta bien a los datos y el error estándar de los parámetros estimados del modelo β_k son bajos.

Sin embargo, si la serie de tiempo presenta una tendencia estocástica, entonces la regresión lineal pierde precisión en los pronósticos que genera y se hace necesario emplear métodos alternativos que tomen en cuenta las variaciones de corto plazo que afectan a la tendencia de la serie de tiempo como factores cíclicos o estacionales, en este sentido, si la tendencia de la serie de tiempo está caracterizada por variaciones cíclicas grandes, los modelos de promedios móviles o el modelo de Holt se hacen más pertinentes para pronosticar la serie de tiempo, de acuerdo a Hanke & Reitsh (1996), las ecuaciones 3, 4 y 5 muestran en conjunto el modelo de Holt

$$S_t = \alpha Y_{t-1} + (1-\alpha)(S_{t-1} + B_{t-1}) \quad (3)$$

$$B_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)B_{t-1} \quad (4)$$

$$Y_{t+1} = S_t + pB_t \quad (5)$$

El modelo de Holt es un método de suavizamiento exponencial que permite ponderar de forma separada y a partir de sus parámetros α y β la influencia que ejerce en el pronóstico el componente cíclico y el tendencial por medio de las ecuaciones 3 y 4 respectivamente. La ecuación 5 genera las predicciones futuras a partir de una función lineal que se construye por la suma de ambos componentes estimados de la serie S_t y B_t donde p es el número de periodos a estimar y la estimación del componente tendencial β_t se convierte en la pendiente de dicha función.

Empero, en el diagrama de flujo de la figura 1 se observa que cuando la serie de tiempo presenta una tendencia estocástica, ésta puede o no presentar estacionalidad[5], de ser así, ésta deberá ser aditiva, ya que de acuerdo a Del Callejo (2013) la estacionalidad aditiva se presenta como un aumento o decremento en los valores de la serie en un cierto periodo de tiempo y muestra los cambios con respecto a la media general, en cambio si la serie de tiempo no presenta tendencia a la vez puede presentarse el tipo de estacionalidad multiplicativa para la cual los aumentos o decrementos en los valores de la serie en un cierto periodo de tiempo se muestra constante en función de una razón de cambio. De acuerdo a Hanke & Reitsh (1996), las ecuaciones 6, 7, 8 y 9 muestran el modelo de Winter para pronosticar series que presentan estacionalidad.

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-L}} + (1-\alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (6)$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (7)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1-\gamma)S_{t-L} \quad (8)$$

$$Y_{t+p} = (A_t - pT_t)S_{t-L+p} \quad (9)$$

En donde A_t es el nuevo valor atenuado, las constantes de suavizamiento del componente de nivel, tendencial y estacional son $\alpha, \beta \; y \; \gamma$ respectivamente, éstos están contenidos en un intervalo que va de 0 a 1, es decir $\alpha, \beta \; y \; \delta \in [0,1]$. Y_t es la nueva observación o valor real de la serie de tiempo, T_t es la estimación de la tendencia, S_t es la estimación de la estacionalidad, p es el número de periodos a estimar en el futuro, L es la longitud de la

[4] Una forma de diferenciar los tipos de tendencia es observando los límites del coeficiente de autocorrelación de orden 1, r_1; cuando r_1 tiende a 1 más exacta es la relación entre Y_t y Y_{t-1} por lo que la tendencia de la serie de tiempo tiende a ser más determinística, en caso contrario, si r_1 tiende a 0 la tendencia de la serie de tiempo tiende a ser más estocástica.

[5] La estacionalidad se define como un patrón de cambio que se repite así mismo de forma regular durante un intervalo particular de tiempo (por lo regular un año), y se presentarán coeficientes de autocorrelación (r_k) significativos en el periodo de desfasamiento correspondiente a la presencia de una cresta o valle en la serie de tiempo (Hanke & Reitsh, 1996).

estacionalidad, Y_{t+p} es el pronóstico de p periodos en el futuro. El modelo de Winter es una extensión del modelo de Holt que permite incorporar la estimación del componente estacional de una serie de tiempo a partir de la ecuación 8 para obtener pronósticos con un mayor nivel de precisión para series que presentan estacionalidad.

De acuerdo al diagrama de flujo en la figura 1, y con ayuda del periodograma, para detectar la presencia de algún tipo de estacionalidad anual, por ejemplo, en la serie de tiempo es necesario hacer una prueba de significancia para un coeficiente de autocorrelación de orden $k \neq 1$, de tal forma que coeficientes de autocorrelación estadísticamente significativos de un orden mayor como r_4 con $k = 4$ periodos de desfasamiento en la serie de tiempo puede indicar estacionalidad anual en la serie para datos trimestrales, en donde la longitud del periodo estacional es igual a 4. La tabla 1 muestra una clasificación de la estacionalidad de acuerdo al tipo de información de la serie de tiempo.

Tabla 1. Características de la estacionalidad anual de acuerdo al tipo de información empleada, y coeficientes de autocorrelación estadísticamente significativos

Tipo de información	Relación a observar	Coeficientes de autocorrelación	Longitud del periodo estacional
Mensual	Y_t y Y_{t-12}	r_{12}	12
Trimestral	Y_t y Y_{t-4}	r_4	4
Cuatrimestral	Y_t y Y_{t-3}	r_3	3
Semestral	Y_t y Y_{t-2}	r_2	2

Fuente: Elaboración propia (2019)

De manera general Pindyck & Rubinfeld (2001) aducen que puede identificarse estacionalidad observando máximos regulares en un correlograma, aun si los máximos estacionales no pueden discernirse en la misma serie de tiempo, de tal forma que éstos permiten identificar la temporalidad regular de la estacionalidad.

Por último de acuerdo al proceso para la elección de un método de pronóstico en base al análisis del coeficiente de autocorrelación (r_k) y exploración de la serie de tiempo, si ésta no presenta tendencia ni estacionalidad multiplicativa, entonces es muy probable que la serie presente estacionariedad. Las ecuaciónes 10, 11 y 12 son los modelos de regresión de caminata aleatoria (MCA) que permite llevar a cabo la prueba Dickey Fuller (DF) de si la serie de tiempo presenta o no un problema de raíz unitaria (propiedad estadística de las series de tiempo no estacionarias)

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (12)$$

La variable respuesta $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ es la primera diferencia de la serie de tiempo, mientras que Y_{t-1} es la variable rezagada un periodo, por lo que a estos modelos se les llama también autorregresivos de primer orden AR(1). La prueba DF consiste tomar en cuenta todos los procesos estocásticos no estacionarios de caminata aleatoria en sus distintas versiones: sin o con término constante β_1 y con tendencia determinística β_2. La hipótesis nula $H_0: \delta = 0$ establece que la serie de tiempo Y_t presenta un problema de raíz unitaria y la serie no es estacionaria, la hipótesis alterna establece que $H_1: \delta < 0$ lo cual implica que la serie de tiempo es estacionaria, el estadístico de prueba es el τ (tau) para el cual se han determinado diferentes valores de su distribución de probabilidad, de acuerdo al modelo de caminata aleatoria que se asuma y al nivel de confianza (α) que se fije para dicha prueba.

Resultados y discusión

Estimación del Potencial de Mercado y estacionalidad en las ventas

La información empleada para la estimación del potencial de ventas del mercado de la industria automotriz en México corresponde a las ventas de autos de 4 cilindros en unidades físicas de la encuesta mensual de la industria manufacturera (EMIM, 2019) durante el periodo que va del 2008 al 2019, la figura 1 muestra en la parte (a) el periodograma de la serie de tiempo[6], como puede observarse la serie presenta tendencia; de manera ilustrativa

[6] Todas las estimaciones de los modelos, así como los gráficos se realizaron con ayuda del software de econometría STATA 12

 ISSN 2007-8102

la línea de regresión con pendiente positiva muestra un componente tendencial y media que crece durante el periodo, y de acuerdo a las desviaciones alrededor de ésta puede apreciarse que se trata de una tendencia estocástica, esto puede corroborarse de acuerdo a la prueba de significancia del coeficiente de autocorrelación de orden 1 (r_1).

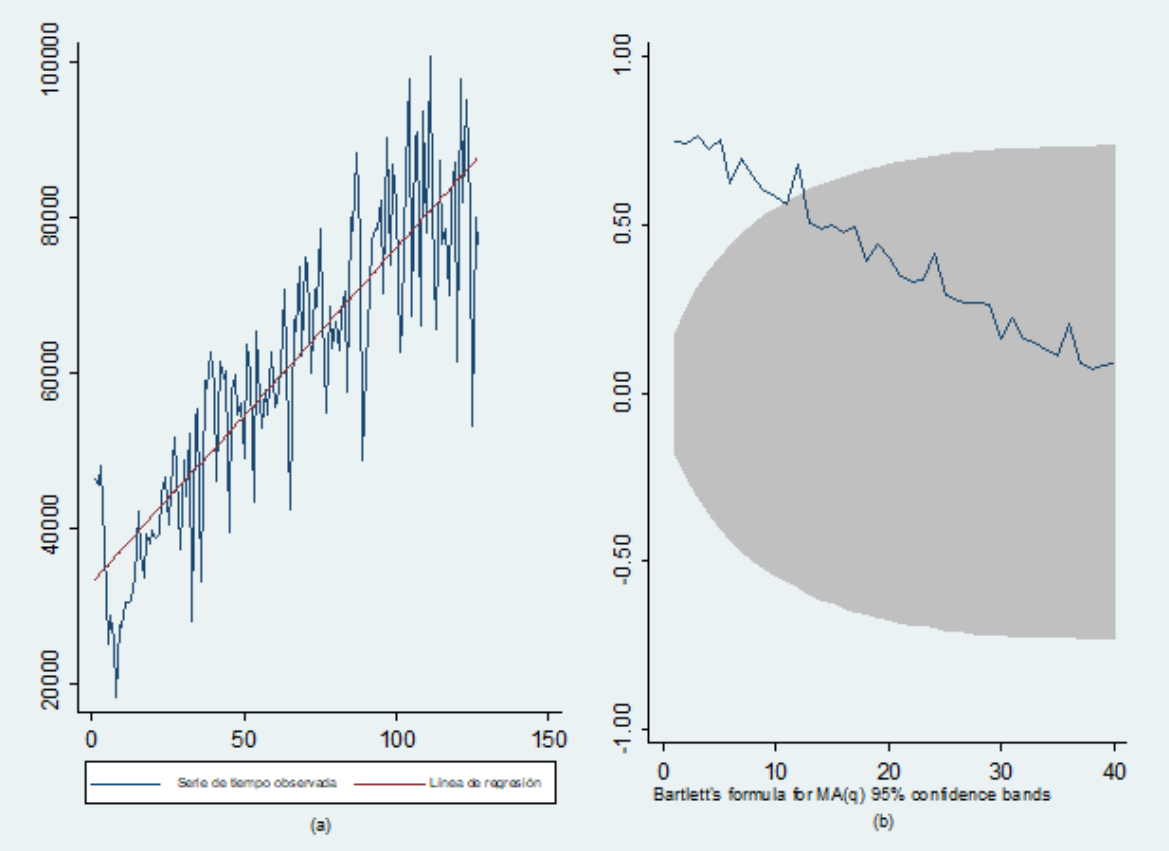
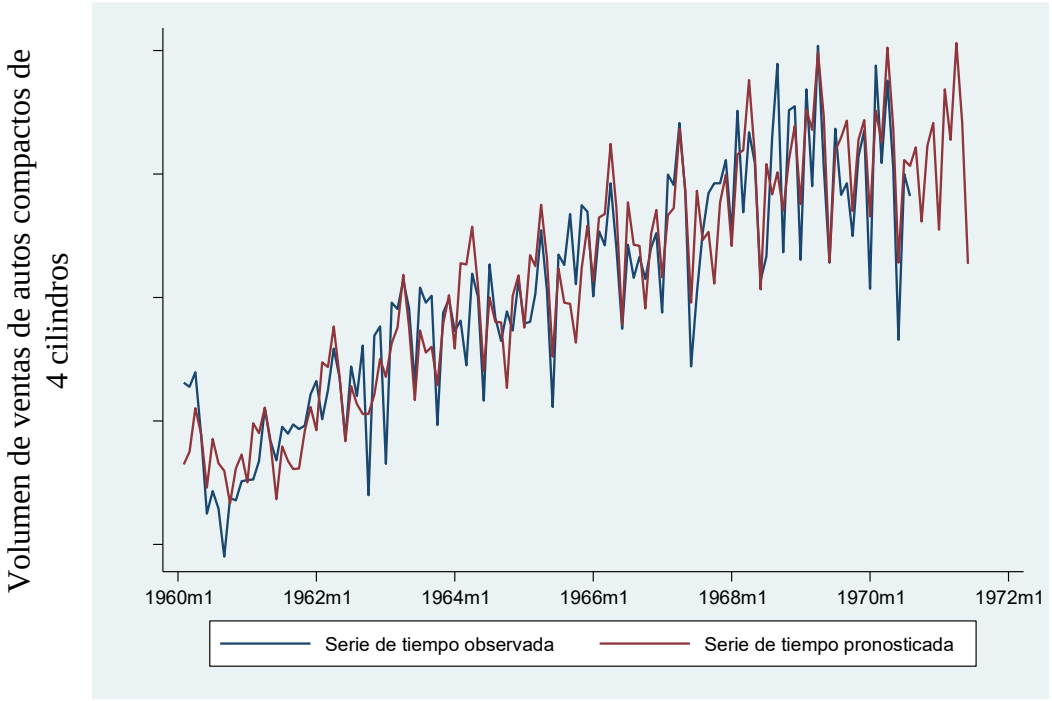


Figura 2. Periodograma del volumen de las ventas de autos compactos de 4 cilindros de la industria automotriz en México y características de la serie de tiempo.

En la parte (b) de la figura 2 se muestra el correlograma de dicha serie de tiempo, para aquellos coeficientes de autocorrelación que se encuentren fuera del área sombreada se rechaza la hipótesis nula de que éste es igual a cero por lo que se confirma que el primero $r_1 = 0.7456$ es estadísticamente significativo con un nivel de confianza $\alpha = 5\%$, lo cual confirma la presencia de tendencia en las ventas de autos. Puede apreciarse también un pico o máximo fuera del área sombreada en el correlograma para el rezago número 12, de acuerdo a Pindyck & Rubinfeld (2001) esta característica refleja la presencia de estacionalidad anual ya que la serie está definida en meses y a la vez podemos argumentar que se trata de estacionalidad aditiva por la tendencia positiva y creciente en las ventas de autos. La longitud de la estacionalidad corresponde a 12 meses y de acuerdo a los métodos de suavizamiento exponencial, el modelo de Winter es el único método que toma en cuenta la regularidad con la que se presentan los periodos estacionales en las ventas para hacer predicciones futuras, la figura 3 muestra el periodograma de las ventas observadas durante el periodo muestral y las ventas pronosticadas por el modelo de Winter para el mismo periodo y un periodo adicional correspondiente a los meses de marzo a diciembre del 2019. Los pronósticos generados se considera que son los más precisos ya que se estiman a partir de los valores de los parámetros de suavizamiento $\alpha, \beta \; y \; \gamma$ que minimizan el error cuadrático medio (ECM).
De forma convencional, la raíz del ECM es el criterio generalmente aceptado para elegir un método de pronóstico; aquel que tenga el ECM más bajo es el modelo más preciso para generar predicciones futuras, en el presente estudio es el análisis del coeficiente de autocorrelación y la exploración de la serie de tiempo lo que justifica el empleo del modelo de pronóstico, este criterio al mismo tiempo asegura que se emplee el método de pronostico que minimiza el ECM. La tabla 2 muestra las predicciones de las ventas del volumen de autos para todos los meses del año 2019 generadas por el modelo de Winter.

 ISSN 2007-8102



Meses del periodo de febrero del 2008 a diciembre del 2019

Figura 3. Periodograma mensual del volumen de ventas pronosticadas y observadas de autos compactos de 4 cilindros de la industria automotriz en México, con el modelo de Winter para $\alpha = 0.1336, \beta = 0.00\ y\ \gamma = 2132$, y raíz cuadrada del error cuadrático (ECM) medio igual a 7078.

Tabla 2. Potencial de mercado de la industria automotriz para el segundo semestre del año 2019 por el modelo de Winter con los parámetros óptimos de $\boldsymbol{\alpha = 0.1336, \beta = 0.00\ y\ \gamma = 2132}$ y $\boldsymbol{\sqrt[2]{ECM} = 7078}$, cifras en miles de pesos.

Meses	Predicciones del volumen de ventas	Tasa mensual de crecimiento (%)
Julio	71005.13	
Agosto	93656.08	31.90
Septiembre	85511.3	-8.70
Octubre	101176.1	18.32
Noviembre	88352.51	-12.67
Diciembre	65455.05	-25.92

Fuente: Elaboración propia (2019)

Prueba de estacionariedad en las ventas de autos mediante la prueba de Dickey Fuller

Para determinar si las ventas de autos durante el periodo son estacionarias, se aplicó la prueba Dickey Fuller, la cual permite detectar si existe o no un problema de raíz unitaria en la serie que diera lugar un modelo de caminata aleatoria o lo que es lo mismo un proceso estocástico no estacionario, esta prueba es importante ya que el modelo autoregresivo integrado de medias móviles (ARIMA) sólo puede aplicarse a series de tiempo que presentan estacionariedad. De acuerdo a las estimaciones la ecuación 11 del MCA con término constante fue

$$\Delta Ventas_t = 15343.25 - 0.2500027 Ventas_{t-1} \quad (13)$$

El valor del estadístico tau calculado (τ) fue igual a -4.20, mientras que el τ de tablas de su distribución con un nivel de confianza $\alpha = 5\%$ es igual a -2.89 para un tamaño de muestra igual 126 observaciones. Al ser mayor el valor de tau (τ) calculado que el de tau (τ) de tablas en valor absoluto se rechazó la hipótesis nula de no estacionariedad, y se concluye que la serie de tiempo de las ventas de autos de 4 cilindros es estacionaria.

Estimación del potencial de mercado a través de la metodología Box y Jenkins (ARIMA)

A partir de la figura 4 en la parte (b), el correlograma de la función de autocorrelación parcial describe una relación estadísticamente significativa de las ventas al tiempo t y las mismas rezagados 1, 2 y 3 periodos mensuales ya que éstos se encuentran fuera de las bandas de confianza, por lo que un valor de p-términos autorregresivos deberán incluirse en el modelo. Cabe mencionar que dado el resultado de la prueba Dickey Fuller estimada anteriormente, si la serie es estacionaria entonces no es necesario diferenciar la serie de tiempo, por lo que el modelo no incluye ninguna variable integrada y el término correspondiente al número de diferenciaciones d es igual a cero. Para el caso del correlograma del coeficiente de autocorrelación simple de la figura 4 en la parte (b) hasta el coeficiente de autocorrelación 12 éstos son estadísticamente significativos, ya que se encuentran fuera de la banda de confianza, por lo que se puede identificar hasta 12 términos rezagados en las perturbaciones de la serie de tiempo Y_t o q-términos de medias móviles. Finalmente el modelo estimado fue un ARIMA (3 0 0) o también un modelo autoregresivo de tercer orden: AR(3), su estimación se presenta en la ecuación 14 y la tabla 3 muestra los resultados de su estimación

$$Ventas_t = 10329.1 + 0..2778Ventas_{\ t-1} + 0.2629Ventas_{t-2} + 0.3624Ventas_{t-3} \quad (14)$$

Tabla 3. Resultados del modelo ARIMA estimado con p=3, d=0, y q= 0

Variables	Error estándar de los parámetros estimados	Z	P-value
Y_{t-1}	.0868255	3.20	0.001
Y_{t-2}	.0857511	3.07	0.002
Y_{t-3}	.0885692	4.09	0.000

Fuente: Elaboración propia (2019)

Los valores de probabilidad menores a 0.05 confirman que las variables rezagadas del modelo autoregresivo son estadísticamente significativas, la tabla 4 muestra las estimaciones del potencial de mercado por el modelo estimado en la ecuación 14.

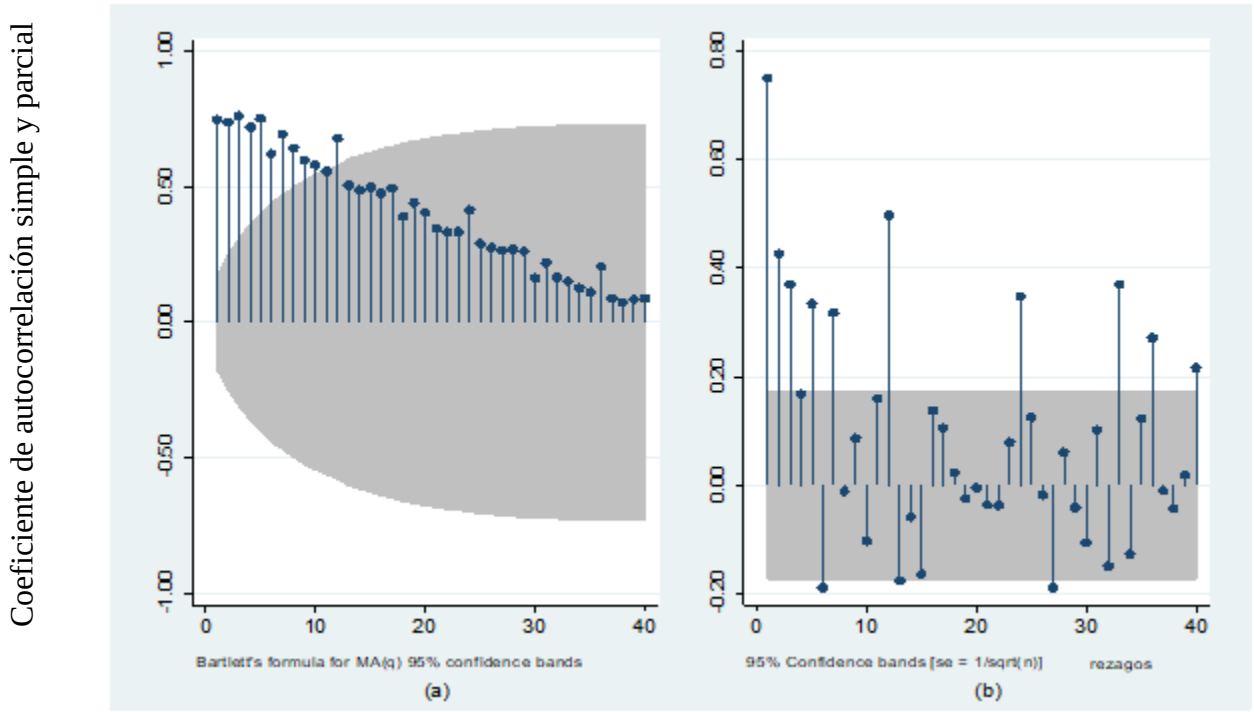


Figura 4. Correlogramas para las funciones de autocorrelación simple (a) y parcial (b) para la serie de tiempo del volumen de ventas mensual de autos compactos de cuatro cilindros de la industria automotriz en México de Febrero del 2008 a Diciembre del 2019

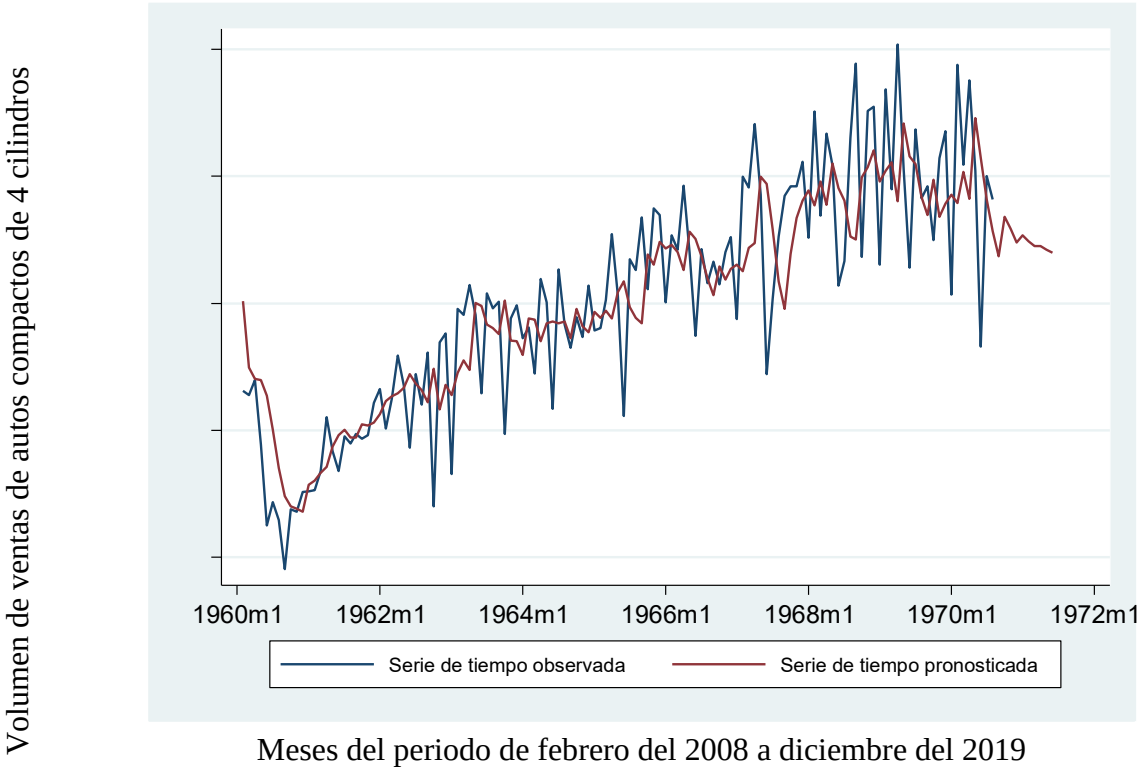


Figura 5. Periodograma mensual del volumen de ventas pronosticadas y observadas de autos compactos de 4 cilindros de la industria automotriz en México, con el modelo autoregresivo de orden 3 AR(3) y raíz cuadrada del error cuadrático medio (ECM) igual a 10382.

Tabla 4. Potencial de mercado de la industria automotriz para el segundo semestre del año 2019 por el modelo ARIMA (3, 0, 0) y $\sqrt[2]{ECM} = 10382$, cifras en miles de pesos.

Meses	Predicciones del volumen de ventas	Tasa mensual de crecimiento (%)
Julio	70713.31	
Agosto	69766.9	-1.34
Septiembre	69027.88	-1.06
Octubre	68995.8	-0.05
Noviembre	68449.59	-0.79
Diciembre	68021.55	-0.63

Fuente: Elaboración propia (2019)

Trabajo Futuros

Queda pendiente para futuras investigaciones la estimación del potencial de mercado a partir de las predicciones que se obtengan del modelo ARIMA que incorpora la estacionalidad llamados SARIMA, ya que como puedo demostrarse a partir del análisis del coeficiente de autocorrelación, las ventas de la industria automotriz en México presentan estacionalidad anual. A sí mismo queda pendiente analizar a importancia para fines de política económica que tienen dichas estimaciones, tomando en cuenta que la importancia de la industria automotriz en el desarrollo económico regional.

Conclusiones

La estacionalidad anual en la producción de autos que presenta la industria automotriz en México, debe ser considerada en el diseño de una política económica de fomento al desarrollo económico industrial, tomando en cuenta que éste es uno de los sectores más dinámicos en la economía por lo volúmenes de inversión extranjera directa que reciben y los niveles de empleo y productividad que genera. Si bien el modelo ARIMA es más eficaz para generar predicciones de corto plazo que los métodos habituales de suavizamiento exponencial, la estacionalidad en la serie demuestra que si no es incorporada en la metodología Box y Jenkins, los métodos de suavizamiento exponencial son más precisos como el modelo de Winter.

Referencias

1. Box, G., & Jenkins, G. (1978). *Time Series Analysis: Forecasting and Control.* Sn. Francisco : Holden Day.
2. Carbajal Suárez , Y., Almonte , L., & Mejía Reyes , P. (2016). La manufactura y la industria automotriz en cuatro regiones de México. Un análisis de su dinámica de crecimiento, 1980-2014. *Economía: Teoría y Práctica.*, 39-66.
3. Del Callejo Canal, E. (2013). Series de Tiempo. En *Especialización en Métodos Estadísticos* (págs. 1-68). Xalapa.
4. EMIM. (23 de Junio de 2019). *Banco de Información Económica* . Obtenido de Instituto nacional de estadística y geografía : https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/default.aspx.
5. Gujarati, D., & Porter, D. (2009). *Econometría .* México D.F.: McGrawHill.
6. Hair, J., Anderson, R., Mehta, R., & Babin, B. (2010). *Administración de Ventas. Relaciones y Sociedades con los Clientes .* México D.F.: Cengage Learning.
7. Hanke, J., & Reitsh, A. (1996). *Pronósticos en los Negocios.* Naucalpan de Juárez, Edo. de México : Prentice Hall Inc.
8. Marroquín Martínez , G., & Chalita Tovar , L. (2011). Aplicación de la metodología Box-Jenkins para pronóstico de precios en jitomate. *Revista mexicana de ciencias agricolas, 2*, 573-577.
9. Petrevska , B. (2017). Predicting tourism demand by A.R.I.M.A. models. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 30*(1), 939-950.
10. Pindyck , R. S., & Rubinfeld, D. L. (2001). *Econometría: Modelos y pronósticos.* México D.F.: McGrawHil.
11. Quenouille, M. (1949). The joint distribución of serial correlation coefficients. *Annuals of Mathematical Statistics*, 561-571.
12. Ruiz Ramírez, J., Hernández Rodríguez , G., & Zulueta Rodríguez , R. (2011). ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO EN EL PRONÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZUCAR . *Tierra Latinoamericana* , 103-109.
13. Stanley, J., & Mubita , S. (2016). Forecasting Inflation Rate of Zambia Using Holt's Exponential Smoothing. *Open Journal of Statistics* , 363-372.

Auditorías de Proceso por Niveles: Sistema LPA´s en Planta Automotriz de Torreón, Coahuila.

E. R. Pineda Armendáriz[1], F.A. Poblano Ojinaga[2], A. Longoria de la Torre[3], C. Yáñez Betancourt[4], K.E. Sánchez Barrón[5]*

[1, 2, 3, 4,5] Departamento de Ingeniería Industrial, TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/ Instituto Tecnológico de La Laguna, Boulevard Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Colonia Centro, C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México.

**rosy_9999@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen.

El objetivo del proyecto de investigación fue el diagnóstico y plan de mejora del sistema de auditorías basado en los parámetros de cada proceso, provocando que hubiera un gran número de checklists y que estos fueran difíciles y largos de realizar. Esta situación provocaba que los resultados arrojados por las auditorias tuvieran gran margen de error debido principalmente al poco entusiasmo o falta de tiempo por parte del personal para realizarlas en tiempo y forma. El proyecto se desarrolló en cuatro meses en base al Sistema LPA´s - Auditorías de Proceso por Niveles y se ha proporcionado el seguimiento correcto para poder cumplir su función de manera eficiente, basándose en la implementación y el seguimiento constante a auditorias enfocadas a los procesos por niveles que tomen como base actividades específicas del mismo, y de esta manera poder tomar acciones correctivas y de análisis rápido y eficaz.

***Palabras clave**: Auditorías de proceso, Sistema LPA´s, acciones correctivas, mejora.*

Abstract.

The aim of the research project was the diagnosis and plan of improvement of the system of audits based on the parameters of each process, causing that had a large number of checklists and these were long and difficult to perform. This situation caused the results thrown by the audits had great error margin mainly due to the little enthusiasm or lack of staff time to perform them in time and form. The project was developed in 4 months on the basis of the LPA´s system and from hence the monitoring has been provided and correct to be able to fulfil its role efficiently, based on the implementation and constant follow up audits focused on processes by levels that take as a basis specific activities, and thus be able to take fast and effective analysis and corrective actions.

***Key words:** System LPA´s, corrective actions, improvement and process audits.*

Introducción.

La industria automotriz en México representa uno de los sectores económicos más importantes del país. Es también el elemento primordial de la innovación y estrategias de globalización del mismo. De acuerdo a Yánez y Yánez (2012), actualmente las organizaciones de la industria automotriz se encuentran ante la inminente necesidad de dar respuesta y adaptarse a un entorno heterogéneo, dinámico e impredecible, en el que convergen exigencias locales y globales orientadas a mayores niveles de calidad, por lo cual deben avocarse a trabajar cada vez más en la mejora de sus productos y procesos para garantizar la satisfacción de sus clientes y ser competitivos, por lo cual se establecen diversas metodologías que aseguren la calidad de los productos y servicios a los clientes.

Entre las metodologías para el aseguramiento de la calidad están las auditorías de procesos por niveles. La auditoría desde sus inicios, en la edad antigua, estuvo orientada a la revisión metódica y rigurosa a fines administrativos contables, evolucionado posteriormente a otras áreas, tales como la operativa y la de calidad.

Parsowith (1999), clasifica la auditoria según la actividad ejecutada, resaltando la importancia de las auditorias de procesos, conocida también como auditoria de controles de procesos, de operaciones o de una serie de operaciones; donde se evalúan los procedimientos establecidos, a través de la verificación de su existencia o instrucciones de trabajo para los procesos y/o actividades que se realizan en la organización. Peña (2010), se basa en la tipificación de la auditoria según su objetivo, en el aspecto amplio de la misma, tomando en cuenta el ámbito financiero, operacional, socio-laboral, medioambiental, ético, informático y de los procesos de calidad.

MONTIAC S.A. de C.V. Planta Torreón, trabaja bajo un sistema de auditorías SMP el cual tiene como finalidad medir la conformidad de cada etapa de los procesos productivos que intervienen en la empresa. Este sistema permite conocer el porcentaje de conformidad que hay en cada producto y a nivel planta, es decir, señala el estado real de cada proceso: Parámetros de fabricación, estándares y procedimientos.

El sistema de auditorías SMP se trata de un sistema robusto de Auditorias a todos los niveles que evalúa una larga lista de parámetros tales como la presión del aire o temperatura de las máquinas, provocando que el auditor evalúe de manera equivocada el proceso por falta de conocimiento, debido a la percepción individual de cada auditor o por una verificación incorrecta. Esto ocasiona que los resultados de conformidad obtenidos durante el proceso de auditoria sean distintos a los reales, y en consecuencia, la solución de problemas no se rápida ni eficaz debido a su difícil o nula detección.

Durante los últimos seis meses el número de quejas de cliente y el costo de No Calidad han ido en aumento, sin embargo, los niveles de conformidad arrojados por el sistema son altos. Esta situación pone en evidencia la poca confiabilidad del sistema actual debido a que una alta conformidad en un proceso es directamente proporcional a un número bajo o nulo de quejas de cliente.

Metodología.

Sistema LPA'S. Las Auditorías de Procesos por Niveles se desarrollan para validar el cumplimiento consistente con pasos existentes del proceso de manufactura y la implementación de cambios o acciones correctivas en estos pasos existentes. Aun cuando puede ser posible implementarlas en ambientes que no son de manufactura (por ejemplo, Desarrollo del Producto), tal uso podría requerir un enfoque determinado.

Las características de estas auditorías son las siguientes:

- Requieren que el personal del nivel de operación y hasta la administración o dirección de la planta validen la implementación de los procesos de manufactura definidos.
- Refuerza actualizaciones al proceso de manufactura (típicamente implementados como reacción de una implementación correctiva).
- Se enfoca en los pasos de los procesos y los procesos mismos clave identificados y conforme requieran especial atención de niveles múltiples del personal de la planta, para asegurar cumplimiento debido a su criticidad con la satisfacción de sus clientes.
- No remplazan las auditorias regulares de Sistemas de Administración de Calidad conducidas estas por auditores internos y externos dedicados a ello.

Procedimiento de las actividades realizadas.

Las actividades que se realizaron para los nuevos *checklist* de cada proceso comenzaron con una reunión con los expertos en cuanto a la estructura del proceso se trataba, en este caso los Ingenieros de Métodos junto a los Animadores de Calidad, para que basados en su conocimiento se pudiera hacer un análisis y posteriormente un descarte de los parámetros y acciones que entorpecieran el proceso de auditoría. El primer paso a realizar para la ejecución del proyecto fue una revisión a fondo del sistema de auditorías que se utilizaba en ese momento. Luego de una exhaustiva revisión se llegó a la conclusión de que existía un área de oportunidad, esto implicaba que optimizar los niveles de cumplimiento y conformidad en todas las áreas, logrando que tales resultados se apegaran más a la realidad. Una vez detectada el área de oportunidad, se diseñó el siguiente programa de actividades.

 ISSN 2007-8102

Implementación LPA´s Montiac				Fecha																														
ID	Actividad	Fecha	Estatus	Enero					Febrero					Marzo					Abril					Mayo					Junio						
				1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26		
1	LPA´S	ene-19	100.0%																															
	GAP Analisis	feb-19	100%																															
	Plan de Acción	mar-19	100.0%																															
2	Definir actividades de nuevos check list de auditoria (borrador)	feb-19	100%																															
3	Revision de check list final	feb-19	33%																															
4	Crear una base de datos para la implementacion del sistema.	mar-19																																
5	Capacitacion nuevo sistema/base de datos Equipo 1	abr-19																																
6	Capacitacion nuevo sistema/base de datos Equipo 2	abr-19																																
7	Reporte Semanal		CONTINUO																															

Figura 1. Cronograma de Actividades

1. **LPA´s.** Las Auditorias de Proceso por Niveles tienen como características que se enfoca en los pasos específicos del proceso y por lo tanto busca medir acciones y no parámetros, además de requerir que el personal del nivel de operación y hasta la administración o dirección de la planta validen la implementación de los procesos definidos. Como primera actividad se realizó una capacitación para el área de Calidad Interna para conocer a detalle el funcionamiento y alcance del sistema LPA's y de esa manera poder poner en marcha el proyecto. Se revisaron las características del sistema LPA´s y se definió un plan de contingencia.
2. **GAP Análisis.** Se hizo un análisis profundo de los puntos que conformaban las auditorias bajo el sistema SMP, descartando parámetros e ítems innecesarios para LPA's. El objetivo del análisis fue hacer una depuración y obtener solo los pasos fundamentales en el proceso productivo.

Montiac S.A. de C.V.	AUDITORIA LPA - CONTROL DE LOS PARAMETROS DE PROCESO		Resultados de la auditoria %						/	FECHA:			AUDITOR:	
	AUDITORIA ADMINISTRATIVA DE MOLDEO	LG2								HORA DE INICIO(24H)			REMARKS COMENTARIOS	
AREA	№	TIPO DE CONTROL	BASTIDOR	1	2	3	4	5	6	Recordsheet Hoja de Registro	PARAMETROS	VALOR REGISTRADO	1=OK 0=NOK NA	No hay formato de registro	Registro no lleno	Parametro no conforme
			MOLDE								LG2					
Cabina de Sopleteo y Robot de colada	1	Inspeccion Visual de las Boquillas de sopleteo del Cazos de Robot de Colada que esten Limpios, derechos y no Deformados								Visualmente	4 boquillas					
	2	Verificar registro de cambio de cazos								Ver registro de cambio	1 por Turno					
Condiciones de molde	3	Verificar checklist de operador correctamente llenado								AMO-01-01/FO2	1 vez por hora					
Moldeo	4	Es Respetado la secuencia de Sopleteo de Molde								Visualmente	De acuerdo a Ficha					
	5	Movimiento suave (libre de vibraciones) del Bastidor durante el basculamiento								Visualmente	Movimiento Suave					
	6	Comprobar el movimiento suave del molde hacia abajo durante la eyeccion de la pieza								Visualmente	Eyeccion suave					
	7	Maximo de piezas moldeadas por molde								Pantalla	320 piezas					
Sierra	8	Verificar correcto llenado de checklist de arranque								ARX-01/02/F01	1 por Turno					
	9	Verificar correcto llenado de seguimiento de altura de corte								AMO-02/01/F01	Cada 2 horas					
Rayos X	10	Verificar validación de programa automático de máquina de Rx								ARX-01/02/F01	1 por Turno					
	11	Revisar checklist de arranque de máquina de Rx correctamente llenado								ARX-01-02-F02	1 por Turno					

1. Not Applicable points (like a bati not working at the moment) are marked with dash (-) or N/A
2. The auditor informs the supervisor for all non conformities (the SV's signature is the evidence for that)
3. The Supervisor has to take corrective actions after receiving the information, and write it down on the audit

Supervisor signature: .....

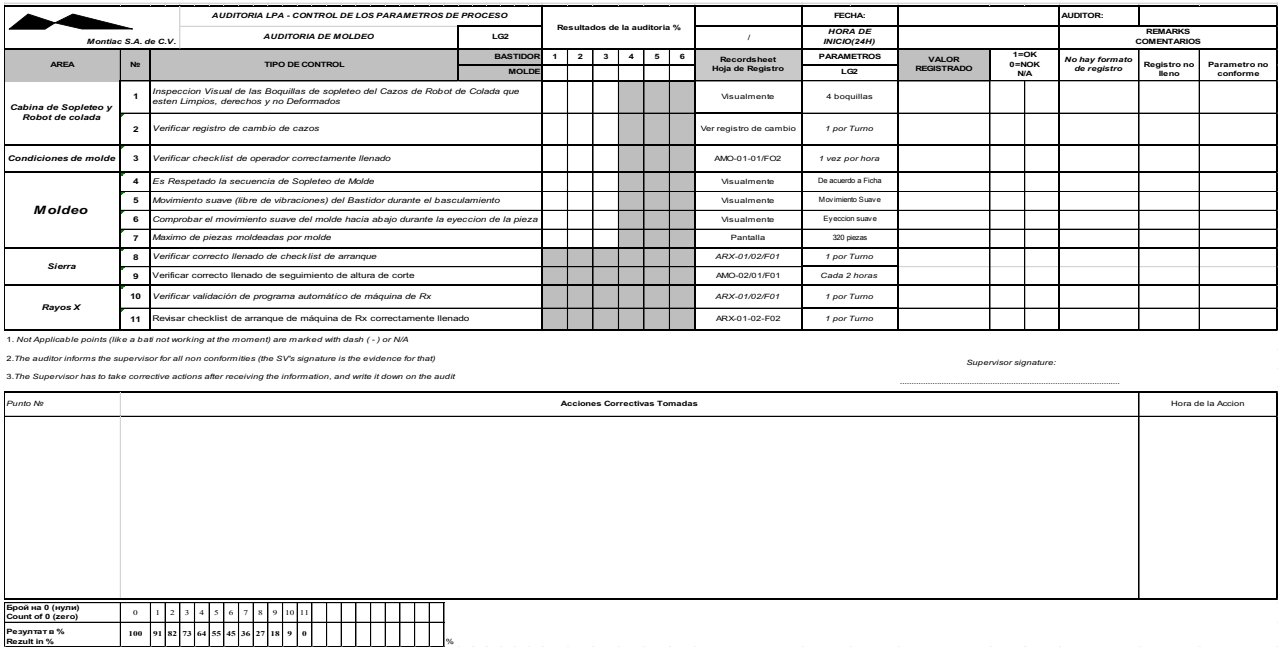
Punto Nº	Acciones Correctivas Tomadas	Hora de la Accion

Epoch se 0 (oyno) Count of 0 (zero)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
Результат в % Rezult in %	100	91	82	73	64	55	45	36	27	18	9	0									%

Figura 2. Auditoría LPA: control de los parámetros de proceso

3. **Plan de Acción.** Se estableció que los Animadores de Calidad analizarían y trabajarían con los resultados obtenidos en las juntas con el área de Métodos y crearían propuestas del nuevo *checklist* para cada producto, asegurándose de que la información obtenida realmente fuera factible y se pudiera medir en la auditoria.
4. **Definir las actividades del nuevo *checklist* de auditoria.** Después de trabajar con la información que los Ingenieros de Métodos obtuvieron, se llegó a la conclusión de que era posible crear un *checklist* estándar que pudiera funcionar para cualquier producto y proceso productivo en la empresa.

Tener un *checklist* estándar facilita la captura de los datos y la emisión de los reportes correspondientes, ya que con el antiguo sistema era necesario que los Animadores de Calidad capturaran los resultados de las auditorías realizadas cada semana, y debido a que existían dos tipos de auditorías con diferentes parámetros para cada producto, la cantidad de información era grande y el margen para cometer errores era muy amplio.



Montiac S.A. de C.V.	AUDITORIA LPA - CONTROL DE LOS PARAMETROS DE PROCESO		Resultados de la auditoria %						/	FECHA:			AUDITOR:	
	AUDITORIA DE MOLDEO	LG2								HORA DE INICIO(24H)			REMARKS COMENTARIOS	
AREA	№	TIPO DE CONTROL	BASTIDOR / MOLDE	1	2	3	4	5	6	Recordsheet Hoja de Registro	PARAMETROS LG2	VALOR REGISTRADO	1=OK 0=NOK N/A	No hay formato de registro	Registro no lleno	Parametro no conforme
Cabina de Sopleteo y Robot de colada	1	Inspeccion Visual de las Boquillas de sopleteo del Cazos de Robot de Colada que esten Limpios, derechos y no Deformados								Visualmente	4 boquillas					
	2	Verificar registro de cambio de cazos								Ver registro de cambio	1 por Turno					
Condiciones de molde	3	Verificar checklist de operador correctamente llenado								AMO-01-01/FO2	1 vez por hora					
Moldeo	4	Es Respetado la secuencia de Sopleteo de Molde								Visualmente	De acuerdo a Ficha					
	5	Movimiento suave (libre de vibraciones) del Bastidor durante el basculamiento								Visualmente	Movimiento Suave					
	6	Comprobar el movimiento suave del molde hacia abajo durante la eyeccion de la pieza								Visualmente	Eyeccion suave					
	7	Maximo de piezas moldeadas por molde								Pantalla	320 piezas					
Sierra	8	Verificar correcto llenado de checklist de arranque								ARX-01/02/F01	1 por Turno					
	9	Verificar correcto llenado de seguimiento de altura de corte								AMO-02/01/F01	Cada 2 horas					
Rayos X	10	Verificar validación de programa automático de máquina de Rx								ARX-01/02/F01	1 por Turno					
	11	Revisar checklist de arranque de máquina de Rx correctamente llenado								ARX-01-02-F02	1 por Turno					

1. Not Applicable points (like a bait not working at the moment) are marked with dash (-) or N/A

2.The auditor informs the supervisor for all non conformities (the SV's signature is the evidence for that)

3.The Supervisor has to take corrective actions after receiving the information, and write it down on the audit

Supervisor signature:

Punto №	Acciones Correctivas Tomadas	Hora de la Accion

Epoки на 0 (нуль) Count of 0 (zero)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
Резултат в % Rezult in %	100	91	82	73	64	55	45	36	27	18	9	0									%

Figura 3. Actividades del nuevo checklist de auditoria

5. **Creación del *checklist* para el SGC.** Se programaron diversas reuniones con los Ingenieros de Métodos y Animadores de Calidad en las que se hicieron revisiones en las estaciones de trabajo para validar la funcionalidad del *checklist* y poder hacer correcciones en caso de ser necesario. El *checklist* fue validado en distintas etapas de las líneas de producción de todos los productos, llegando a la conclusión de que era perfectamente funcional para cualquier área dentro de la empresa. La mejora fue presentada al director de planta, y luego de su revisión, fue aprobado para su implementación.
6. **Implementación del Sistema de Captura.** Una vez listo y validado el *checklist* se implementó un sistema computacional que permite la creación de un calendario mensual de las auditorías a realizar a nivel planta. Este sistema también sirve para capturar los resultados obtenidos durante las auditorias y utiliza los resultados para general de manera automática los niveles de conformidad y cumplimiento de la planta, evitando la emisión de reportes sea manual.
7. **Capacitación a Animadores de Calidad.** Se dieron dos capacitaciones a los Animadores de Calidad en las que se les explicó las mejoras del nuevo sistema de auditorías LPA, además de explicarles el funcionamiento del nuevo Sistema de Captura y emisión de reportes.
8. **Reporte semanal.** Cada semana se emite un reporte a nivel planta de los resultados de Conformidad y Cumplimiento de las auditorias que se llevaron a cabo durante la semana. A partir de estos reportes se toman acciones correctivas respecto a las No Conformidades resultantes.

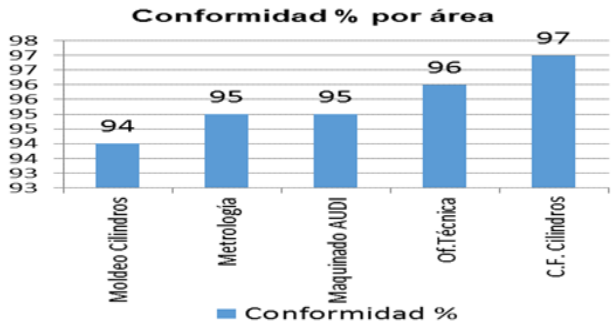
Resultados y discusión.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, se implementó un nuevo calendario de auditorías más eficiente y junto con las modificaciones hechas al checklist, los niveles de conformidad y cumplimiento se normalizaron, permitiendo detectar No Conformidades de manera mucho más sencilla y atacarlas en el momento correcto

Resultados Gráficos y numéricos.

Estos gráficos y tablas mostraran como disminuyen o se mantienen los rechazos desde que se implementó el sistema de control de procesos, obteniendo una mejor optimización de los procesos y siempre estando dentro de objetivo.

 ISSN 2007-8102



Gráfica 1. Conformidad por Producto Enero 2019



Gráfica 2. Conformidad en Audi en Marzo, Abril y Mayo 2019

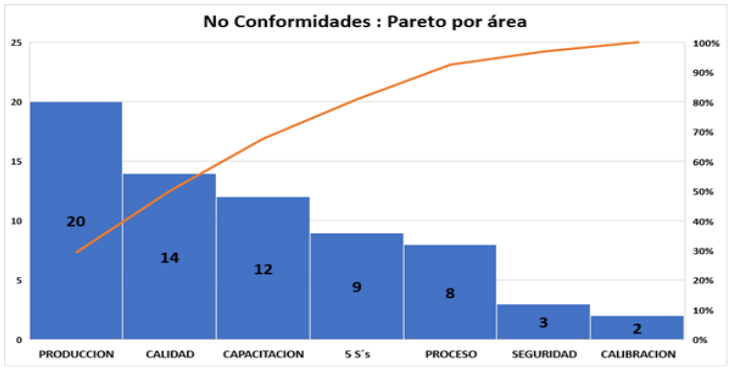


Gráfica 3. Conformidad SGE Marzo, Abril y Mayo 2019



Gráfica 4. Conformidad BOSCH Marzo, Abril y Mayo 2019

Después del primer mes de implementación de LPA´S los niveles de conformidad en diversas áreas tuvieron un descenso considerable, tal efecto significa que las auditorias detectaron problemas que con el antiguo sistema pasaban desapercibidos.



Gráfica 5. Cantidad de No conformidades en cada área con LPA´S.

 ISSN 2007-8102

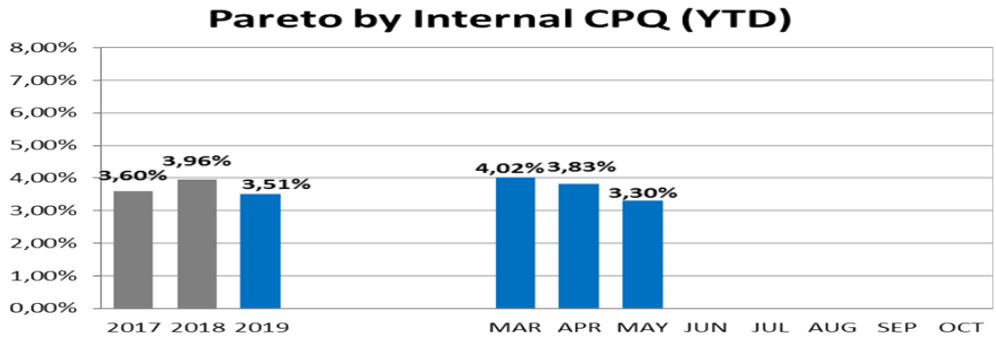


TOP 5 HALLAZGOS	
Hallazgo	Cantidad
Control de registros	10
Fichas de Instrucción	10
5 S´s en el área	9
Step Up/ Arranque de Turno	9
Alerta de Calidad	8

Gráfica 6. Cantidad de No Conformidades por cada reactivo.

Las cantidades de No Conformidades incrementaron cuando se comenzó con la utilización del *checklist* de LPA´s, pero el número de hallazgos fue disminuyendo conforme las acciones correctivas se implementaban.

Costo de No Calidad.



Gráfica 7. Conformidad por Producto en el mes de Enero 2019 (S/LPA´s)

Esta tabla demuestra la disminución de los costos de No Calidad durante los primeros tres meses con el sistema de LPA´s. Este costo aumenta o disminuye según la cantidad de quejas de Cliente que sean emitidas, lo cual demuestra que los resultados de las auditorias permiten reconocer los problemas de manera interna para atacarlos antes de que lleguen con el Cliente. Estos gráficos y tablas muestran como disminuyen o se mantienen los niveles de Conformidad desde que se implementó el Sistema de Auditorias LPA´S, obteniendo una mejor optimización de los procesos productivos.

Conclusiones

El objetivo principal del proyecto fue la implementación y el seguimiento constante a auditorias enfocadas a los procesos que tomen como base actividades específicas del mismo, y de esta manera poder tomar acciones correctivas y de análisis rápido y eficaz. Se realizó debido a que originalmente el sistema de auditorías se basaba en los parámetros de cada proceso, provocando que hubiera un gran número de *checklists* y que estos fueran difíciles y largos de realizar. Esta situación provocaba que los resultados arrojados por las auditorias tuvieran gran margen de error gracias al poco entusiasmo o falta de tiempo por parte del personal para realizarlas en tiempo y forma. El proyecto se desarrolló en un tiempo determinado de 4 meses y a partir de ahí se ha proporcionado el seguimiento constante y correcto para poder cumplir su función de manera eficiente.

Fue necesario hacer borradores sobre de los nuevos *checklist* tomando en cuenta la información que arrojaron las reuniones previas con los Ingenieros de Métodos. Los Animadores de Calidad fueron parte fundamental del proceso de creación de los nuevos *checklist*, ellos eran los encargados de trabajar en las mejoras, y luego de estimar una fecha, entregar un nuevo *checklist* para las auditorias de cada proceso. Siguiente paso fue la creación de un GAP Análisis y con esto se llegó a la conclusión de que había información suficiente para crear un *checklist* estándar que se pudiera aplicar en cualquier proceso de producción dentro de la planta, provocando que el proceso de auditoria fuera incluso más rápido y sencillo.

Se implementó un sistema electrónico, entregado a MONTIAC S.A. de C.V. Planta Torreón por Industrias Linamar S.A de C.V. en el que los resultados de las auditorias quedan archivados para emitir reportes cuando sea necesario. Este programa es una gran mejora frente al antiguo sistema ya que elimina por completo la necesidad de recolectar y capturar de forma manual los resultados semanales individuales de auditorías para poder emitir un resumen de resultados.

Finalmente, una vez a la semana se emite un reporte que indica el cumplimiento y conformidad semanal nivel planta y nivel área, las áreas con menor Conformidad y Cumplimiento, el número promedio de No Conformidades semanal y el Top de áreas con mayor número de No Conformidades.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, se implementó un nuevo calendario de auditorías más eficiente y junto con las modificaciones hechas al checklist, los niveles de conformidad y cumplimiento se normalizaron, permitiendo detectar No Conformidades de manera mucho más sencilla y atacarlas en el momento correcto.

Acrónimos

- **SMP-**Sistema robusto de auditorías para medir el porcentaje de conformidad de cada etapa de los procesos productivos en cada producto ya nivel planta: Parámetros de fabricación, estándares y procedimientos
- **LPA** : Layered Process Audit. Sistema de auditorías de procesos por capas.
- **GAP** Analysis (análisis de brecha). Servicio que permite identificar la distancia existente entre la organización actual de la seguridad de la información en la empresa y las buenas prácticas más reconocidas en la industria
- **SGC**. Sistema de Gestión de calidad
- Internal **CPQ**. Cost Production Quality. Costos internos de la no calidad
- **YTD**: Year-to-Date. Periodo de tiempo que comienza en el inicio del año en curso y termina en la fecha actual.

Referencias

1. Fernández, M. (2016). Nuevas tendencias en auditoría: análisis de datos y aseguramiento continuo. CISM, CGEIT, CGAP, CISA, CIA1. Instituto de Investigación en Ciencias Económicas y Financieras, 2016, pp. 193-208. Universidad La Salle Bolivia.
2. Parsowith, B. (1999). Principios Básicos de la Auditoria de la Calidad. Editorial Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid. España.
3. Peña, A. (2010). Auditoria un enfoque práctico. Ediciones Paraninto S.A. Madrid. España.
4. Yánez, J.; Yánez, R. (2012). Auditorías, Mejora Continua y Normas ISO: factores clave para la evolución de las organizaciones Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. III, núm. 9, julio-diciembre, 2012, pp. 83-92 Universidad de Carabobo. Carabobo, Venezuela
5. Norma internacional ISO 19011:2011. Directrices para la auditoria de los sistemas de gestión.
6. Norma Internacional ISO 9001:2018. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos
7. Norma del SGC Automotriz “IATF 16949:2016

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE EXISTENCIAS EN BODEGA DE PLÁSTICOS APLICANDO LA TÉCNICA ABC.

A. Lozano Santos[1], A. Márquez Sandoval[1], E. M. Parra Rozada[1], M. L. Hernández Lagunes[2]. A. Macgluf Issasi[3]
[1]Estudiante de la carrera de ingeniería industrial, Tecnológico Nacional de México; Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
[2]Academico Del Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México; Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
[3] Académico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Universidad Veracruzana
**monhernandez@uv.mx*
Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen — Este artículo presenta los resultados de investigación y aplicación de un sistema de control de inventarios en una bodega de plásticos. Se analizó y calculó la rotación de cada producto que se encuentra en la bodega y de esa manera se pudo identificar cuáles eran los niveles de demanda de cada uno de los artículos, obteniendo así una clasificación ABC de las existencias, la cual ayudó a asignar políticas a cada producto dependiendo de su categoría, con el objetivo de mejorar su gestión, rotación y distribución. Teniendo los productos clasificados se elaboró un software que gestiona de forma eficiente las existencias, esto mediante la utilización de un lenguaje de programación el cual es apoyado del programa NetBeans.

Palabra (s) clave— *Control de inventarios, Clasificación ABC, rotación, software de gestión de inventarios.*

Abstract — This article presents the results of research and application of an inventory control system in a plastic warehouse. The rotation of each product found it in the warehouse was analyzed and calculated and in that way, it was possible to identify what are the demand levels of each ítem, getting as a result an ABC classification of stocks, which helped to assign policies to each product depending of its category, with the objective to improve their management, rotation and distribution. After the products was classified, it was developed a software in order to manage efficiently the stocks, through the utilization of a programming language, which is supported by the program NetBeans.

Key Words — *Inventory control, ABC classification, rotation, inventory management software.*

1. Introducción

El control de inventario es el que se encarga de gestionar toda la información referente al inventario físico. Para poder realizar un conteo en un tiempo determinado y poder tomar decisiones a corto, mediano y largo plazo. Todo en función de los resultados que arroje el programa: es un mecanismo a través del cual, la organización administra de manera eficiente el movimiento y almacenamiento de mercancía, así como el flujo de información y recursos que resultan de ello.

Actualmente el control de inventario es un tema poco atendido por muchas PYMES. La obtención de utilidades reside en gran parte en la generación de ventas ya que son el motor de cualquier empresa. Sin embargo, si la gestión de inventarios no opera con efectividad, es posible que no

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

pueda cumplir con la demanda del producto. Esta situación puede provocar la disconformidad de un cliente, el cual puede optar por un competidor y dar como resultado la pérdida de utilidades.

Es así, que tanto la administración y gestión de existencias así como la venta de productos, se hace imposible si no se lleva una monitorización de los inventarios. El control y el manejo de los inventarios son imprescindibles para poder identificar qué productos tienen mayor demanda, y a partir de esto saber cuáles generan mayores ingresos, saber el tiempo de reabastecimiento de los productos, entre otros beneficios.

La gestión y control de inventarios es un proceso que tiene un gran impacto en todas las áreas operativas de una empresa y a su vez, es un aspecto primordial de la administración ya que, cuando no lo tienes controlado implica un alto costo y requiere una mayor inversión/efectivo.

Es por ello que, al contar con un sistema que pueda gestionar el inventario, se podrá controlar dos agentes importantes de decisión los cuales son: la clasificación del inventario y la confiabilidad en los registros, es decir, se tendrá información en tiempo real para saber la cantidad que se tiene en existencia, así como la correcta organización de cada uno de los productos que maneja dentro de la empresa.

Las empresas utilizan diferentes formas de gestión de su inventario según las características del modelo de negocio que posean. Existen diferentes formas de controlar y administrar las existencias de los inventarios dependiendo de las cantidades almacenadas y su clasificación. En esta investigación se utiliza el Método ABC, que es una técnica para segmentar las referencias de productos del almacén según su importancia en tres categorías, siguiendo un criterio. Esta clasificación ayuda a tomar decisiones y priorizar los recursos del almacén hacia los productos que más impacto tienen en los objetivos globales.

Mantener un inventario ya sea físico o lógico no es una tarea sencilla. Sin embargo con la ayuda de un sistema computarizado es posible manejar el inventario de una empresa de forma rápida y eficaz. Además, el tiempo de respuesta de los controles de inventario computarizados es mucho más rápido. Por lo que es posible reducir la carga de trabajo que se tenía con anterioridad durante el conteo manual del inventario.

Debido a lo anterior, el presente artículo tiene como objetivo presentar los resultados de la investigación y aplicación de un sistema de control de inventarios teniendo como base la técnica de clasificación ABC apoyado de un software programado por medio de un lenguaje de programación orientado a objetos (Java). Esto se realizó con la finalidad de optimizar la gestión de las existencias en la bodega de plásticos, abarcando entradas y salidas, para mejorar sus operaciones y ofrecer un mejor servicio al cliente. Dicha bodega anteriormente mencionada se encarga de resguardar cierta cantidad de mercancía con la que cuenta la micro empresa distribuidora de plásticos.

Para la realización del sistema de control de existencias se contemplaron los siguientes objetivos específicos: 1) Cuantificar cada uno de los productos existentes dentro de la bodega de plásticos, 2) Obtener información de cantidades compradas, usadas y sobrantes, 3) Calcular el porcentaje de utilización de cada producto, 4) Ordenar de mayor a menor (de acuerdo al porcentaje de utilización obtenido), 5) Obtener porcentajes acumulados, 6) Clasificar los productos en las diferentes tres categorías (A menor de 80%,B mayor de 80% < o = 95 %, o C > 95%) (Ver tabla 4). 7) Establecer políticas para hacer eficiente la gestión, rotación y distribución de los productos, 8) Crear un software que optimice el control de las existencias.

2. Desarrollo

Durante la investigación, se pudo identificar la inexistencia de un control de inventarios, ya que todos los productos no tenían un orden específico, lo que ocasionaba que cada vez que existía un

 ISSN 2007-8102

pedido, al trabajador se le dificultaba la búsqueda y selección del producto, aumentando así su tiempo de

entrega. Además se detectaron productos ocupando un espacio innecesario que podría ser utilizado por otros de mayor demanda.

Ante esta problemática, se implementó un control de inventarios basado en un análisis ABC, categorizado según la Clasificación de inventarios ABC, A. T. O. X. (2017) de la siguiente manera: [4]

Categoría A: Está conformada por los productos más valiosos, son bienes cuyo valor de consumo anual es el más elevado. Su valor generalmente oscila entre el 70% y 80% del valor total del inventario.

Categoría B: Son artículos de una clase media, con un valor de consumo medio y su valor se ubica entre el 15% y 25% del valor total.

Categoría C: Son artículos con el menor valor de consumo, representan la mayoría de volumen de inventario, pero son las unidades menor valor. Su valor se ubica entre 5% del valor total.

De acuerdo a las condiciones de la bodega, se utilizó el criterio de clasificación por utilización y valor.

José Antonio Domínguez, Santiago García, Antonio Ruiz, Miguel Ángel Domínguez y María José Álvarez. (1995) escriben que la implementación de este método se realiza mediante cuatro pasos. [5]

Paso uno: Obtención de datos.

Se recolectan los datos necesarios teniendo en cuenta diversa información, como lo es nombre del producto, precio, cantidad de existencia, cantidad vendida y cantidad sobrante.

Name	Description	Date	Dept.	Supplier	Price	Type	Exp/Renewal Date	Qty Purchased	Qty Used	Qty Remaining
BOTELLA -1L	PAQ 190 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 276.72	Botellas		2	0	2
BOTELLA -500ML	PAQ 190 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 247.41	Botellas		20	17	3
CR-5	PAQ 100 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 530.17	Tapas		15	0	15
CUCHARAS DE COLORES	PAQ 200 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 35.00	Cucharas		3	0	3
CUCHARAS PASTELERAS	PAQ 200 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 37.00	Cucharas		13	5	8
MANTEL BLANCO	1.50M	10/20/18	Bodega		$ 17.00	Mantel		14	0	14
MANTEL NEGRO	1.50M	10/20/18	Bodega		$ 20.00	Mantel		16	1	15
MANTEL VERDE	1.50M	10/20/18	Bodega		$ 17.00	Mantel		14	2	12
PLASTICO PROTECTOR	PAQ 1000AS	10/20/18	Bodega		$ 500.00	Pla-Prot.		3	0	3
PLATO DESECHABLE-CAJA	PAQ 50 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 42.00	Plato		6	2	4
PLATO DESECHABLE-CAJAG	PAQ 50 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 45.00	Plato		11	0	11
PLATO DESECHABLE-CHAROLA	PAQ 50 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 29.00	Plato		30	27	3
PLATO DESECHABLE-ONDO	PAQ 50 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 12.00	Plato		12	1	11
SELLO CLARO	PAQ 300 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 144.00	Sello		7	1	6
SELLO AMARILLO	PAQ 300 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 77.00	Sello		3	0	3
SELLO AZUL MARINA	PAQ 300 PZAS	10/20/18	Bodega		$ 144.00	Sello		9	0	9

Tabla 1 Datos generales

Paso dos: Ordenamiento de los datos.

Este paso consiste en ordenar los datos de mayor a menor (tomando como referencia la cantidad usada), para así tener una visión clara de los productos más requeridos y menos utilizados en la bodega.

Qty Purchased	Qty Used	Qty Remaining
73	67	6
40	33	7
30	27	3
20	17	3
20	17	3
13	5	8
7	4	3
25	4	21
6	4	2
15	3	12
12	3	9
18	2	16
6	2	4
20	2	18
17	2	15
3	2	1

Tabla 2 Acomodo de datos

 ISSN 2007-8102

Paso tres: Obtención del porcentaje de utilización.

En este paso se calcula el porcentaje de utilización en relación a la cantidad de un producto específico, sobre la cantidad total de los productos vendidos, multiplicados por 100. Los productos con mayor porcentaje representan aquellos que están siendo más demandados, mientras que los de menor porcentaje son los menos requeridos.

Qty Purchased	Qty Used	Qty Remaining	% de Utilización
73	67	6	32.37
40	33	7	15.94
30	27	3	13.04
20	17	3	8.21
20	17	3	8.21
13	5	8	2.42
7	4	3	1.93
25	4	21	1.93
6	4	2	1.93
15	3	12	1.45
12	3	9	1.45
18	2	16	0.97
6	2	4	0.97
20	2	18	0.97
17	2	15	0.97
3	2	1	0.97

Tabla 3 Porcentaje de utilización

Paso cuatro: Categorización de los artículos en las zonas correspondientes.

Una vez calculado el porcentaje de utilización se procede a obtener su porcentaje acumulado, para que con este pueda ser posible identificar la categoría a la que corresponde cada producto, y así poder establecer políticas de gestión para cada zona identificada.

Qty Purchased	Qty Used	Qty Remaining	% de Utilización	% Acumulado	Clasific.
73	67	6	32.37	32.37	
40	33	7	15.94	48.31	
30	27	3	13.04	61.35	
20	17	3	8.21	69.57	
20	17	3	8.21	77.78	A
13	5	8	2.42	80.19	
7	4	3	1.93	82.13	
25	4	21	1.93	84.06	
6	4	2	1.93	85.99	
15	3	12	1.45	87.44	
12	3	9	1.45	88.89	
18	2	16	0.97	89.86	
6	2	4	0.97	90.82	
20	2	18	0.97	91.79	
17	2	15	0.97	92.75	
3	2	1	0.97	93.72	
29	2	27	0.97	94.69	B
14	2	12	0.97	95.65	

Tabla 4 Artículos clasificados

Después de haber clasificado los productos mediante la técnica ABC y contar con la información de manera digital, fue diseñado un software para el control de inventarios a través de una programación orientada a objetos, la cual se apoyó del programa NetBeans. A través del cual la bodega de plásticos puede llevar la administración eficiente del movimiento y almacenamiento de las mercancías y del flujo de información que surge a partir de esto, permitiéndole contar con información en tiempo real para saber la cantidad que se tiene en existencia, así como el tener bien identificados cada uno de los productos que se maneja dentro de la empresa.

 ISSN 2007-8102

A continuación, se muestra el software diseñado con ayuda del programa NetBeans (Welcome to NetBeans): [6]



Figura 1: Menú Principal

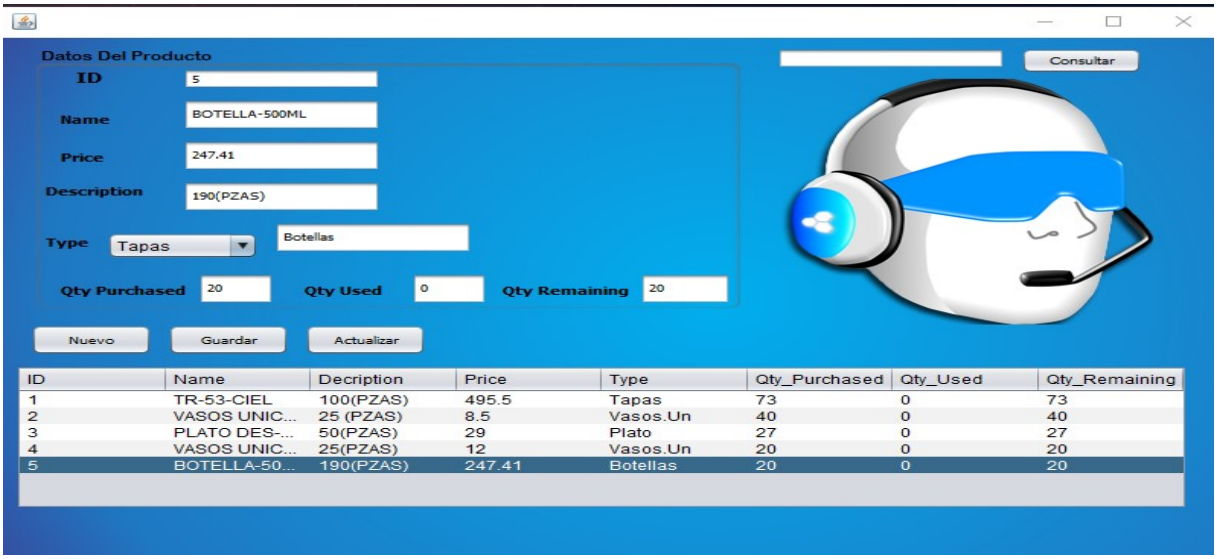


Figura 2: Registro del producto



 ISSN 2007-8102

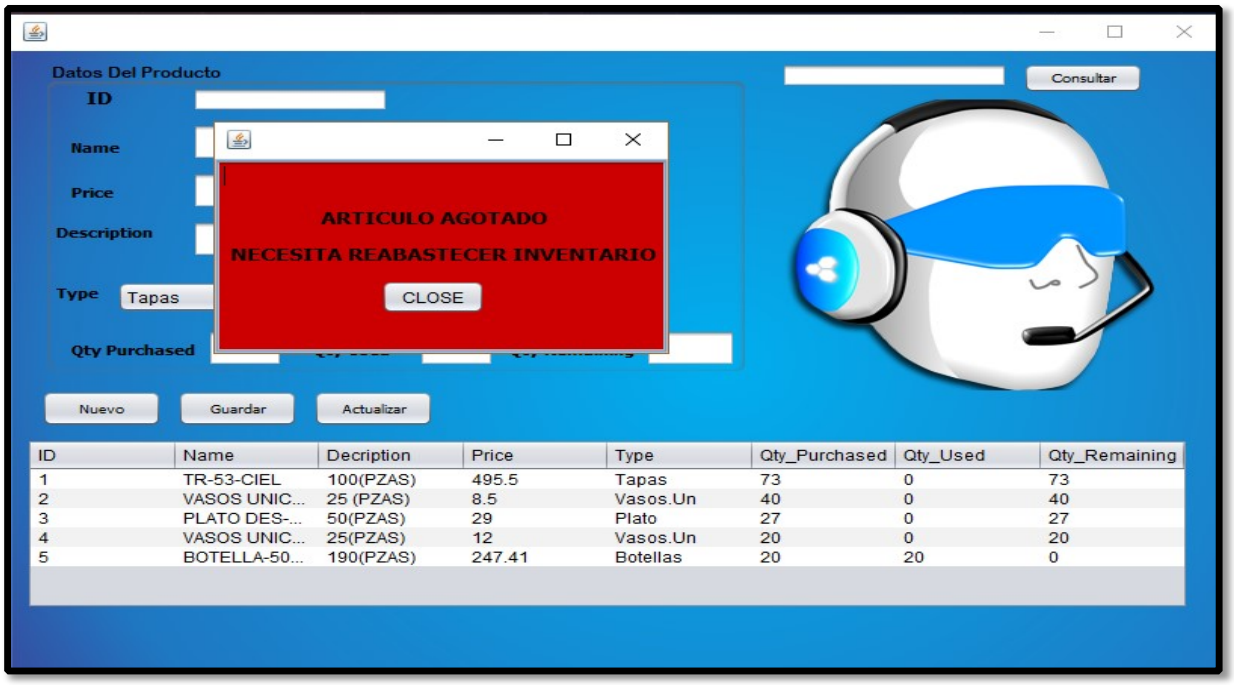


Figura 4: Visualización de advertencia de producto agotado.



Figura 5: Visualización de advertencia de inventario de reserva.

Algunos de los beneficios que tiene la bodega de plásticos al implementar un sistema para controlar sus existencias y según Confianza Online. (2013) [7] son:

- Detectar fácilmente artículos de lento movimiento.
- Liberar y optimizar el espacio en la bodega.
- Control de entradas, salidas y localización de la mercancía.
- Es posible identificar el flujo de venta de un determinado producto con sólo saber la cantidad de unidades vendidas en un determinado período de tiempo.
- Se puede monitorear e identificar cada producto disponible con sólo ingresar el código de este.
- Se evita el error humano a la hora de realizar cálculos sobre la cantidad de productos que quedan en función a la salida de ellos.

Resultados.

Posterior a la implementación del software en la bodega de plásticos y a la capacitación otorgada al dueño del local sobre su uso y manejo, se realizó una evaluación para medir el grado de mejoría en la bodega, estas mejoras se dieron en los aspectos de reducción del tiempo y la satisfacción del usuario.

La reducción del tiempo se dio de forma significativa ya que realizar el inventario de forma manual quedó atrás, dado que el software permite tener actualizados los datos de las existencias de todos los tipos de productos con los que cuenta, y así mismo, informar cuando se debe reabastecer o que el producto se encuentra agotado.

Anteriormente, el tiempo que se ocupaba en realizar el inventario era de 1 hora y 20 min, usando papel y lápiz. Para la implementación y llenado del software se ocuparon estos datos tomados, y el tiempo empleado en consultar las existencias de los productos fue de 8 min, por lo que esto representa una disminución de tiempo de 1 hora y 12 min, lo que equivale al 90%. Así mismo, se eliminó el uso del papel, ya que ahora todo es electrónico.

Trabajo futuro.

La implementación del software trajo consigo diversos beneficios para la bodega de plásticos, sin embargo no se consideraron otros factores al implementarlo, como pueden ser una mayor cantidad de recursos a emplear (de todo tipo), el capacitar al personal para conocer el funcionamiento del programa, etc. Es por ello que se debería realizar un análisis de costo-beneficio para la bodega, para que este ayude a determinar por completo la viabilidad de su implementación, ya que con los costos obtenidos se podría observar cuantitativamente el beneficio de su implementación y saber si es conveniente o no tenerlo.

Conclusión.

Según Conclusión y Recomendación de la Técnica ABC (2013) [8] y la investigación, trajo como resultado las siguientes conclusiones.

- La técnica ABC de los inventarios permite a la bodega de plásticos clasificar sus productos, los cuáles se dividen en los que mayor demanda tienen (A), mediana demanda (B) y baja demanda (C), por los que los productos de clasificación A se colocarían a la vista y alcance del dueño para su fácil ubicación y selección, los productos B serán colocados también al alcance, pero dando mayor prioridad a la clasificación A, y los productos de clasificación C se debe tener cuidado con estos ya que pueden no generar las ganancias suficientes y solo ocupar espacio, por lo que se tienen que crear estrategias para que estos salgan.
- Según Bind. (2018) un software de control de existencias permite disminuir el tiempo en el cual se realiza el inventario y eliminar el uso de papel en su realización, de igual forma, permite tener actualizada la información, por lo que la bodega siempre estará reabastecida.[9]

Referencias

- Gestión del stock, O. F. I. L. (2016, 2 marzo). Aplicación del método ABC en la gestión del stock de una farmacia comunitaria. Recuperado 25 junio, 2019, de http://www.revistadelaofil.org/aplicacion-del-metodo-abc-en-la-gestion-del-stock-de-una-farmacia-comunitaria/
- [5]José Antonio Domínguez, Santiago García, Antonio Ruiz, Miguel Ángel Domínguez y María José Álvarez. (1995). Planificación, programación y control de las operaciones. En Dirección de Operaciones (503). Aravaca (Madrid): Mc Graw Hill.
- [4]Clasificación de inventarios ABC, A. T. O. X. (2017, 2 octubre). Clasificación de inventarios ABC. Recuperado 25 junio, 2019, de http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/clasificacion-inventarios-abc
- Software Solutions, T. C. A. (s.f.). Beneficios del Sistema de Clasificación ABC como método de gestión de inventarios. Recuperado 25 junio, 2019, de https://www.tcass.com/menu-notas-de-interes/64-comercio/238-beneficios-del-sistema-de-clasificacion-abc-como-metodo-de-gestion-de-inventarios
- Sistema ABC, I. P. E. A. (2018, 25 junio). Clasificación de Inventarios. Sistema ABC.. Recuperado 25 junio, 2019, de https://www.ipeaformacion.com/logistica/clasificacion-de-inventarios-sistema-abc/
- [6]Welcome to NetBeans. (s.f.). Recuperado 25 junio, 2019, de https://netbeans.org
- Optimización industrial II: programación de recursos, Volumen 2 de Optimatización industrial, Eduardo A. Arbones Malisani, Eduardo A. Arbones Malisani, Eduardo A. Arbones, Marcombo, 1989.
- [7]Confianza Online. (2013). Optimiza la organización de tu almacén con el método ABC de inventarios. 2019, de SoftDoit S.L. Sitio web: https://www.softwaredoit.es/software-gestion-almacen-guias/metodo-abc-de-inventarios.html
- [8](2013). Conclusión y Recomendación de la Técnica ABC. de WordPress.com Sitio web: https://inventarioabc.wordpress.com/2013/11/21/conclusiones-y-recomendaciones/
- [9]Bind. (2018)¿Cuáles son los beneficios de tener un software de inventarios? de Minnt Solutions SA de CV. Sitio web: https://blog.bind.com.mx/cuales-son-los-beneficios-de-tener-un-software-de-inventarios

Factibilidad del consumo de energía eléctrica del alumbrado para exteriores empleando energías renovables en el ITVER.

K. A. Pérez Juárez[1], M. L. Hernández Lagunes[2], O. Pérez Arellano[2], E. Sánchez García[3], E. García Pérez[3].*
[1]Estudiante de la carrera de ingeniería industrial, Tecnológico Nacional de México; Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México; Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
[3]Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Tecnológico Nacional de México; Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
**kevinpj.97.22@gmail.com,*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En los últimos años, la utilización de energías renovables está teniendo un papel importante en los países desarrollados, dentro de la actividad productiva y social, ya que estas tecnologías ecológicas proporcionan una energía alternativa que no afecta al medio ambiente, generando ahorros significativos a quienes las utilizan, aumentando la eficiencia energética, y coadyuvando al desarrollo sustentable de las entidades. En todo el mundo hay un creciente interés en el uso de este tipo de energía; es por ello que, las Instituciones de Educación Superior deben formar a los jóvenes estudiantes para optimizar los procesos productivos a través del aprovechamiento de los recursos naturales, con el propósito de disminuir los costos por el uso de la energía eléctrica convencional y en la generación de dióxido de carbono (CO_2), principalmente. Los paneles solares son la solución más económica para iluminación en una institución pública debido a su fiabilidad y larga vida útil.

***Palabras clave**: LED Vs Halogenuro metálico, Iluminación LED, Panel solar.*

Abstract

In recent times, the usage of renewable energy plays an important role in the industrial and social sector in developed countries since these eco-friendly technologies provide an alternative energy that does not affect the environment, significantly generating savings to those who use it, increasing the energetic efficiency, and contributing to the sustainable development of the organizations. There is an expanding interest in the usage of this kind of energy around the world; for this reason, higher education institutions should educate students to optimize productive processes through use of natural resources with the purpose of decreasing costs due to the usage of conventional electrical energy and generation of carbon dioxide (CO_2), primarily. Solar panels are the most economical solution for illuminating public institutions because of its reliability, long durability, and adaptability considering that they can be used for multiple goals, all aimed at controlling and saving electrical energy consumption.
***Key words**: LED Vs Metal halide, LED lighting, Solar panel.*

Introducción

Debido a la evolución en tecnología LED que viene produciéndose desde que en el año 1997 se desarrollase en Japón la iluminación de luz blanca basada en LED [1], el mercado mundial está demandando con mayor intensidad la transformación de las fuentes de iluminación convencional a soluciones más eficientes y duraderas basadas en sistemas de iluminación LED. Este hecho provoca que el esfuerzo en I+D+i de las empresas del sector de iluminación se haya centrado principalmente en conseguir sistemas de iluminación con buenas prestaciones, altamente eficientes y que resulten asequibles [2]. La posibilidad de ofrecer soluciones con un alto rendimiento desde el punto de vista del ahorro energético eliminando costes de mantenimiento y ofreciendo un sistema duradero en el tiempo, ha convertido la tecnología LED en uno de los motores tecnológicos más competitivos y con mayor proyección de futuro en el sector de la iluminación. De esta manera, la eficiencia energética se concibe como una metodología para el análisis y tratamiento de los problemas del creciente consumo [3]. Se prevé que para el año 2020 el 75% de la iluminación esté basada en LED [4]. Hay que apuntar

 ISSN 2007-8102

también que esta tecnología contribuye directamente a combatir el cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de acuerdo con la decisión adoptada por el Parlamento Europeo el 17 de junio de 2010 [5]que ha fijado como objetivo para 2020, ahorrar un 20% de su consumo de energía primaria. En este sentido, la concienciación ciudadana ante el peligro del calentamiento global, sumado a una conducta más responsable en el consumo y la reducción de residuos tóxicos y peligrosos, han favorecido que desde los estratos políticos se impulsen medidas que ayuden a preservar el medioambiente y favorezcan la implantación de tecnología más ecológica [6] que resulte eficiente gracias al ahorro en el uso de los recursos naturales y la reducción de emisiones de CO_2 [7].
La eficiencia energética constituye una pieza clave en el desarrollo de las economías en los mercados globales. El sector de la iluminación podría ahorrar un 45% de la energía eléctrica consumida gracias a una mejor utilización de la tecnología LED [8]. Actualmente la utilización de las energías renovables especialmente la solar fotovoltaica está disponible para usos ilimitados, el presente proyecto ofrece una solución factible para el alumbrado exterior en el Instituto Tecnológico de Veracruz, al ofrecer una luminaria basada en tecnología LED [9], alimentada mediante un panel solar y una batería, buscando mantener la eficiencia energética.

Metodología

Cálculo del sistema de alumbrado fotovoltaico para la calzada estudiantina en el ITVER

Actualmente, en la Calzada se encuentran conectadas 5 luminarias, a una altura de 6 metros, las cuales no están distribuidas de forma equivalente y la cantidad del flujo luminoso que incide tampoco. Dejando diferentes partes a lo largo de la misma en oscuridad, dificultando el trayecto en ella en cuanto las horas van avanzando.

Con la ayuda de un luxómetro y acorde a la norma “NOM-025-STPS-2008” se realizaron tres mediciones en cada una de las zonas o plano de trabajo. En la tabla 1 muestra las distancias entre cada luminaria y los valores obtenidos de las mediciones en cada una de ellas.

No. de Zona de trabajo	Primera medición	Distancia de medición	Segunda medición	Distancia de medición	Tercera medición	Distancia de medición
Zona 1	22 lx	1 m	12 lx	3 m	6 lx	6 m
Zona 2	23 lx	1 m	11 lx	3 m	8 lx	6 m
Zona 3	15 lx	1 m	8 lx	3 m	2 lx	6 m
Zona 4	14 lx	1 m	5 lx	3 m	1 lx	6 m
Zona 5	20 lx	1 m	14 lx	3 m	5 lx	6 m
Zona 6	19 lx	1 m	10 lx	3 m	4 lx	6 m

Tabla 1. Luxes emitidos por las luminarias en la calzada del I.T.VER

Acorde a los resultados, actualmente el diseño que se encuentra conectado no cumple con las especificaciones de la “NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”, ya que el nivel mínimo de iluminación que debe incidir en el plano de trabajo de acuerdo a la tabla 2 de la NOM-001-SEDE-2012, es el siguiente:

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Area de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50

Tabla 2. Niveles de Iluminación en puestos de trabajo, tomada de la NOM-001-SEDE 2012.

 ISSN 2007-8102

Propuesta de distribución de luminarias

Mediante el programa de Dialux se realizó el levantamiento de los edificios que se encuentran a lo largo de la calzada y también de las áreas verdes cercanas al sitio. En la figura No. 1 se muestra un poco del diseño en 3D mencionado.

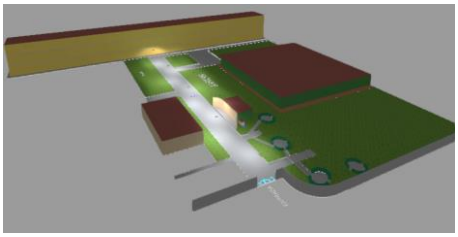


Figura No. 1 Vista 3D de la Calzada, tomada del programa Dialux evo 8.1

La propuesta de distribución fue realizada con el mismo programa y en el se determinó que la posición más adecuada es la llamada: Bilateral Tresbolillo. Se considera instalar un total de 8 luminarias a una distancia de separación entre cada una de ellas de 9.60 metros y a una altura de 6 metros. Se efectuaron las simulaciones para los valores de iluminación requeridos por la norma y con apoyo del catálogo de philips se estableció el modelo ideal el cual es, “Luma BGP621 T25 1 xLED119-4S/740” gracias a la tecnología led podemos instalar lámparas con menos potencia, pero más eficiencia fotométrica.

Cálculo de paneles solares

Se requirieron de dos datos fundamentales los cuales son 1) la energía necesaria a suministrar, 2) la radiación incidente en el sitio donde se desarrollará el proyecto. El primero va a depender del total de carga que se tenga conectada, para esto se presenta la tabla 3, la cual muestra el total del consumo energético que cada una de las luminarias tendrá, todo esto en KWh/d.

Carga	Watts (c/u)	Watts totales	h De Uso Diario	KW/d por lámpara	KW/d total
8 luminarias LED	150	1200	10	1.5	12

Tabla 3. Consumo energético de las lámparas seleccionadas.

Conociendo el consumo energético de cada una de las luminarias, el cual es 1.5 kW-hr/día y considerando una eficiencia del inversor y del panel del 97%. La energía generada necesaria de acuerdo a las pérdidas totales es la siguiente:

$$Energia\ generada\ necesaria\ (Egn) = \frac{Energia\ consumida}{factor\ de\ rendimiento} \qquad Egn\ = \frac{12\ KWh/d}{0.94} = 12.765 \frac{KWh}{d}\ en\ total.$$

En cuanto a la radiación incidente en el sitio los valores de horas promedio de insolación de cada mes se obtienen de la página de la NASA, ya que la latitud de la zona en donde se instalarán los paneles es de 19 °, se selecciona los valores de la opción mostrada en la tabla 4.

PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
SI_EF_TILTED_SURFACE_0	3.63	4.01	4.8	5.25	5.43	5.05	5.24	4.93	4.42	4.23	3.92	3.42	4.53
SI_EF_TILTED_SURFACE_19	4.2	4.39	4.98	5.16	5.09	5.04	5.2	4.76	4.47	4.54	4.51	4	4.69
SI_EF_TILTED_SURFACE_34	4.4	4.44	4.84	4.79	4.57	4.76	4.88	4.37	4.27	4.53	4.7	4.22	4.56
SI_EF_TILTED_SURFACE_4	3.77	4.12	4.87	5.27	5.39	5.08	5.26	4.92	4.46	4.32	4.07	3.57	4.59
SI_EF_TILTED_SURFACE_90	3.15	2.73	2.42	1.81	1.55	2.14	2.06	1.61	2.04	2.64	3.25	3.07	2.37

Tabla 4. Valores de Insolación por mes, resultados tomados de https://power.larc.nasa.gov

 ISSN 2007-8102

De acuerdo a los valores entregados por la página, se debe seleccionar el mes con menor irradiación solar, el cual es diciembre con 4 horas pico. Para calcular el número de paneles necesarios se utilizan los valores previamente calculados y el valor de la potencia máxima del panel la cual se encuentra en la ficha técnica del mismo**,** figura No. 2. El panel solar propuesto es Trina Solar Mono de 375W con TS4 SMARTready, sus características son las siguientes:

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P_{MAX} (Wp)*	340	345	350	355	360	365	370	375
Power Output Tolerance-P_{MAX} (W)	0 ~ +5							
Maximum Power Voltage-V_{MPP} (V)	38.2	38.5	38.7	38.8	39.0	39.3	39.7	40.0
Maximum Power Current-I_{MPP} (A)	8.90	8.96	9.04	9.14	9.24	9.30	9.33	9.37
Open Circuit Voltage-V_{OC} (V)	46.2	46.7	47.0	47.4	47.7	48.0	48.3	48.5
Short Circuit Current-I_{SC} (A)	9.50	9.55	9.60	9.65	9.70	9.77	9.83	9.88
Module Efficiency η_m (%)	17.5	17.7	18.0	18.3	18.5	18.8	19.0	19.3

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: ±3%.

Figura No. 2 Características del panel seleccionado, tomada de https://www.exelsolar.com/Multimedia/FichaTecnica/TSM-370MT_FichaTecnica.pdf

Selección del inversor

Se tomó como base la potencia que nos van a entregar los paneles (Wp) ya que por medio de la misma es como comercialmente se les puede encontrar con la potencia de nuestro inversor se determina la forma en la que se tienen que conectar nuestros paneles, ya sea en serie o paralelo, esto nos lo determina el voltaje de salida del panel y el voltaje mínimo requerido en nuestro inversor para poder funcionar. En la figura 3 se muestra la hoja de datos del inversor Sunny Boy 3.0. El voltaje máximo de entrada de nuestro inversor es de 600 y cada panel nos proporciona 40 V por lo que nuestros paneles en serie podrán tener el siguiente voltaje:

$$Numero\ de\ paneles = \frac{Energia\ necesaria}{(Potencia\ maxima\ del\ panel)(Hora\ solar\ pico)}$$

$$Numero\ de\ paneles = \frac{12.765\ KWh/d}{(.375KW)(4\ h/d)} = 8.51 = 9\ Paneles\ en\ total.$$

$$Potencia\ en\ Wp = (375\ Wp)(\ 9\ paneles) = 3375Wp$$

$$Voltaje\ de\ paneles\ en\ serie = (40\ V)(9) = 360\ V$$

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0
Entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp
Tensión de entrada máx.	
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	
Tensión de entrada mín./de inicio	
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	
Frecuencia de red de CA/Rango	
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	
Corriente máx. de salida	16 A
Factor de potencia a potencia asignada	
Factor de desfase ajustable	

Figura No. 3 Características técnicas del inversor SUNNY BOY 3.0, tomada de https://files.sma.de/dl/28329/SB30-50-DEN1721-V24web.pdf

 ISSN 2007-8102

Comparación de tecnologías y criterios de análisis

El método de evaluación de la iluminación LED respecto a los sistemas tradicionales consiste en la comparación de parámetros técnicos relevantes como: La eficiencia, luminosidad, vida útil de la luminaria ya dependencia con la temperatura. Con este objetivo se ha procedido a comparar varios tipos de lámparas comerciales de halogenuros metálicos (400W HPI plus Philips), fluorescencia con tubos TL5 (4x80W Master TL5 HO 80W/840 1SL Philips), fluorescencia por inducción (250W Icetron Sylvania-Osram) y LED (150W Luma BGP621 Philips). Se han descartado las lámparas de vapor de sodio por su bajo índice de reproducción cromática (CRI) que limita su uso a iluminación de exteriores.

Comparativa de la eficiencia

La figura 4 muestra la eficiencia (lm/W) de cuatro tecnologías disponibles en el mercado. Los valores de la figura muestran una diferencia significativa entre la eficiencia lumínica del LED respecto al resto de tecnologías analizadas, a pesar de que la potencia de este sea menor. Actualmente tan solo algunos tipos de lámparas de vapor de sodio pueden alcanzar eficiencias equiparables al LED, aunque su aplicación principal es la iluminación vial.

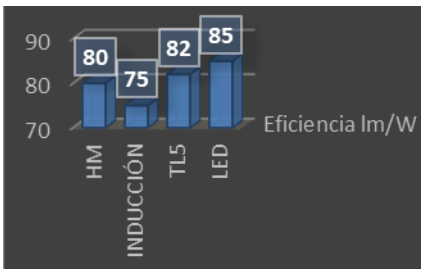


Figura No. 4 Comparación de la eficiencia (lm/W) de cuatro tecnologías comercialmente disponibles: HM, Inducción, TL5, LED. Fuente: Elaboración propia.

Comparativa de luminosidad incluyendo luminarias

La distribución radial de la luz en las lámparas de halogenuro metálico y fluorescencia, precisa de reflectores para redirigir el flujo luminoso hacia los puntos de interés. En función del tipo de luminaria, eficiencia del reflector y las condiciones de operación del LED, se ha definido un coeficiente de eficiencia lumínica LOR (light output ratio).

Este coeficiente puede variar ampliamente en las lámparas con distribución radial desde un 60-75% del flujo luminoso mientras que, en el LED por su distribución direccional, el aprovechamiento es óptimo con LOR próximo a 1. Además del coeficiente de eficiencia lumínica de la luminaria, se ha analizado en la Fig. 6 la evolución del flujo luminoso en función del tiempo, a partir de las gráficas de depreciación lumínica de las lámparas proporcionadas por los fabricantes. La Fig. 5 muestra que todas las tecnologías experimentan una depreciación de la luminosidad con el tiempo. La tecnología de halogenuros metálicos (HM) es la que experimenta un decaimiento más acentuado y menor duración. Tanto en la fluorescencia TL5 como en la inducción, se produce un fuerte decaimiento inicial que posteriormente reduce su pendiente de caída. Al llegar a las 20kh se produce el fin de vida del TL5. En el caso de 200W LED y 4xTL5 80W partiendo de una luminosidad similar se observa que la mayor pendiente inicial de caída en el TL5 origina que el flujo luminoso se reduzca antes que en el LED, cuya pendiente es menor. Las dos tecnologías más duraderas son la inducción y el LED. La gran desventaja de la inducción es que no mejora la eficiencia de la fluorescencia TL5. En comparación con el resto de tecnologías analizadas, el LED se comporta de un modo uniforme con mejor eficiencia, menor decaimiento y mayor duración.

 ISSN 2007-8102

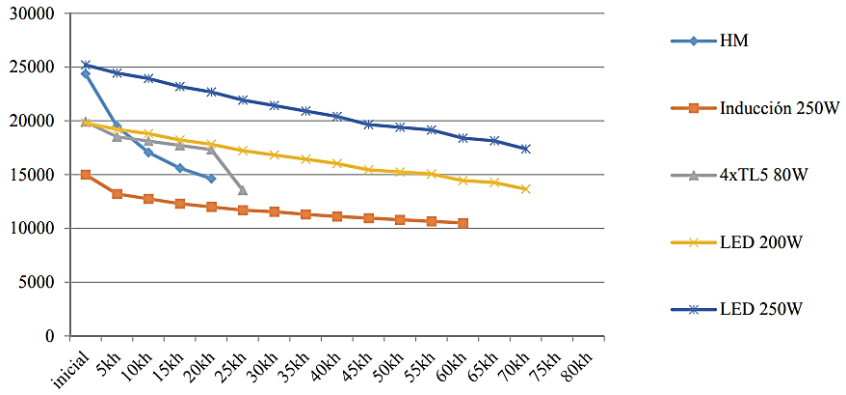


Figura No. 5 Gráfica comparativa de depreciación lumínica (lm) entre luminarias. Fuente: Elaboración propia.

Comparativa de la influencia de la temperatura entre luminarias

Las lámparas de halogenuros metálicos alcanzan altas temperaturas de más de 250°C. Esto provoca un alto calentamiento del ambiente de trabajo, lo cual puede llegar a ser un problema. Un aumento de la temperatura ambiente aumentará la tensión y la potencia en la lámpara ocasionando un fallo prematuro de la misma. Las lámparas de inducción o fluorescentes T5 utilizan amalgamas y gas con mercurio que son fuertemente dependientes de la temperatura ambiente, ya que alcanzan su máximo flujo luminoso en torno a los 35°C. Temperaturas superiores a 50°C provocan un descenso acusado de la luminosidad por la reabsorción ultra violeta en el mercurio.

Las luminarias LED propuestas están diseñadas de forma que disipen el calor emitido por los LED al ambiente, manteniendo temperaturas de operación seguras de la unión semiconductora Tj<85°C con objeto de evitar el decaimiento lumínico por exceso de temperatura y reducir el envejecimiento del LED. Un diseño térmico eficiente garantizará una temperatura adecuada en las condiciones ambientales especificadas.

Comparativa de luminarias LED solares

Para una mejor toma de decisiones, se realizó un comparativo entre los costos de las luminarias led solares existentes en el mercado que se adecuan a los requerimientos de la institución, los datos técnicos fueron analizados del catalogo fotovoltaico de la empresa “indisect” (ingeniería y diseño de sistemas fotovoltaicos), los precios se muestran a continuación en la figura 6.

Caracteristicas	Modelo IU-32-130	Modelo IU-42-150	Modelo IU-60-200	Modelo IU-80-305
Potencia de la Lámpara indisect®	**32w**	**42w**	**60w**	**80w**
Flujo luminoso Total	2880lm	4140lm	5850lm	8050lm
Flujo luminoso Percibido	4050lm	5636lm	8030lm	11202lm
Ángulo de Iluminación	120° X 60°	120° X 60°	120° X 60°	120° X 60°
Sistema para administración de energía	15Amp/12Vcd	15Amp/12Vcd	15Amp/12Vcd	15Amp/12Vcd
Temperatura del color	6000K	6000K	6000K	6000K
Capacidad del Sistema de Almacenamiento	100Ah	115Ah	230Ah	345Ah
Sistema administrador de Energía MPPT	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido
Capacidad del sistema de control MPPT	15AMP, 12 VCD	15AMP, 12 VCD	15AMP, 12 VCD	15AMP, 12 VCD
Dias de Autonomía en Máxima Carga	2-3 Dias	2-3 Dias	2-3 Dias	2-3 Dias
Separación inter postal recomendada	15M	17M	22M	25M
Altura recomendada del poste	6m	8m	8m	9m

Lista de Precios Línea Urbana

Luminarias Solares

MODELO	CÓDIGO	PRECIO
modelo 1	IU-32-130	$15,039.04 +IVA
modelo 2	IU-42-150	$17,240.59 +IVA
modelo 3	IU-60-200	$21,036.10+IVA
modelo 4	IU-84-305	$27,622.86 +IVA

Figura No. 6 Precios y especificaciones de iluminarias LED solares. Fuente: https://www.indisect.com/wp-content/uploads/2017/04/CATALOGO-FOTOVOLTAICO-WEB.pdf

Resultados y discusión

Veracruz, Ver., por su ubicación cuenta con un recurso solar eficiente, pues la irradiación solar promedio anual que recibe es de 5,08 kWh/m^2 por día, por lo que su aprovechamiento es de alto impacto.

Ahora bien, ecológicamente se tiene que por cada 494.37 kW de energía limpia generada, se reduce una tonelada de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) hacia la atmosfera equivalente a $667.41 pesos, lo que es igual a reducir la utilización de 2.6 barriles de petróleo para la generación de energía eléctrica. Otro aspecto importante es la no emisión de residuos tóxicos peligrosos (RTP) como el mercurio. Por ejemplo, cada bombilla Philips MASTER HPI Plus 400W/645 BU-P E40 1SL contiene 67,2 mg.

Costo-beneficio

- Actualmente el costo aproximado de ensamblar nuestra propia luminaria con las especificaciones propuestas es de $10,000 ya que los componentes son de alta calidad, lo cual ya representa una diferencia de $5039,00 por luminaria, a si se adquirieran con la empresa “Indisect”
- Beneficio: Tendrá una durabilidad de 10 años

Las ventajas de las luminarias: Por la cantidad de Leds, hay una mayor expansión de lúmenes, no requiere tendido eléctrico y puede ser instalada en cualquier sitio. No hay restricciones de aplicación ya que opera silenciosamente y es completamente compatible con la ecología del lugar donde se instalan. La operación y el mantenimiento de la luminaria solar se realizan al menor costo y su mantenimiento es casi nulo.

Trabajo a futuro

Como parte de un proyecto más robusto y con posibilidades de crecimiento para ampliar su uso y los beneficios que con ello traerá, se pretende realizar las cotizaciones para una mayor cantidad de luminarias y así obtener mejores precios. De esta manera permitirá hacer cálculos financieros como la TIR ya que estadísticamente hablando la reducción del coste total de propiedad en comparación con las tecnologías de iluminación tradicionales pueden producir retornos de la inversión inferiores a dos años [10].

Conclusiones

La realidad del cambio climático hace que el uso de la energía a escala global se encuentre bajo intenso debate. La iluminación es uno de los usos más básicos de la energía en la humanidad. Hoy, la iluminación se traduce en un 19% del consumo de la electricidad mundial, la iluminación en estado sólido surge como una tecnología alternativa en iluminación con una amplia variedad de aplicaciones, donde los diodos emisores de luz LEDs son de este tipo de tecnología con una mayor disponibilidad en el mercado, ofrecen una gran variedad de ventajas sobre las otras tecnologías de iluminación tradicionales, desde la eficiencia, solidez y longevidad hasta la capacidad de generar de manera directa una gran cantidad de colores. Los LEDs están reemplazando rápidamente a otras fuentes de iluminación, por lo que en un sistema de iluminación representa un beneficio a la sociedad.

El reciente desarrollo de tecnología LED para aplicaciones de alta eficiencia en iluminación ofrece la posibilidad de optimizar los costes de energía eléctrica reduciendo en torno a un 50% el consumo energético. Desde el punto de vista medioambiental, la tecnología de iluminación LED contribuye en la reducción de las emisiones de CO_2 y en la eliminación de residuos tóxicos como es el mercurio.

Referencias

[1] Taguchi, T., Present status of energy saving technologies and future prospect in white LED lighting. IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 3 (1), pp. 21-26, 2008. DOI: 10.1002/tee.20228.

[2] Faranda, R., Guzzetti, S., Lazaroiu, C. and Leva, S., LEDs lighting: Two case studies. UPB Sci. Bull. Ser. C. 73 (1), pp. 199-210, 2011.

[3] Carrillo, G., Andrade, J., Barragán, A. and Astudillo, A., Impact of electrical energy efficiency programs, case study: Food processing companies in Cuenca, Ecuador. DYNA, 81 (184), pp. 41-48, 2014. DOI: 10.15446/dyna.v81n184.40821

[4] Philips., Convierta la oficina en un lugar agradable Soluciones LED, para crear lugares de trabajo estimulantes y ecológicos [En línea]. [Fecha de consulta, 9 de enero de 2014]. Disponible en: http:// www.lighting.philips.es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Le ds%20en%20oficinas.pdf

[5] Parlamento Europeo, Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, [en línea]. [fecha de consulta: 9 de enero de 2014]. Disponible en: http://www.boe.es/doue/2009/140/L00136-00148.pdf

[6] European Comission., Recast of the RoHS Directive [Online]. [Date of reference: april 2nd of 2014]. Available at: http://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/

[7] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España., Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. [En línea]. [fecha de consulta: 15 de enero de 2014]. Disponible en: http://www.idae.es/index.php/id.663/mod.pags/mem.detalle

[8] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España., El sector de la iluminación podría ahorrar un 45% de la energía eléctrica consumida, con una utilización profesional de la nueva tecnología leds. [En línea]. [fecha de consulta: 15 de enero de 2014]. Disponible en: http://www.idae.es/ index.php/id.99/mod.noticias/mem.detalle

[9] De la Fuente Borreguero Carlos, Guervós Sánchez Esther, Propuestas de mejora de la eficiencia energética en instalaciones existentes de alumbrado público, Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Volumen XI, Año 2013, SEPARATA, Villanueva de la Cañada, España (2013). http:// www.uax.es/publicacion/propuestas-de-mejora-de-laeficiencia-energetica-en-instalacionesexistentes.pdf

[10] Schratz, M., Gupta, C., Struhs, T.J. and Gray, K., Reducing energy and maintenance costs while improving light quality and reliability with led lighting technology. Pulp and Paper Industry Technical Conference (PPIC), Conference Record of 2013 Annual IEEE, United States, IEEE, 2013, pp. 43-49. DOI: 10.1109/PPIC.2013.6656043

[11]Serrano-Tierz, Ana, Martínez-Iturbe, Abelardo, Guarddon-Muñoz, Oscar, Santolaya-Sáenz, José Luis, Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. Dyna [en linea] 2015, 82 (Junio-Sin mes) : [Fecha de consulta: 1 de julio de 2019] Disponible en:<http:// www.redalyc.org/articulo.oa?id=49639089029> ISSN 0012-7353

Evaluación de la eficiencia en la perforación de barrenos con máquina en una mina subterránea mediante simulación

J. E. Valtierra Olivares[1], J.C. Baltazar Vera [1], I. López Báez[1], M. A. Corona Arrollo[1], O. Martínez Jiménez[2]*
[1]Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato, Ex-Hacienda San Matías s/n; C.P. 36000, Guanajuato, Gto.
[2]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del ISTMO, Carretera Panamericana Km. 821, Hac. Juchitán de Zaragoza Oax. C.P: 70000
**valtierra.je@ugto.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se realiza una evaluación de la eficiencia en la operación de perforación de barrenos en una mina subterránea, mediante toma de tiempos estándar y simulación. Este estudio considera todas las actividades que realiza el operador de la máquina perforadora de barrenos (Jumbo) para desempeñar su trabajo. Para este análisis se considera la jornada de trabajo, esta empieza desde el traslado de la aduana a mina, luego de mina al lugar de trabajo y al final de la jornada el regreso a la aduana. Para analizar la variación presente en este proceso de perforación de barrenos se utiliza simulación, con el objetivo de evidenciar la dinámica que se vive el día con día en una mina subterránea. Los resultados del estudio se concentran en tres grandes rubros, estos son el tiempo de traslado del operador, los tiempos de operación de perforación de barrenos, y por último los tiempos muertos los cuales son considerados como actividades que no agregan valor pero que son necesarios para realizar el trabajo, como puede ser demoras, fallas de máquina, sin actividad, re-trabajos, falta de herramental, etc. Los resultados demuestran que se destina en promedio un 23% del tiempo disponible al traslado del operador en mina, un 22% al tiempo de operación de perforación de barrenos con jumbo, para las actividades de pueble (Junta) y comida se destina un 15% del tiempo, y un 40% restante al tiempo muerto.

***Palabras clave**: Perforación de barrenos, Mina subterránea, Simulación, Estudio de tiempos.*

Abstract

An evaluation of the efficiency in the drilling operation of holes in an underground mine is made, by taking standard times and simulation. This study considers all the activities carried out by the operator of the hole drilling machine (Jumbo) to perform its work. For this analysis the working day is considered, this starts from the transfer of the customs to mine, then from mine to the place of work and at the end of the day the return to customs. To analyze the variation present in this drillhole drilling process, simulation is used, with the objective of demonstrating the dynamics that are experienced daily in an underground mine. The results of the study are concentrated in three major areas, these are the operator's transfer time, drill hole drilling times, and finally the downtime which are considered as activities that do not add value but are necessary for perform the work, such as delays, machine failures, no activity, re-jobs, lack of tooling, etc. The results show that an average of 23% of the time available is allocated to the transfer of the operator to the mine, 22% to the operation time of drilling holes with jumbo, for the activities of the people (Board) and food a 15% is destined. of time, and a remaining 40% dead time.

***Key words**: Drilling of holes, Underground mine, Simulation, Time study.*

Introducción

El sistema de extracción de rocas por perforación y voladura es un sistema muy utilizado tanto en obra civil como en minería, ya sea de interior o de superficie y que plantea una alternativa eficaz y rentable en muchos casos. El Ciclo completo de explotación por perforación y voladura consta de las siguientes fases: 1.- Perforación, 2. Voladura, 3. Carga y acarreo, 4. Planta de tratamiento del mineral o roca, 5. Apilado y clasificación. González [2016].

En la fase de perforación se realiza la barrenación en la roca utilizando brocas, barras y el Jumbo, después en la fase 2 se realiza la carga de explosivos en los barrenos hechos en la actividad anterior y se hace la voladura, en la fase 3 se carga la roca o mineral en camiones de acarreo los cuales lo retiran del interior de mina y lo llevan a la planta de beneficio, en la fase 4 el mineral se procesa en la planta de beneficio y en la fase 5 el concentrado de mineral almacena y se clasifica de acuerdo a sus características. Dentro de este sistema de explotación hay que diferenciar claramente las dos etapas principales, que están íntimamente relacionadas pero son independientes. La perforación es la primera etapa y la voladura la segunda, ambas están directamente vinculadas, ya que una mala perforación condiciona casi toda la seguridad de una mala voladura.

En las minas subterráneas se conoce a la máquina perforadora de barrenos como jumbos. Los jumbos de perforación son equipos de exploración cilíndricos que se emplea tanto en minería subterránea, voladuras de avances en túneles principalmente, como en trabajos en superficies como la apertura de boca de mina o tareas de saneamiento para trabajos de minería subterránea (ver figura 1).



Figura 1. Jumbo de perforación para mina subterránea

Evaluar la productividad en una empresa del sector minero es complicado, porque los procesos son variables y dinámicos, y las condiciones de trabajo constantemente están cambiando, es por esta razón que se propone utilizar la simulación para evaluar y analizar las eficiencias de los tiempos de cada actividad considerando la aleatoriedad que se presenta en los procesos mineros.

La competitividad mundial ha provocado que las empresas deban optimizar sus procesos con el objetivo de obtener una mayor rentabilidad y lograr mantenerse dentro de este mundo competitivo. La simulación permite realizar un análisis completo del área de estudio, de una manera visual y estadística con el objetivo de determinar si éste logrará la mejora de las medidas de desempeño claves del área, en caso de tener varias alternativas de mejora, se puede determinar cuál es la mejor F. Ortiz, I. Sánchez, M. Arrioja, C. Sánchez y G. Rodríguez (2011).

Para realizar el presente trabajo se utilizó la metodología de simulación propuesta por Law y Kelton (2007), que incluye la definición del problema, recolección y análisis estadístico de los datos del sistema, determinando las medidas de desempeño a evaluar, construcción del modelo de simulación (uso de ProModel), verificación y validación del modelo, diseño de experimentos para determinar el número óptimo de corridas y el análisis de las alternativas que se proponen. El objetivo de aplicar la simulación es considerar las variaciones dinámicas de los tiempos tomados en cada una de las actividades que realiza el operador en combinación con el jumbo, con la finalidad de obtener los porcentajes de utilización del operador y la máquina, los tiempos de traslado y los tiempos muertos tanto del personal como del equipo en la mina.

Descripción de las actividades que realizan el operador de la máquina de perforación de barrenos durante una jornada de trabajo

El turno de trabajo de un operador empieza a las 7:00 am y termina a las 17:30, la jornada de trabajo es de 10.5 horas, sus actividades empiezan en la aduana de la empresa minera, aquí toman el transporte que los lleva a la mina, después se realiza el pueble (Reunión para informar a los operadores las tareas a realizar ese día en la mina), al terminar el pueble se trasladan al lugar trabajo los cuales pueden ser frentes o rebajes por ejemplo.

Es aquí donde empiezan los preparativos para hacer la perforación de barrenos, se acerca el jumbo y los servicios de agua y aire comprimido a la frente, después se hacen las conexiones y los ajustes necesarios en la máquina. durante la jornada de trabajo el operador toma una hora de comida, al finalizar el proceso de perforación se retiran los servicios y la máquina perforadora a un lugar seguro para que posteriormente se haga la voladura de la frente o rebaje, en esta operación el especialista en voladura realiza la colocación de los explosivos y ejecuta la detonación, la hora de la voladura está programada a las 16:15, antes de esa hora todo el personal debe estar saliendo de la mina por cuestiones de seguridad, al terminar el operador es trasladado a mina y después a la aduana, terminado su jornada laboral a las 17:30.

Metodología de simulación

Los modelos de simulación se diseñan para que el analista observe las características del sistema que se representa en el modelo simulado y de esa manera sea tomada la mejor alternativa de solución al problema. La metodología de simulación utilizada para la realización de este proyecto es la propuesta por Law y Kelton (2007), la cual se menciona a continuación:

- Formulación del problema.
- Planeación del estudio del modelo de simulación.
- Recolección de datos para el modelo.
- Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema
- Construcción del modelo de simulación.
- Verificación del modelo de simulación
- Validación del modelo de simulación.
- Realización de corridas del modelo de simulación.
- Realización del análisis y documentación de resultados.

Formulación del problema

Se desea conocer la eficiencia real del proceso de perforación de barrenos considerando todas las actividades que realiza el operador del jumbo durante toda la jornada de trabajo. En un párrafo anterior se mencionó que las operaciones de barrenación y voladuras son primordiales en la minería tanto a cielo abierto como en subterránea, pues se requiere barrenar una cantidad de orificios en base a una plantilla diseñada por el Ingeniero de Minas, para posteriormente colocar los explosivos y realizar la voladura, el resultado de estas operaciones es el mineral que será procesado en la planta de beneficio. Se decide realizar este estudio para conocer el comportamiento que hay en el interior de una mina, la razón es de que todos los día las condiciones de trabajo cambian, los tiempos y las circunstancias también y esto genera mucha variación en la producción de mineral, es por estas circunstancias que se desea estudiar las variables que están presentes en esta actividad y conocer la productividad en la operación de perforación de barrenos en esta mina subterránea.

Planeación del estudio del modelo de simulación

La planeación del proyecto se dividió en tres etapas. En la primera se realiza la toma de tiempos de todas las actividades que hace el operador de la máquina de perforación durante una jornada de trabajo, para registrar estos tiempos de forma exacta se asignó a un estudiante que diera seguimiento de tiempo completo al operador. En la segunda etapa se analizan los datos y se determina el tipo de distribución que mejor se acopla para cada actividad, en una tercera etapa de desarrolla el modelo de simulación para evaluar la productividad del proceso de perforación de barrenos.

Recolección de los datos para el modelo

El estudio se realizó durante un periodo de 15 días y los datos que se recolectaron son aproximadamente 15 por cada variable, durante este tiempo se realizó el seguimiento en la toma de tiempo a diferentes perforistas, con el objetivo de considerar el dinamismo que está presente en el sector minero, esta información recolectada servirá para realizar los pasos posteriores de la metodología.

 ISSN 2007-8102

Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema

Para el análisis estadístico de los datos recolectados de cada actividad que realizar el operador durante una jornadas de trabajo, se utilizó el programa Stat:Fit de ProModel, considerando las distribuciones más acordes para el modelo de simulación. Se aplicaron las pruebas de bondad de ajuste Chi Cuadrada, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling a todos los datos observados, los cuales se ajustaron a las distribuciones teóricas conocidas, para el desarrollo del modelo. Del análisis de los datos, resalta que ninguna de las actividades realizadas por los operadores se comporta de forma normal, se encuentran distribuciones como Weibull, Gamma, y Exponencial.

Construcción del modelo de simulación

Una vez que se determinaron las distribuciones de las actividades que realizan los operadores, se desarrolla el modelo de simulación en el programa ProModel (ver figura 2). En el modelo de simulación se observa el traslado de la aduana a la mina, después el perforista realiza la actividad de pueble, al terminar es trasladado al lugar de trabajo en interior mina utilizando un tractor, enseguida se lleva la máquina de perforación (Jumbo) al lugar de trabajo y se hacen las conexiones de los servicio necesarios para ser operada y empezar a barrenar, al terminar esta actividad se traslada la máquina a un lugar seguro donde no pueda ser dañada por la explosión, posteriormente los operadores son trasladados a la superficie de la mina y son llevados a la aduana, es aquí donde termina la jornada laboral.



Figura 2. Modelo de simulación del proceso de perforación de barrenos

Verificación del modelo de simulación

Para verificar el modelo de simulación se observa detalladamente el funcionamiento paso a paso de acuerdo a lo programado en él. De esta manera es posible visualizar un comportamiento inadecuado del modelo y corregir los detalles. Además se analizan y comparan cada una de las variables reales con las variables que se generan en el modelo de simulación.

Validación del modelo de simulación

Con el propósito de determinar si el modelo de simulación es una representación adecuada del sistema real, se realiza la prueba t-pareada con un nivel de significancia del 5% para la evaluar las variables de desempeño:

Tiempo de operación, tiempo de traslado y tiempo muerto.

La hipótesis estadística que se establece para esta validación son:

H0=La media de la variable de desempeño a evaluar obtenida por el modelo de simulación no presenta una diferencia significativa con respecto a la media de la misma medida de desempeño del sistema real que se está estudiando.

H1=La media de la variable de desempeño a evaluar obtenida por el modelo de simulación presenta una diferencia significativa con respecto a la media de la misma medida de desempeño del sistema real que se está estudiando.

Para validar los datos se utilizó la prueba t-pareada en el programa Minitab. Se comparan las variables de desempeño del proceso de perforación de barrenos y los resultados del modelo de simulación, con la finalidad de terminar si hay diferencia significativa en los datos reales y los del modelo de simulación, para esto se realizan 15 corridas. Por ejemplo, en la variable de desempeño del tiempo de perforación de barrenos real, se tiene una media de 142.5 minutos y una desviación de 88.9 y los resultados del modelo de simulación fue una media de 140.26 minutos y una desviación de 93.16 minutos, y el resultado de la comparación de la muestras es que no hay diferencia significativa entre ambas muestras.

Diseño de experimentos

Para determinar el número de réplicas óptimo (Azarang y García 1996), se considera como medida de desempeño el tiempo promedio de operación de perforación de barrenación con que se trabajó en la mina, se considera un error absoluto de β= 3, donde β es el determinado por el tiempo de operación en minutos, con un nivel de confianza del 95%. El resultado de este análisis fue de 3 réplicas. Aplicando la siguiente fórmula Law y Kelton (2007):

$$n^*(\beta) = min\left\{ i \geq n: t_{i-1,1-\propto/2}\sqrt{\frac{S^2(n)}{i}} \leq \beta \right\}$$

Realización del análisis y documentación de resultados

En base al número de réplicas necesaria para el modelo de simulación se corrieron 3 veces. Para tener más datos para analizar se deciden realizar 15 réplicas, con el objetivo de tener más datos para analizar.

Resultados y discusión

Los resultados están basados en el tiempo disponible de una jornada de trabajo de 10.5 horas, esto corresponde a una disponibilidad de 630 minutos, para analizar los resultados se establecieron tres variables de tiempo para su manejo, se consideran: el tiempo de traslado del personal, el tiempo destinado al proceso de perforación de barrenos, y el tiempo muerto.

Tiempo utilizado en el traslado de los operadores

Esta actividad se considera importante pues es necesaria para trasladar al personal a la mina y a su interior, el resultado del modelo de simulación demuestra que un 23% del tiempo disponible los operadores del jumbo lo dedican a trasladarse, esto quiere decir que aproximadamente se destina en promedio 145 minutos con una desviación estándar de 19 minutos, con esto se demuestra que es importante considerar los tiempos de traslado cuando se está realizando actividades de planeación de los avance de la mina. Las distribución que se utilizaron en el modelo de simulación es la Gamma y Exponencial.

Tiempo utilizado en la operación de perforación de barrenos

El resultado de esta variable de estudio representa la productividad en el proceso de perforación de barrenos, se estima que el porcentaje de utilización es de 37% del tiempo disponible, en este porcentaje se incluyen los tiempos de pueble y comida, pero si consideramos las actividades por separado el tiempo de operación de perforación de barrenos es de un 22%, esto quiere decir que en promedio se trabaja 138 minutos con una desviación de 50 minutos, se destina un 9.5% del tiempo disponible para la comida, y un 5.5% para la reunión del pueble. Este resultado demuestra que en promedio se trabaja 229 minutos del tiempo total disponible cabe mencionar que esta actividad es la que agrega valor a la producción de mineral el cual será trasladado a la planta de beneficio. La distribución que se utilizó en esta actividad es Weibull.

Tiempo de utilización de la máquina perforadora de barrenos (Jumbo)

El porcentaje de utilización de la máquina de perforación de barrenos (Jumbo) es de un 22%, esto se refiere que solo trabaja en promedio 109 minutos con una desviación estándar de 50 por turno de trabajo, como se observa la productividad de la máquina es muy bajo, normalmente un 40% del tiempo disponible de la máquina se encuentra en mantenimiento, reparaciones y ajustes, y el tiempo restante que es 38% se encuentra si actividad, ya sea por falta de planeación o no hay lugares para trabajar. La distribución que se utilizó fue un Weibull.

Tiempos Muertos

En los tiempos muertos, se decidió hacer una clasificación de los tres motivos principales por los que se generan tiempos muertos en la operación de perforación de barrenos, la clasificación y el porcentaje de cada una se muestra en la tabla 1. El resultado que arroja el modelo de simulación durante las jornadas de trabajo, es que un 40% del tiempo disponible se consideran tiempos muertos, estos son ocasionados por las demoras por otras operaciones como, problemas de ventilación, re-trabajos de voladura, tiempo de espera para terminar la operación de rezagado, falta de herramentales, también se encuentran problemas de tráfico, bombeo de agua, amacizar, etc., estas actividades se presentan de forma aleatoria y no presentan ningún patrón, es por esta razón que se consideran como demoras por otras actividades, otro tiempo muerto importante es el que se destina al mantenimiento de los equipos, y los tiempo muertos por falta de asignación de actividad.

Tabla 1. Análisis de tiempos muertos en el proceso de perforación de barrenos.

Actividad	Porcentaje
Sin actividad	20 %
Demoras otras actividades	60%
Mantenimiento a equipo	20%
Total	100%

Conclusiones

Con la toma de tiempos y la utilización de simulación ha sido posible evaluar la productividad en la operación de perforación de barrenos en una mina subterránea, encontrando los tiempos promedio de cada una de las actividades que realiza un perforista durante una jornada de trabajo. Estos tiempos son considerados en tiempos de traslado, tiempos de perforación de barrenos, el tiempo del pueble, el tiempo de comida, y los tiempos muertos dentro de las actividades que realiza día con día un trabajador en la mina. El análisis demuestra que es necesario seguir estudiando otras áreas y procesos de la mina, pues es de suma importancia incrementar la productividad del mineral en la mina optimizando el uso del recurso humano y de los equipos.

Es evidente que la variación y dinamismo que se vive en una mina dificulta y complica tener procesos estables y bajo control, esto se debe a la variación de sus procesos, esto se demuestra en el resultado del análisis estadístico de los datos y la simulación, donde se determina que no hay ningún proceso con una distribución normal dentro de la operaciones que realizar un perforista. Se pudo observar que las distribuciones utilizadas en el modelo de simulación son la Weibull, Gamma y Exponencial. Estas distribuciones hacen referencia al comportamiento de una mina. Utilizar la técnica de simulación para analizar la productividad del proceso de

perforación de barrenos en una mina subterráneas nos ayuda a visualizar la utilización de personal y los equipos en el interior de mina.

En conclusión se determinó que para esta mina subterránea, el tiempo promedio de traslado del personal es de un 23%, la utilización del operador y la máquina de perforación de barrenos es de un 22%, las actividades de pueble y comida representan un 15%, y el tiempo muerto promedio de una jornada de trabajo es del 40%. La información que se obtuvo de este estudio, podrá ser de utilizada para el Departamento de Planeación de la mina, el cual le permitirá hacer una planeación más objetiva en la cuestión de avances y producción de mineral.

Trabajo a futuro

Se propone evaluar otras operaciones para comprender más a fondo el funcionamiento y el comportamiento de una mina.

Agradecimientos

Se agradece a la Empresa Minera la oportunidad de realizan el estudio, también se agradece la personal involucrado en la realización de este proyecto, por razones de privacidad no se menciona el nombre de la empresa ni del personal.

Referencias

1. González, Cabrero, D. (2016) Evaluación de los parámetros de perforación en barrenos y correlación con la geología del terreno. (http://oa.upm.es/40237/1/PFG_DIEGO_GONZALEZ_CABRERO.pdf).
2. Ferrer, C. J. E.; Moras, S. G.; Fernández, C. M. y Álvarez P. C. (2013). Aplicación de simulación para el incremento de la productividad de una empresa generadora de panela en la ciudad de Tuxtepec, Oaxaca. AcademiaJournal. (1) 1940-2163.
3. Law, Averill S. y Kelton, David. Simulation modeling and analysis. Editorial McGraw-Hill, Boston, 2007.
4. Lozada, T. T.; Martínez M. A. y Moras S. C. (2011). Aplicación de simulación para incrementar la productividad de la empresa “La Vieja Molienda de Santa Maty”. AcademiaJournal. (5) 1940-2163.
5. García, Dunna, E.; García, Reyes, H. y Cárdenas, Barrón, L. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Editorial Pearson, 2006.
6. Kelton, W. D.; Sadowski R P. y Sturrock T. D. Simulación con software Arena. Editorial McGraw-Hill, 2008.
7. Blanco, Rivero, L. E. y Fajardo, Piedrahita, I. D. Simulación con ProModel casos de producción y logística. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006.
8. Walpole, R. Myes, S. Probabilidad y estadística para ingenieros, Editorial Prentice Hall, México, 1999.
9. Coss Bu, R. Simulación un enfoque práctico, Reimpresión, Editorial Limusa, México, 1993.
10. F. Ortiz, I. Sánchez, M. Arrioja, C. Sánchez y G. Rodríguez, “Análisis de alternativas de automatización en planta de rendimiento mediante simulación,” AcademiaJournal, vol. 5. No. 1, pp. 14-34, 2011.

Aplicación de herramientas básicas de calidad en una empresa productora de botas

N. F. Fuerte Rojas[1], K. E. León Albarrán[2], L. A. González Martínez[1], E. A. González Tafolla[1], J. A. Zanella Zaragoza[1]*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Blvd. Cuitzeo de los Naranjos 401. Col. Cuitzeo de los Naranjos. C.P. 36976, Abasolo Guanajuato, México
[2]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Blvd. Cuitzeo de los Naranjos 401. Col. Cuitzeo de los Naranjos. C.P. 36976, Abasolo Guanajuato, México
**norma.fuerte@tecabasolo.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se realizó un análisis de calidad en la producción de botas, aplicando herramientas que ayudan en la determinación de errores y posibles causas que provocan la producción de piezas defectuosas. Con la ayuda de un diagrama Ishikawa se identificó la causa raíz del problema, resaltando el mal cosido y el error en tubo como los principales actores. Se elaboró un mapeo de flujo de valor para analizar el área de producción. Aplicando gráficos de control por atributos se analiza el proceso para identificar las variaciones que impiden obtener la calidad deseada, donde se observa que el mantenimiento de la máquina y la participación del personal, son los principales factores que llevan a la producción de defectos en las botas. Con esta información se realizó una reunión para establecer acciones que coadyuven a disminuir los defectos, resaltando la importancia de realizar un programa de mantenimiento, así como la correcta capacitación de los empleados antes de realizar nuevas actividades. Finalmente se implementaron hojas de verificación para recabar información sobre las acciones tomadas para la disminución de defectos en la producción de botas.

***Palabras clave**: Tiempo de ciclo, Ishikawa, gráficos de control.*

Abstract

A quality analysis was done in the boot area, using tools which help determine errors and possible causes contributing to the production of defective pieces. With the help of an Ishikawa Diagram the root cause of the problem was identified, highlighting bad stitching and defect in the tube as the main actors. A value flow map was done to analyze the production area. Applying control graphs by attribute, the process is analyzed to identify the variations which impede the desired quality, where it is observed that machine maintenance, and personnel participation are the main contributing factors leading to the production of boot defects. With this information a meeting was held to establish actions which would contribute to reducing defects, emphasizing the importance of a maintenance program, as well as the correct training of employees before starting new activities. Finally, verification forms were implemented to gather information of the actions taken for the reduction of defects in the production of boots.

Key words**: Cycle time, Ishikawa, control graphs.**

Introducción

En los últimos años se ha optado por implementar la metodología Six sigma (6σ) orientada a la reducción de fallos y defectos de productos. Dentro de toda industria manufacturera o de cualquier ramo, el cumplir con los requisitos necesarios para la satisfacción de los clientes es de máxima importancia. Contar con una buena calidad en sus productos o bien en la prestación de sus servicios ayuda a las mismas a mantenerse en buena posición en el mercado en comparación con sus competidores directos. Sin embargo, esta característica difícilmente se alcanza en un 100% y esto ocasiona que las empresas destinen tiempo y dinero para la disminución de los defectos en sus productos o errores que ocasionen un mal servicio.

 ISSN 2007-8102

Para realizar un análisis más concreto acerca de qué, cómo y dónde se generan los defectos en todo proceso, existen distintas herramientas que brindan ayuda o sirven como base para las empresas para con la aplicación de las mismas se logre así mejorar los procesos de producción y cumplir con las características deseadas por los clientes. La metodología Six sigma es una herramienta que es costosa de implementar, por otra parte, los gráficos de control identifican las fuentes de variación del proceso. (Ramírez Pérez, 2011) y (Huerga Castro, 2005) han implementado satisfactoriamente los gráficos de control con el fin de disminuir la variación en sus procesos.

En este trabajo se aplican una serie de herramientas de control de calidad como lo son: hoja de recolección de datos, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, gráficos de control (NP) y Check list para disminuir el número de artículos defectuosos producidos y así brindar un producto de calidad. Primeramente, se recolecta información sobre los principales defectos que surgen, posteriormente, se elaboró el diagrama de Pareto para saber cuál defecto atacar primero y aunado a lo anterior desarrollar el diagrama Ishikawa con el objeto de identificar las principales fuentes de variación; después aplicar los gráficos de control para conocer las variaciones y disminuir su regeneración; y finalmente elaborar una lista de verificación para asegurar la mejora continua.

Metodología

Recogida de datos

Se analizaron y seleccionaron los defectos más repetitivos en la inspección realizada al momento de empaque. Para determinar los errores o defectos del producto terminado. En la tabla 1, se presenta la información obtenida.

Tabla 1. Tipos de errores en el producto terminado

Producto: Botas de Rodeo No. De unidades inspeccionadas: 24 No. Total de unidades: 40		Fecha: 21/02/19 Departamento: Producción Inspector(es):		
Error/Periodo	Día 1	Día 2	Día 3	Total (defectos)
Error de decoración	2	1	1	4
Mal cosido	6	4	5	15
Error en tubo (corte)	2	2	3	7
Otros	1	2	1	4
Total (productos defectuosos)	11	9	10	30

Diagrama de Pareto

Tomando en cuenta la información sobre los errores observados en la tabla 1, con ayuda del programa Minitab, se realizó un diagrama de Pareto, lo que permite identificar que el defecto más común es del mal cosido con un 50% de apariciones, seguido de error en tubo con un 23.33% y el resto con un 13.33% como se muestra en la figura 1.

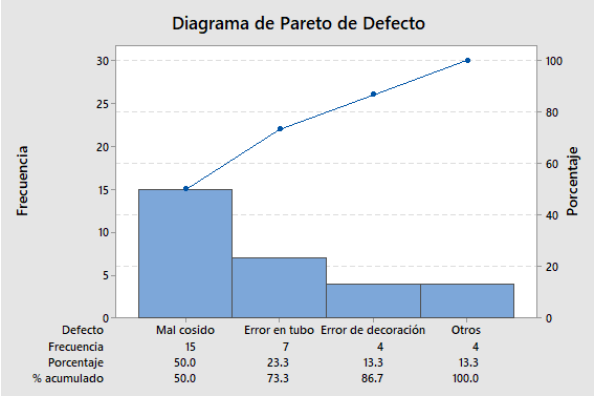


Figura 1. Diagrama de Pareto

 ISSN 2007-8102

Método 6M

Una herramienta útil para la elaboración de un diagrama Ishikawa, es el de las 6M. En la tabla 2, se presenta la información concreta y relevante del proceso, que se realizó durante una reunión con los encargados y operadores, para elaborar una lluvia de ideas y seleccionar los puntos más apreciables de cada M.

Tabla 2. Tipos de errores en el producto

Efecto: Botas con defectos	
Causas posibles	Descripción
Mano de obra	El personal no realiza las actividades de la misma manera. Realizar acciones correctivas en el producto sin consultar previamente al encargado. Fatiga del personal. Operar maquinaria de manera incorrecta.
Materiales	Piel de textura rígida. Piel que no cumple con las especificaciones, no se pretende cambiar de proveedor, debido a que es más costoso.
Método	No se cuenta con un manual de procedimiento, porque no se tiene el conocimiento del mismo.
Medio ambiente	Ruido excesivo en la empresa. Falta de EPP, porque no se cuenta con el recurso suficiente para adquirirlo. Temperatura no adecuada.
Medición	Falta de moldes para realizar los cortes. Falta de calibración en maquinaria, sólo una persona conoce el procedimiento.
Maquinaria	Falta de mantenimiento preventivo, porque no se planea prever, sino actuar cuando surgen las fallas.

Diagrama Ishikawa

Se realizó un diagrama, como se muestra en la figura 2. Para elegir la posible causa raíz, y en conjunto con el jefe de producción se toman las causas más relevantes; se observan las actividades de falta de mantenimiento a maquinaria, no contar con el personal requerido para cada actividad y el no realizarlas de la misma manera, los principales aspectos para analizar en la investigación.

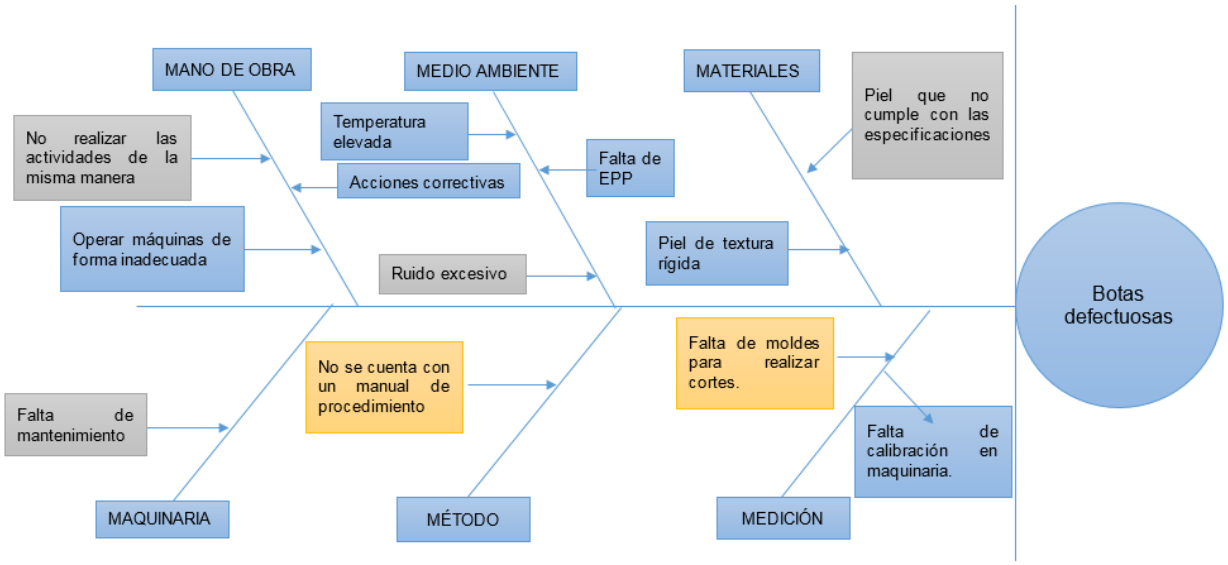


Figura 2. Identificación de causa raíz

 ISSN 2007-8102

Value Stream Mapping (VSM)

Después de la serie de pasos mostrados, del análisis del área de producción de la empresa, desde que se realizan los pedidos de los clientes hasta el empaque del producto terminado, y características como inventario en cada estación o área se obtiene una visualización sobre las actividades y el tiempo en el que se ejecutan.

Cabe mencionar que dentro de la jornada laboral que es de 8 horas diarias, el tiempo disponible de la maquinaria de las distintas áreas es variable, debido a que la empresa establece un tiempo normal o base (estándar) para cumplir con los requerimientos de producción. En la figura 3, se puede observar el proceso y la interacción resultado del VSM.

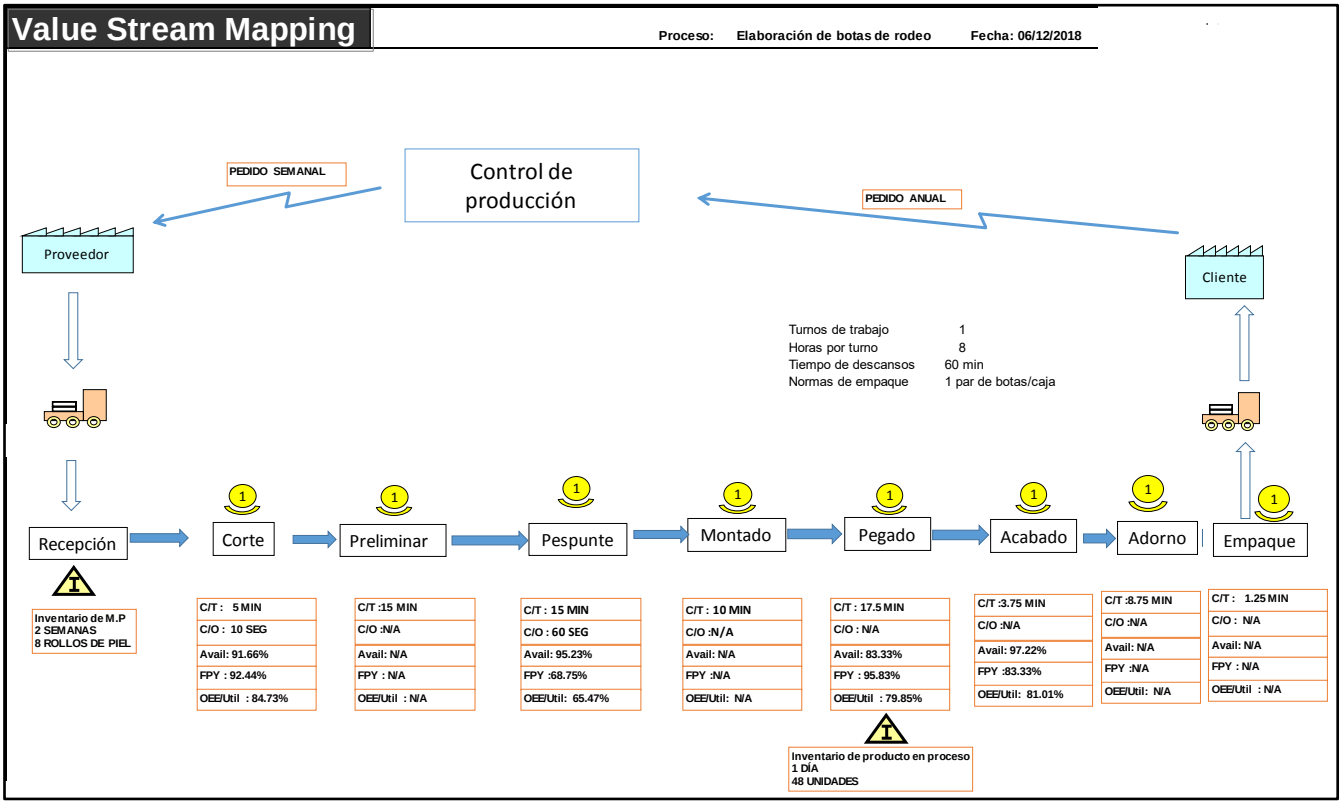


Figura 3. Value Stream Mapping de la empresa

Resultados y discusión

Una vez analizados los subgrupos, se ingresan los datos en el software Minitab, y la gráfica NP del defecto se observa en la figura 4. El gráfico obtenido muestra todos los puntos correspondientes a cada subgrupo y se puede notar que todos los puntos se concentran dentro de los límites establecidos. Sin embargo, los puntos 6 y 7 son los que se alejan más. Se procede a realizar nuevamente el gráfico, pero sin incluir dichos puntos, y se presenta en la figura 5.

Como se puede resaltar en la figura 5, el proceso sigue una tendencia, por lo que se deben proponer acciones que eviten la repetición o incidencia de las observaciones descritas al momento de inspeccionar las unidades de los subgrupos.

 ISSN 2007-8102

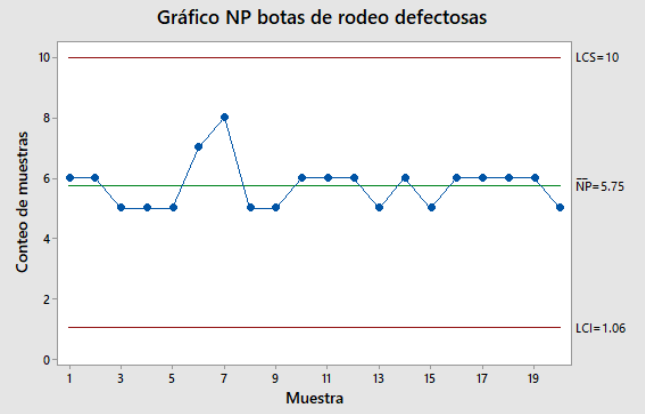


Figura 4. Gráfico NP piezas defectuosas (mal cosido)

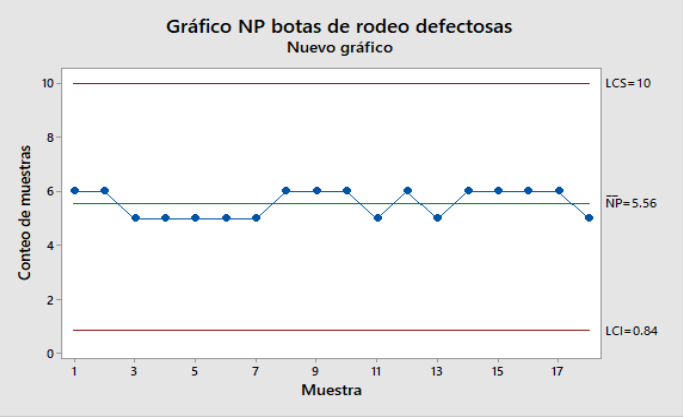


Figura 5. Gráfico NP piezas defectuosas (mal cosido) ajuste

Al terminar de inspeccionar los subgrupos se puede observar que los factores asociados al error, son dos, realizar mantenimiento a la máquina de coser, lo que ocasiona que se cambie a otra máquina; la segunda, el obrero encargado de realizar la actividad, es reemplazado por otro.

Se realizó el gráfico NP en el software Minitab, para las piezas defectuosas por error en tubo, se muestra en la figura 6. Se observa que todos los subgrupos se concentran dentro de los límites aceptables del gráfico, sin embargo, los puntos 5, 6 y 12 se encuentran una unidad arriba. Se procede a realizar nuevamente el gráfico, pero ahora sin incluir dichos puntos, se percibe que siguen una tendencia, como lo muestra la figura 7.

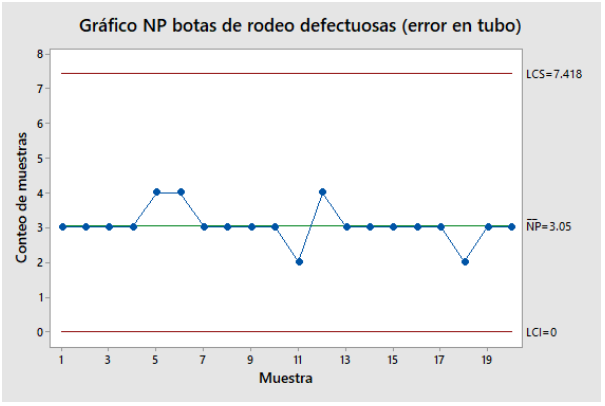


Figura 6. Gráfico NP piezas defectuosas (error en tubo)

 ISSN 2007-8102

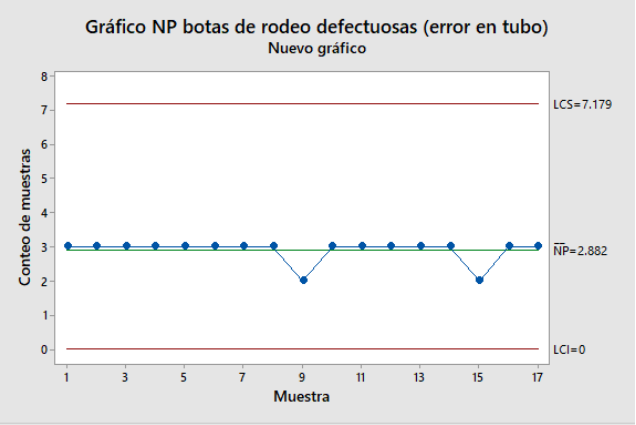


Figura 7. Gráfico NP piezas defectuosas (error en tubo) ajuste

Con la aplicación de los gráficos de control, se percata sobre las acciones que ocasionan producir botas defectuosas, tales como el mantenimiento a la maquinaria, la presión del personal, rotación del personal, entre otros. Es por ello que se realizan actividades correctivas en la empresa, con el objeto de evitar que se repitan las observaciones; se comenta en una reunión con los dueños de la empresa las causas que se deben reducir o eliminar. Se crean acuerdos entre los empleados y dueños de la empresa para evitar productos defectuosos, se utilizan hojas de verificación y se inspeccionan nuevamente 20 subgrupos con 10 unidades, y se elabora el gráfico como lo muestra la figura 8 para el mal cosido, y en la figura 9 para error en tubo.

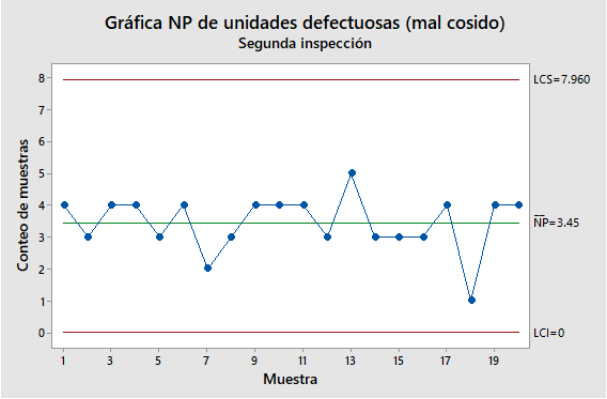


Figura 8. Gráfico NP piezas defectuosas (mal cosido) nueva observación

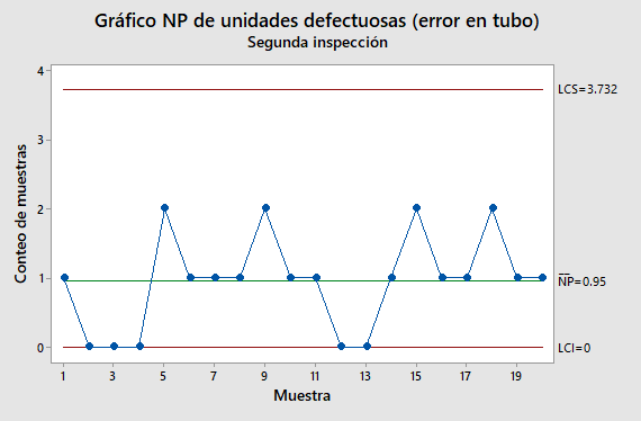


Figura 9. Gráfico NP piezas defectuosas (error en tubo) nueva observación

Como se puede observar que se presenta una disminución en la media central y en los límites (tanto superior como inferior), los errores por subgrupo no son mayores a 2 unidades, lo que justifica la reducción de productos defectuosos. Para saber con exactitud el porcentaje que se redujo mediante la aplicación de lo que se presenta anteriormente, se realiza un concentrado en una tabla. Para ambos casos, se realiza la inspección a un total de 200 unidades, y se obtiene la relación del porcentaje en la tabla 3, que se muestra a continuación.

Tabla 3. Relación porcentual de los defectos en las inspecciones

	Total de defectos (Mal cosido y error en tubo)	Porcentaje
Primera inspección	176	87.5%
Segunda inspección	88	44%

Trabajo a futuro

Se busca realizar planes de mantenimiento para las máquinas, con el fin de reducir los defectos por esta causa.

Conclusiones

Se aplicaron herramientas de calidad en los procesos de producción de botas, las cuales buscan las causas que provocan la mala calidad en sus productos para, una vez determinadas, atacar el problema y mejorar en ese aspecto para cumplir de manera correcta con los requerimientos de sus clientes. Después de la ejecución de los objetivos planteados, se logra disminuir en más de un 40% el total botas defectuosas encontradas. Las aplicaciones de herramientas de control de calidad son de gran importancia para las empresas pues ayudan a encontrar las causas que ocasionan problemas dentro del área de producción y que afectan las características deseadas por el cliente para buscar también la solución más factible y precisa analizando a la vez tiempos y costos de ejecución.

Referencias

1. Crosby, P. (1987). La calidad no cuesta: El arte de asegurar la calidad. México: Continental, S.A de C.V.
2. de la Rosa, F. (septiembre de 2014). Gráficos de control por atributos. Obtenido de UVEG: http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/licenciatura/198/Grficosdecontrolporatributos.pdf
3. Deming, W. (1989). La salida de la crisis. Calidad, productividad y competitividad. España, Madrid: Díaz de Santos.
4. Depool Rivero, R., & Monasterio, D. (2013). Probabilidad y estadística. Aplicaciones a la ingeniería. Barquisimeto.
5. Espinoza Tamez, P., Hernández Sinencio, H., López Guzmán, R., & Lozano Esparza, S. (2018). Muestreo de bola de nieve. México.
6. Estadística y control de calidad. (s.f.). Obtenido de https://www.calidad.com.mx/docs/art_88_1.pdf
7. ISO. (2015). ISO. Obtenido de https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es
8. Kume, H. (1992). Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad.
9. Landeta, J. M. (2004). Las 7 herramientas básicas de la calidad: descripción de las 7 herramientas estadísticas para mejorar la calidad y aumentar la productividad.
10. López Fresno, P. (2016). Metodología de las 5 S y su contribución para la mejora continua en los sistemas de gestión. Obtenido de http://www.uvg.edu.gt/DQF/Coinferencia-jueves-18-02-2016-Dra.Palmira-Lopez-Fresno/5S%20y%20mejora%20gestion_PalmiraLopezFresno_env.pdf
11. Marqués, M. P. (2016). CONTROL DE CALIDAD. Técnicas y herramientas. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.
12. Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Scielo Chile. Obtenido de Scientific Electronic Library Online: https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf
13. Pablo Juan Verdoy, J. M. (2006). Manual de control estadístico de calidad: Teoría y aplicaciones. Publicacions de la Universitat Jaume I.

14. Pérez Bernabeu, E., Sellés Cantó, M. Á., & Gisbert Soler, V. (2012). Los gráficos de control por atributos. Ciencias, 2-9.
15. Pulido, H. G. (2013). Calidad total y productividad. México: Mc Graw Hill.
16. Pulido, H. G. (2014). Calidad y productividad. México: McGraw Hill/Interamericana Editores.
17. Sanz, P. V. (2012). Herramientas para la calidad total. España: Starbook Editorial.

Determinación Óptima de los Parámetros de Formulado de Dope, con Taguchi

N. Montalvo Romero[1], A. Montiel Rosales[1]*
[1]División de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón, Blvd. del Valle 2301, Col. Guardarrayas, Purísima del Rincón, Guanajuato-México
** nayeli.mr@purisima.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En una fábrica de sombreros, se desarrolló una formulación principalmente a base de Tolueno (C_7H_8) y *Expandable Polystyrene* [$(C_8H_8)_n$] reciclado, a ser empleado como sustituto de dope en el proceso de endopado del sombrero, fungiendo como medio para proporcionar dureza al mismo. La determinación de los parámetros de dope se estableció implementando un Arreglo Ortogonal de Taguchi, con la finalidad de identificar los factores que influyen en el dopado, así como los valores que optimizan la variable de calidad deseada, dureza-flexibilidad del sombrero. Los resultados técnicos reportados muestran que el C_7H_8 permite diluir de manera adecuada el [$(C_8H_8)_n$], por lo que se evidencia la factibilidad técnica del desarrollo de dope con material reciclado a partir de la formulación propuesta, de igual manera esta nueva formulación disminuye en un 13.73% el tiempo de secado, con lo que se incrementa el índice de productividad.

***Palabras clave**: Optimización, Diseño de Parámetros, Taguchi, Dope.*

Abstract

In a hat factory, a formulation was developed mainly based on Toluene (C_7H_8) and Expandable Polystyrene [$(C_8H_8)_n$] recycled, to be used as a dope substitute in the paddling process of the hat, serving as a means to provide hardness to it. The determination of dope parameters was established implementing a Taguchi Orthogonal Arrangement, in order to identify the factors that influence doping, as well as the values that optimize the desired quality variable, hardness-flexibility of the Hat. The technical results reported show that C_7H_8 allows adequate dilution of [$(C_8H_8)_n$], thus evidenced by the technical feasibility of developing dope with recycled material from the proposed formulation, just as this new formulation decreases drying time by 13.73%, increasing the productivity rate.

***Key words**: Optimization, Parameters Design, Taguchi, Dope.*

Introducción

Actualmente, uno de los tópicos de preocupación a nivel mundial es la contaminación generada por la humanidad, es por ello que se han generado diversas estrategias para controlar, disminuir y —en el mejor de los casos— eliminar los desechos emanados día con día. Algunos enfoques contemporáneos que las empresas y la sociedad están optando por el cuidado del medio ambiente es la regla de las 3R´s (Reducir-Reciclar-Reutilizar) eficientizando este enfoque con diversas herramientas, tales como *Inverse Logistic*, *Clean Energy*, *EcoInnovation*; de esta última se deriva el *EcoDesign*. Según [Knighta y Jenkinsb, 2009], [Karlsson y Luttropp, 2006] y [Johansson, 2002] este enfoque es viable y factible dentro de las etapas del *New Product Development* (NPD), siendo su objetivo el de reducir el impacto en el medio ambiente [Pigosso y col., 2010], [Byggeth y Hochschorner, 2006] y [Russo y col., 2011].

Al 2018 la *World Health Organization* (WHO), estimó que 12.6 millones de personas mueren todos los años a causa de riesgos ambientales. Según el *World Bank* (WB) al 2016 se generaron en el mundo 242 millones de toneladas de desechos de plástico, representando el 12% de total de desechos sólidos; los productos de corta vida son clave en este indicador, siendo el unicel (*Expanded Polystyrene*, EPS, $(C_8H_8)_n$) uno de los recipientes empleados como envase o material para empaque y embalaje que se emplean en un único instante. La Asociación

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC) y la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), estiman que anualmente en México el consumo es de 125 mil toneladas, aunado a lo anterior se estima que el EPS se degrada de entre 700 a 1000 años. Día a día se diseñan, desarrollan e implementan estrategias de *EcoDesign*, en el NPD; algunas estrategias incorporan materia orgánica y/o material reciclado al producto, en el caso del EPS se han desarrollado contraventanas de madera [Asthana y col., 1996], compuestos plásticos para materiales de construcción [Choi y col., 2006], aglutinante en la formulación de pintura [Osemeahon y col., 2013], como impermeabilizante de electrodos en soldaduras subacuáticas [González y col., 2012], en [Taslicukur, 2007] se presenta un filtro de espuma cerámica usando EPS; por mencionar algunos casos.

En el mercado, es posible ubicar diversos productos que requieren una morfología específica, la cual, es provista por medios mecánicos, químicos y/o físicos; cuando el producto adquiere la forma deseada, este debe mantenerla con la dureza y la resistencia deseada. El proceso anteriormente descrito, según [Gonzales, 2003, pp. 111-141] y [DeGarmo y col., 2002, pp. 164] es posible obtenerlo a través de diversos mecanismos de endurecimiento: por deformación, límites de grano, solutos, segundas fases, partículas finas y martencita en aceros. Cuando los materiales a ser modificados morfológicamente son de fácil manipulación, es posible emplear el mecanismo de endurecimiento por solución sólida. El endurecimiento por este mecanismo se explica por la deformación que se produce al no coincidir los tamaños de átomos de disolvente y de soluto en las soluciones de sustitución, o como consecuencia de los espacios intersticiales en las soluciones solidas de inserción, *i.e.*, un efecto de endurecimiento debido a la distorsión mecánica producida en la red [Montes y col., 2014, pp. 413], [DeGarmo y col., 2002, pp. 164] y [Fidalgo y col., pp. 39].

Al 2019, el 80% de los sombreros que son comercializados en México y el 90% de los sombreros que exporta México; son fabricados en San Francisco del Rincón Guanajuato-México. Según la COFOCE (Coordinadora de Fomento al Comercio Exterior) del Estado de Guanajuato, 30 de estas empresas son exportadoras y durante el 2018 las ventas al extranjero fueron por más de 12 millones de dólares; por lo que, San Francisco del Rincón es considerada como la “capital mundial del sombrero”. El proceso de fabricación de sombrero requiere en una de sus etapas modificar la morfología del mismo, este proceso se logra por medios mecánicos (prensas), sin embargo, para que el producto mantenga la forma obtenida se emplea un proceso de dopado, en el que se agrega dope (mezcla de pegamentos y solventes). El dope generalmente se formula a partir de nitrocelulosa [Ohtake y col., 1989], [Tanner y Sides, 1973] y [Amberson, 1933].

El presente trabajo de investigación propone el desarrollo de una formulación óptima de dope principalmente a base de Tolueno y EPS reciclado, a ser aplicado en el sombrero 30X modelo Taiwán Bangora. El Tolueno funge como solvente del EPS, mientras que el EPS funge como soluto al tener propiedades de peso ligero, buen aislamiento térmico, resistencia a la humedad, durabilidad, absorción acústica y baja conductividad térmica [Chen y col., 2015]. La determinación de los niveles óptimos de los factores, se determinan empleando Diseño de Experimentos (*Design of Experiments*, DOE), en específico se emplean los Arreglos Ortogonales del Dr. Genichi Taguchi, debido a que estos permiten estimar el efecto de los factores empleando el mínimo número de experimentos, y con ello establecer los parámetros que optimizan la característica de calidad deseada [Wu y Wu, 2000], [Roy, 2010] y [Phadke, 1989].

Metodología

Caracterización del Dopado

El proceso de dopado, tiene el objetivo de proveer dureza al sombrero a través de una solución sólida. Esta, es una mezcla espesa (dope) que consta de Nitrocelulosa $[C_6H_7(NO_2)_3O_5]_n$ y Thinner, como disolvente; dependiendo del tipo de sombrero es la formulación del dope, esto debido a que cada sombrero se manufactura a partir de materia prima con características propias.

El proceso de fabricación de sombrero requiere de dos baños de dope; el primero, se efectúa cuando el sombrero sale de las prensas, y el segundo, es posterior al recorte y alambrado de bordes (véase Figura 1). Ambos baños, implican sumergir el sombrero en una dopadora, posterior a ello, el sombrero es colocado en un dispositivo que a través de un centrifugado se eliminan los excesos, subsiguientemente es colocado a temperatura ambiente para su secado, y por consiguiente se obtiene el endurecimiento.

 ISSN 2007-8102

#	Descripción del método actual	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo
1	Abrir prensa	1					7.74
2	Insertar sombrero	2					12.82
3	Cerrar prensa	3					8.13
4	Abrir prensa	4					7.87
5	Retirar sombrero	5					11.87
6	Apilar	6					4.78
7	Transportar a Endopado			1			25.47
8	Sumergir sombrero en mezcla	7					16.62
9	Retirar exceso de dopado	8					7.76
10	Acomodar sombrero para secar	9					23.16
11	Esperar a que se seque el sombrero				1		1800
12	Transportar a Maquinas			2			32.92
13	Recortar bordes	10					15.66
14	Alambrar bordes	11					27.66
15	Transportar a Endopado			3			19.43
16	Sumergir sombrero en mezcla	12					16.62
17	Retirar exceso de dopado	13					7.888
18	Acomodar sombrero para secar	14					23.16
19	Esperar a que se seque el sombrero				2		5400
20	Transportar a Pistolas			4			26.54
21	Pintar superficie superior	15					5.587
22	Esperar a que se seque el sombrero				3		86.2
23	Pintar superficie inferior	16					3.623
24	Esperar a que se seque el sombrero				4		82.42
25	Darle brillo al sombrero (laca)	17					6.31
26	Esperar a que se seque el sombrero				5		82.56
27	Transportar a Planchado			5			24.83
28	Planchar sombrero	18					45.64
29	Transportar a Maquinas			6			21.14
30	Poner filete	19					19.12
31	Transportar a Almacén			7			12.34
32	Almacenar					1	-
							7886

Figura 1. Diagrama de Flujo de Proceso de Fabricación de Sombrero 30X Modelo Taiwán Bangora.

Determinación de la Característica de Calidad

Según [Taguchi y col., 2005, pp. 180-191], cualquier producto persigue una característica de calidad que puede ser (a) mayor es mejor, *e.g.*, el desempeño de un proceso, el rendimiento de un compuesto químico; (b) menor es mejor, *e.g.,* el desgaste de un componente mecánico, el número de productos defectuosos en un proceso; y (c) nominal es mejor, *e.g.,* la presión aplicada sobre un cuerpo, la temperatura de una máquina térmica.

La calidad del sombrero, según los expertos, está definida principalmente por la dureza del sombrero, además del acabado, color y textura. En las empresas de San Francisco del Rincón, dicha característica de calidad principal es determinada por el conocimiento de los expertos a partir del tacto. El dope le provee al sombrero la rigidez deseada, pero esta no puede ser demasiado flexible ni demasiado rígida, *i.e.*, se desea un nominal es mejor. Con la finalidad de cuantificar esta característica de calidad en el sombrero, y poder así tipificar esta experiencia subjetiva se procedió a efectuar las mediciones empleando un Durómetro Shore A, en ambos baños de dope.

Debido a la inexistencia de información del comportamiento de la población bajo estudio, se procedió a efectuar un muestreo aleatorio simple inicial con $n = 20$ y con un Nivel de Confianza del 95.00% para conocer el comportamiento de la dureza del sombrero; la información de este análisis exploratorio arrojo una $\bar{x} = 47.5000$ HA con una $s = 6.6235$ HA. El muestreo inicial sentó las bases para determinar un tamaño de muestra que permite estimar de manera eficiente el comportamiento de la población, siendo este de 30 datos; a partir de este tamaño de muestra, se determinó que el primer dope posee una dureza de $\bar{x}_1 = 54.2657$ HA con una $s_1 = 3.5439$ HA, mientras que el segundo una $\bar{x}_2 = 61.9833$ HA y una $s_2 = 3.5049$ HA.

Definición de los Factores de Interés y sus Niveles

Debido a que el objetivo es el desarrollo de un dope a partir de material reciclado, los factores son definidos a partir de los principales ingredientes empleados en la formulación (ver Tabla 1).

Tabla 1. Factores de la Formulación de Dope.

Factor		Unidades
A:	$(C_8H_8)_n$	g
B:	C_7H_8	ml

A partir de los factores establecidos, se definieron dos niveles para cada factor (véase Tabla 2), con la intención de analizar el comportamiento de la formulación.

Tabla 2. Niveles para cada Factor.

Factor	Nivel		Unidades
	Bajo	Alto	
A:	1	2	g
B:	40	60	ml

Determinación del Diseño Experimental y Configuración del Diseño

El análisis experimental se efectuó en el sombrero 30X Modelo Taiwán Bangora, al ser éste el más comercializado. Debido a que se está analizando el comportamiento de una nueva formulación y con la intención de economizar las corridas experimentales, se decide emplear un Arreglo Ortogonal Taguchi L_4 (2^3). La Tabla 3, muestra el arreglo codificado de los experimentos.

Tabla 3. Diseño L_4 (2^3) Codificado.

No. de Experimento	No. de Experimento Aleatorizado	A	B	e_1	A	B
		1	2	3	(g)	(ml)
1	2	1	1	1	1	40
2	1	1	2	2	1	60
3	4	2	1	2	2	40
4	3	2	2	1	2	10

Las corridas experimentales se efectuaron en las mismas instalaciones, con el mismo personal, y tratando de mantener las mismas especificaciones de operación en cada corrida, esto con la finalidad de medir la variación de los factores y no el error debido a factores externos al proceso; también se desarrollaron estas, empleando producto que ha pasado por las primeras etapas de fabricación, siendo medidas después de cada baño de dope; las corridas se aleatorizaron (ver Tabla 3), para equilibrar el efecto de las condiciones externas no controlables que pueden influir en los resultados experimentales; finalmente, considerando el equipo, personal y materiales, se deciden realizar 4 réplicas para cada corrida.

Ejecución de las Corridas Experimentales

Definido el diseño, se desarrollaron las formulaciones y las corridas experimentales, a nivel laboratorio. Al mismo tiempo, se efectuó la medición de la característica de calidad empleando un Durómetro Shore A, en cada una de las replicas experimentales.

Análisis de Medias

En la Figura 2, se presentan las gráficas de efectos principales para las medias y sus interacciones en cuatro instantes: después del primer baño (a) y (b); después del segundo baño a los 30 (c) y (d), 60 (e) y (f), y 90 (g) y (h) minutos, empleando Minitab 18 versión demo. El gráfico de efectos principales (a), (c), (e) y (g) para medias permite identificar la significancia de los factores dependiendo de la inclinación lineal de esta con respecto al valor de la característica de calidad con el nivel analizado; esto es entre mayor verticalidad presente mayor será la significa, en contraparte la horizontalidad de esta indica que no existe significancia en el factor, por ende sí existe

 ISSN 2007-8102

significancia en el cambio de nivel de los factores bajo estudio. Así mismo, la gráfica de interacción (b), (d), (f) y (h) para medias permite identificar la significancia de la interacción de los factores dependiendo sí estos se interceptan; esto es sí las inclinaciones lineales de los factores se cruzan, la interacción es significativa, de lo contrario, sí estas no se cruzan el efecto de la interacción de los factores bajo estudio no influye significativamente en la variabilidad de la variable de salida, para los factores bajo estudio al no presentarse intercepción, la interacción resulta no ser significativa.

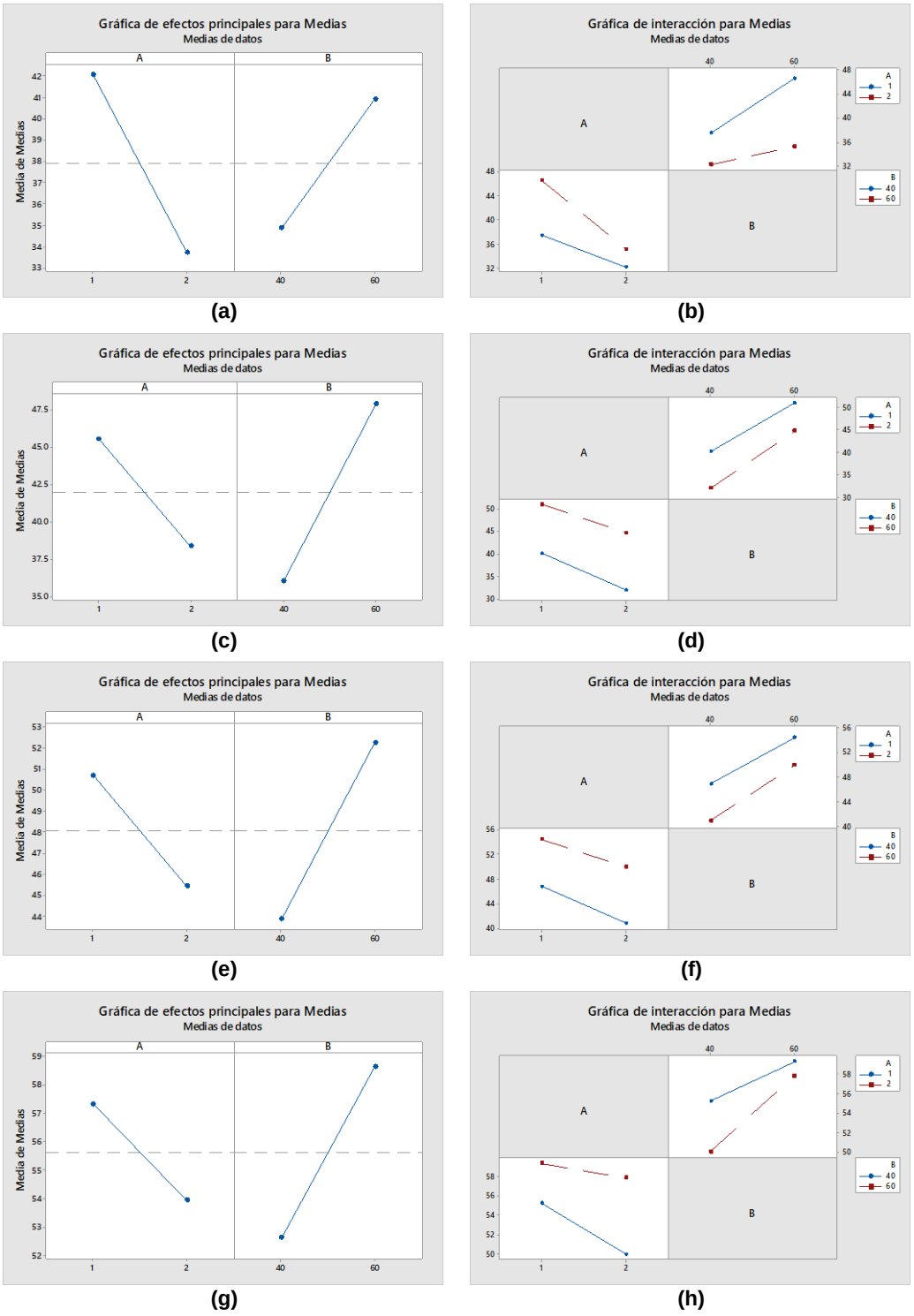


Figura 2. Gráficas de Efectos Principales e Interacción para Medias.

ANDEVA

Con la finalidad de identificar la significancia de los efectos de los factores principales, se determinaron los efectos del primer baño (ver Tabla 4) en esta se observa que la variabilidad presente en la característica de calidad se explica en mayor medida por la variación presente en los niveles del factor A; mientras que el segundo baño, al minuto 90 (ver Tabla 5), la significancia se debe al efecto del factor B.

Tabla 4. ANDEVA después del Primer Dopado.

Factor	SS	υ	MS	F_o	*
A	69.0976563	1	69.0976563	7.36734694	
B	36.7539063	1	36.7539063	3.91878384	
Error	9.37890625	1	9.37890625		
Total	115.230469	3			

* Significativo al 5%; $F_{0.05,1,1}$=161.447639

Tabla 5. ANDEVA después del Segundo Dopado.

Factor	SS	υ	MS	F_o	*
A	11.390625	1	11.390625	3.24	
B	36	1	36	10.24	
Error	3.515625	1	3.515625		
Total	50.90625	3			

* Significativo al 5%; $F_{0.05,1,1}$=161.447639

Resultados y Discusión

Al finalizar las corridas experimentales, la validación permite establecer que el solvente tiene la capacidad de diluir de manera adecuada el EPS, así como el obtener una consistencia deseada para el dopado.

El análisis estadístico de medias después del primer baño de dope, Figura 2 (a,b), muestra que el factor $(C_8H_8)_n$ tiene mayor influencia en la dureza del sombrero, en comparación al factor C_7H_8; mientras que conforme transcurre el tiempo la significancia de los factores se invierte, *i.e.*, después de 90 minutos de secado el producto bajo estudio el factor $(C_8H_8)_n$ tiene menor influencia en la dureza del sombrero, en comparación al factor C_7H_8 tal y como se muestra en la Figura 3 (g,h).

La significancia anteriormente descrita, también se presenta estadísticamente en la Tabla 4 y Tabla 5, donde se presentan los ANDEVA´s del primer y segundo dopado, este último al minuto 90. Es posible notar en el segundo baño que la dureza se explica por la significancia del factor B, solvente.

La calidad final del producto viene dada por la dureza del producto después de segundo dopado, por lo que, analizando el comportamiento de medias, se identificar que los niveles que optimizan los parámetros del formulado de dope son A:1 y B:2. Dichos parámetros son los que se acercan más al nominal deseado del segundo dopado.

El valor nominal deseado es de aproximadamente 61.9833 HA a las 2 horas; de las cuatro mediciones realizadas al minuto 10, 30, 60 y 90, se tiene que la dureza es de 40.94, 47.88, 52.25 y 58.63 HA, respectivamente. Al extrapolar los valores medidos y el nominal deseado, se determina que la dureza deseada se alcanza a la 1:44 horas de secado, lo que implica que la formulación propuesta disminuye en un 13.73 % el tiempo estándar de secado del sombrero, esto debido a que estudios preliminares estiman que el tiempo estándar es de 2 horas. Esta reducción permite incrementar el índice de productividad.

Finalmente, es posible conjeturar que la formulación del dope a base de EPS, es factible y técnicamente viable, debido a que el EPS cubre los espacios intersticiales en las soluciones solidas de inserción.

Trabajo a futuro

Se desarrollará un escalamiento a nivel industrial y se estudiará el comportamiento implicando otros factores, con la intención de mejorar la formulación y reducir aún más el tiempo de secado hacia el nominal deseado. Así mismo, un análisis sensorial del producto final empleando *Fuzzy Logic*.

Conclusiones

La formulación a base de Tolueno (C_7H_8) y *Expandable Polystyrene* [$(C_8H_8)_n$] reciclado, principalmente; es una propuesta alternativa para el desarrollo de dope y que es viable en el proceso de dopado, permitido al mismo tiempo eficientizar el tiempo de secado del sombrero. La optimización de los parámetros del formulado de dope, se obtuvo empleando los Arreglos Ortogonales del Dr. Taguchi, con lo que se minimizaron los recursos empleados en una formulación propuesta, sobre la que se desconocía su comportamiento.

Finalmente, el NPD a través del *EcoDesign* desarrollan productos amigables con el medio ambiente, la propuesta presentada en este trabajo de investigación es factible al implicar un enfoque de *Inverse Logistic* sobre el EPS, reciclando y reutilizando un desecho sólido, al permitir obtener dureza y aumento de resistencia.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo al Tecnológico Nacional de México por financiar el desarrollo del proyecto a través de la Convocatoria 2019: Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en los Programas Educativos de los Institutos Tecnológicos Federales, Descentralizados y Centros; al Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón por las facilidades prestadas para el desarrollo de la investigación; y finalmente a la empresa Rocha Hats que a través del Sr. Martin Rocha Gómez—Director General, se tuvo acceso al sistema productivo y a producto para el desarrollo del proyecto de investigación.

Referencias

1. Amberson, L. C. (1933). U.S. *Patent No. 1,931,368*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
2. Asthana, K. K.; Lakhani, R. and Aggarwal, L. K. (1996). Expanded Polystyrene Composite Door Shutters—An Alternative to Wooden Door Shutters. *J. Construction and Building Materials*. **10(6)** 475-480.
3. Byggeth, S., and Hochschorner, E. (2006). Handling trade-offs in Ecodesign Tools for Sustainable Product Development and Procurement. *J. on Cleaner Production*. **14(15-16)** 1420-1430.
4. Chen, W.; Hao, H.; Hughes, D.; Shi, Y.; Cui, J. and Li, Z. X. (2015). Static and Dynamic Mechanical Properties of Expanded Polystyrene. *J. Materials & Design*. **69** 170-180.
5. Choi, N. W.; Mori, I. and Ohama, Y. (2006). Development of Rice husks–plastics Composites for Building Materials. *J. Waste Management*. **26(2)** 189-194.
6. DeGarmo, E. P.; Black, J. T. and Kohser, R. A. (2002). *Materiales y Procesos de Fabricación*. Editorial Reverté, S. A. España. 1300.
7. Fidalgo, J. A.; Fernández, M. R. and Fernández, N. (2016). *Tecnología Industrial II*. Ediciones Paraninfo, SA. España. 376.
8. Gonzáles, J. L. (2003). *Metalurgia Mecánica*. Limusa Noriega Editores. México. Págs. 245.
9. González, L. P.; Bracarense, A. Q.; Puchol, R. Q.; Pereira, E. C.; Pérez, M. R. and Scott, A. D. (2012). Perspectiva de Uso del Poliestireno Expandido, como Alternativa de Impermeabilizante, para Electrodos Empleados en la Soldadura Subacuática Mojada. *R. Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. **(62)** 103-113.
10. Johansson, G. (2002). Success Factors for Integration of Ecodesign in Product Development: A Review of State of the Art. *J. Environmental Management and Health*. **13(1)** 98-107.
11. Karlsson, R. and Luttropp, C. (2006). EcoDesign: What's Happening? An Overview of the Subject Area of EcoDesign and of the Papers in this Special Issue. *J. on Cleaner Production*. **14(15-16)** 1291-1298.
12. Knight, P. and Jenkins, J. O. (2009). Adopting and Applying Eco-design Techniques: A Practitioners Perspective. *J. on Cleaner Production*. **17(5)** 549-558.

13. Montes, J. M.; Cuevas, F. G. and Cintas J. (2014). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Ediciones Paraninfo, SA. España. 864.
14. Ohtake, E.; Yamaki, K. and Kuroda, T. (1989). U.S. *Patent No. 4,878,973*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
15. Osemeahon, S. A., Barminas, J. T., & Jang, A. L. (2013). Development of Waste Polystyrene as a binder for emulsion paint formulation I: Effect of polystyrene Concentration. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. **2(8)** 30-35.
16. Phadke, M. S. (1989). Quality Engineering Using Robust Design. Prentice-Hall Inc. New Jersey **334**.
17. Pigosso, D.; Zanette, E. T.; Guelere, A.; Ometto, A. R. and Rozenfeld, H. (2010). Ecodesign Methods Focused on Remanufacturing. *J. on Cleaner Production*. **18(1)** 21-31.
18. Roy, R. K. (2010). A Primer on the Taguchi Method. *Society of Manufacturing Engineers* **304**.
19. Russo, D.; Regazzoni, D. and Montecchi, T. (2011). Eco-design with TRIZ Laws of Evolution. *J. Procedia Engineering*. **9** 311-322.
20. Taguchi, G.; Chowdhury, S. and Wu, Y. (2005). Taguchi's Quality Engineering Handbook. John Wiley & Sons, Inc. United States of America. 1662.
21. Tanner, E. and Sides, J. (1973). U.S. *Patent No. 3,745,927*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
22. Taslicukur, Z.; Balaban, C. and Kuskonmaz, N. (2007). Production of Ceramic Foam Filters for Molten Metal Filtration using Expanded Polystyrene. *J. of the European Ceramic Society*. **27(2-3)**, 637-640.
23. Wu, Y. and Wu, A. (2000). Taguchi Methods for Robust Design. *ASME Press*. New York **316**.

Modelo de simulación en Flexsim del procesamiento del ala de pollo en una planta procesadora de aves

G. Bravo Báez[1], F. Ortiz Flores[2], F. Ortiz López[2], J. L. Hernández Mortera[2], M. L. Arrioja Rodríguez[2]*
[1]Egresado de MII, División de Estudios de Posgrado e Investigación, TecNM/Instituto Tecnológico de Orizaba, Ote.9 Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
[2]División de estudio de posgrado e investigación, TecNM/Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9, número 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver., México
germanbravobaez80@gmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente artículo muestra el desarrollo de un modelo de simulación en el software *Flexsim*® de un sistema de procesamiento de carne de pollo en una PPA. La metodología utilizada fue una adaptación de las metodologías propuestas por Chung (2004) y Law M. y Associates (2007). En el artículo se muestran los pasos que se desarrollaron para la elaboración del modelo de simulación, desde la formulación del problema hasta la validación de los resultados. El cálculo y la aplicación de pruebas estadísticas fueron herramientas de gran importancia para comprobar que el modelo fuera una representación valida del sistema de procesamiento de carne de pollo y para seleccionar la propuesta que da el mayor beneficio en la reducción del *lead time* del procesamiento de carne de pollo.

***Palabras clave**: Lead time, Simulación, Flexsim, Experimenter*

Abstract

This article shows the development of a simulation model in the Flexsim® software of a chicken meat processing system in a PPA. The methodology used was an adaptation of the methodologies proposed by Chung (2004) and Law M. and Associates (2007). The article shows the steps that were developed for the development of the simulation model, from the formulation of the problem to the validation of the results. The calculation and application of statistical tests were very important tools to verify that the model was a valid representation of the chicken meat processing system and to select the proposal that would give the greatest benefit in reducing the lead time of meat processing of chicken.

***Key words**: Lead time, Simulation, Flexsim, Experimenter*

Introducción

La aplicación de la técnica de simulación es de gran importancia ya que esta técnica permite conducir experimentos en un modelo computarizado. Los modelos de simulación tienen relaciones matemáticas y lógicas que permiten describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real *(Bú, 2003)*. Con la simulación se pueden realizar experimentos que pueden conducir a la solución de problemas sin afectar al sistema real, tal es el caso del presente artículo, el cual muestra el desarrollo de un modelo de simulación, en 3D utilizando el software *Flexsim,* de un sistema de procesamiento de carne de pollo de una PPA localizada en el centro del estado de Veracruz, la cual desea reducir el tiempo de entrega (*lead time)* de uno de sus productos. Con este modelo se generaron diversas configuraciones para alcanzar el objetivo de la empresa.

Metodología

La metodología utilizada para desarrollar el modelo de simulación del procesamiento de ala en una PPA en el software Flexsim fue una adaptación de las metodologías propuestas por Chung (2004) y Law M. y Associates (2007). Los pasos de ésta fueron los siguientes:

1. Formulación del problema.
2. Planeación del estudio de simulación.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

3. Recolección de datos para el proceso de detallado de ala.
4. Construcción del modelo de simulación.
5. Validación del modelo de simulación.
6. Experimentación con el modelo de simulación.

1. Formulación del problema.

El primer paso para el desarrollo del modelo de simulación fue definir si existían problemáticas en la PPA. Para definir las problemáticas se realizaron recorridos al área de procesamiento de la PPA y se encontró, mediante el desarrollo de un VSM, que existen procesos y actividades que no se realizan de manera eficiente lo cual genera un incremento en el *lead time* del procesamiento de ala. Las diversas problemáticas encontradas se describen en el artículo de Bravo et al. (2018). El modelo de simulación que se describe en el presente artículo sólo se enfoca en analizar si las siguientes tres problemáticas tienen efecto en la reducción del *lead time*:

- Tiempo excesivo de estancia del ala en el proceso “cámara de refrigeración”.
- El desplumado en el detallado de ala requiere mucho tiempo.
- Los cuchillos se desafilan periódicamente.

2. Planeación del estudio de simulación.

Para que el desarrollo del modelo de simulación se apegara al sistema real se realizó lo siguiente:

1) Se definió que el objetivo global del estudio fuera “reducir el *lead time* del procesamiento de ala”.
2) Se definieron las siguientes preguntas a contestar mediante el análisis del modelo de simulación:
    a. ¿Qué tareas deben ser optimizadas en el proceso para mejorar el *lead time* del ala?
    b. ¿Qué tareas, realizadas actualmente, pueden omitirse para mejorar el *lead time* del ala?
3) Se definió que la medida de desempeño a utilizar, para comparar los resultados del modelo de simulación con el sistema real, fuera el *lead time*.
4) Se definió que el propósito del modelo de simulación es reducir el *lead time* del procesamiento de ala dentro de la nave de procesamiento de carne de pollo.
5) Se definió que el marco de tiempo para toma de datos fuera de tres meses.
6) Se definieron dos recursos necesarios: un cronómetro para tomar tiempos y el apoyo de los trabajadores.
7) Se definió que el “*software* de simulación fuera *Flexsim*® ya que permite realizar un modelo en 3D (Baeaverstock et al., 2012). Con este modelo se puede tener un mejor panorama.

3. Recolección de datos para el proceso del procesamiento de ala.

Para la construcción del modelo de simulación fue necesario obtener datos relacionados con el propósito del estudio: reducción del *lead time* del procesamiento de ala. Para ello se realizó lo siguiente:

1) Se definieron los tipos de datos necesarios con base en la clasificación de Harrel et al. (2004): datos estructurales (material, operadores y equipo de trabajo), datos operacionales (tipo de sistema y flujo de material) y datos numéricos (tiempos, capacidades y distancias).
2) Se diseño un formato para recolección de datos.
3) Se recolectaron los datos de los tres turnos existentes en la PPA, para ello se realizó lo siguiente:
    - Se consideraron a todos los operadores involucrados en cada etapa del procesamiento de ala y se recopilaron los tiempos en que se procesa cierto número de piezas de carne de pollo y el peso de las mismas
    - La recolección de datos se realizó de forma sistemática con un intervalo de 13 minutos para cada operador. Con el intervalo se obtuvieron 36 datos por cada operador en cada turno de ocho horas.
    - Debido a que el procesamiento de carne de pollo está dividido en tres turnos, para determinar el tiempo total de procesamiento de ala se utilizaron los datos recopilados.
    - De cada grupo de datos por proceso se seleccionaron de forma aleatoria 36 datos para utilizarlos en el modelo de simulación.
    - La recolección de los datos se realizó durante el marco de tiempo definido (tres meses).
4) Se capturaron los datos en un archivo de Excel para tener control y orden.
5) Se midieron y se tomaron fotografías de equipos y áreas de producción involucrados en el procesamiento de ala.
6) Se realizó un análisis estadístico para determinar a qué distribución de probabilidad se ajustaban los tiempos de cada proceso utilizando el módulo *ExpertFit*® del software Flexsim®. La Figura 1 ilustra los

 ISSN 2007-8102

resultados que proporciona *ExpertFit*®: distribución de probabilidad, el valor máximo, el valor mínimo y la representación de cómo se debe usar la distribución de probabilidad en el software *Flexsim*®.

4. Construcción del modelo de simulación.

Los pasos para la construcción del modelo de simulación fueron los siguientes:

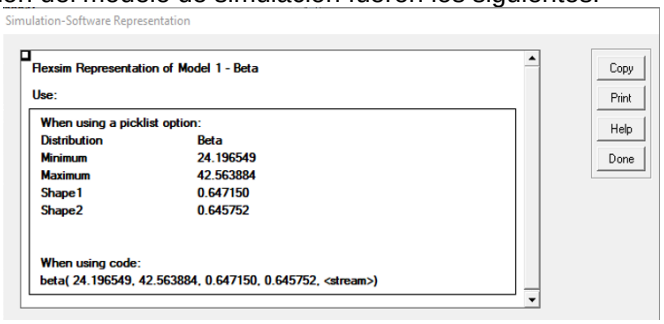


Figura 1 Representación de la distribución de probabilidad obtenida en ExperFit

1) Se definió que el sistema a simular fuera el procesamiento del ala en la nave de procesamiento de carne de pollo. Se seleccionó todo el procesamiento del ala ya que el *lead time* de este producto abarca desde que se recibe la materia prima (pollo entero) hasta la salida del producto final en la zona de embarques. El recorrido del producto en las diferentes estaciones de trabajo se muestra en la Figura 2.
2) Se definieron los siguientes supuestos del modelo:
    a. El producto objetivo por analizar sería el ala porque éste presentaba muchas problemáticas durante su procesamiento.
    b. La cantidad de alas a ser modeladas será un lote de 20 canastillas. Para obtener 20 canastillas de ala se debe recibir al menos 70 canastillas de pollo entero (materia prima).
    c. Los transportes de producto entre procesos se adecuarán al sistema actual: transporte por carretillas, banda transportadora o un operador cargando una canastilla de pollo.
3) Se verificó que el modelo conceptual de la simulación mostrado en el diagrama de recorrido (Figura 2), los tiempos y áreas de cada proceso y el equipo representaran al sistema de forma correcta. También se verificó que los supuestos del modelo fueran claros y completos.
4) Se construyeron diseños en 3D, en el software Sketchup, de los equipos y del área de procesamiento de carne de pollo para representar, lo más posible, a los existentes en el sistema real. Una muestra de los diseños 3D se ilustra en la Figura 3.
5) Se construyó el modelo de simulación realizando los pasos siguientes:
    a. Se definieron los *Objects* y los *Flowitems* del software *Flexsim*® que, con base en sus características, representarían el funcionamiento y comportamiento real del equipo y el material en el procesamiento de ala en la nave de procesamiento de carne de pollo. Los *Objects* seleccionados representarían equipos, maquinaria, procesos, esperas, operadores, espera de lotes, la entrada y salida de material. Los *Flowitems* representarían la carne de pollo (pollo entero o ala) y los contenedores donde sería colocada la carne de pollo para su transporte dentro del proceso.
    b. Se crearon los *Objects* y los *Flowitems* que formarían parte del modelo de simulación dentro del software *Flexsim*®.
    c. Se importó el diseño 3D del *layout* del área de procesamiento de carne de pollo, asegurándose de que éste tuviera las dimensiones del sistema real.
    d. Se modificó la apariencia de los *Objects* y los *Flowitems* con los diseños 3D realizados, se ajustaron sus dimensiones para que representaran al sistema real y se ajustaron sus nombres para identificarlos.
    e. Se realizaron conexiones de los Objects dentro del modelo de simulación basados en el flujo de la Figura 2.
    f. Se realizó la programación del modelo que consistió en colocar en los Objects las distribuciones de probabilidad obtenidas en el análisis estadístico de los tiempos, modificar las capacidades de los Objects, programar los recursos móviles para que transporten Flowitems en cantidad y velocidad adecuada y, programar paros de procesamiento.

 ISSN 2007-8102

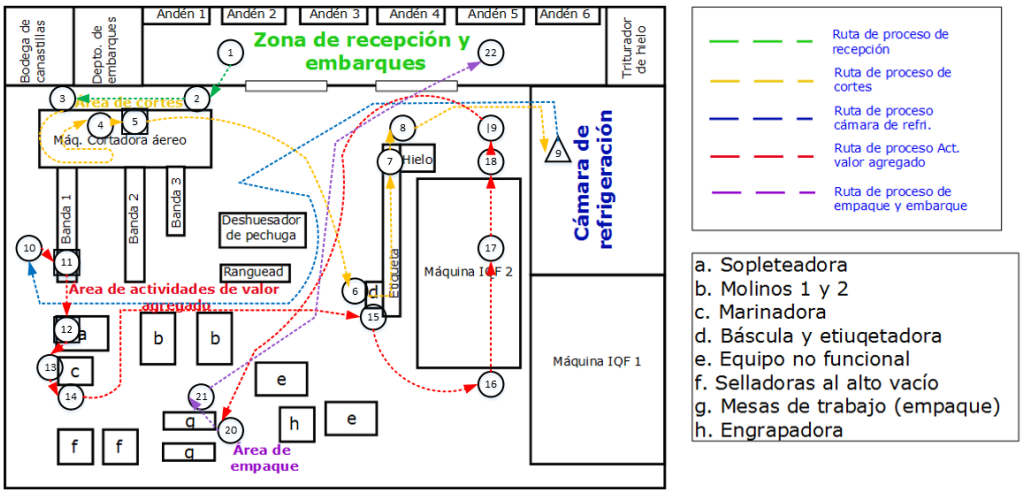
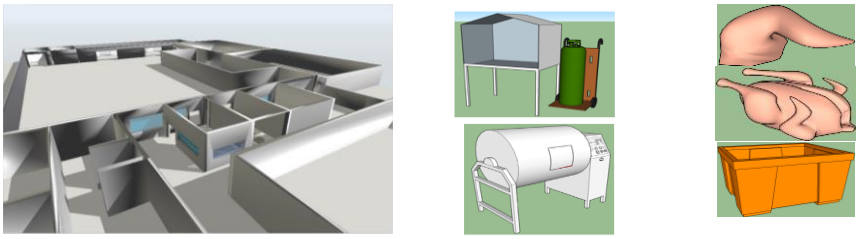


Figura 2 Flujo de procesos y recorrido de material del procesamiento de ala.



(a) **(b)** **(c)**

Figura 3. Diseños 3D de los elementos para el procesamiento de ala. a) *Layout* interno de la nave de procesamiento de pollo. b) Equipos de procesamiento de pollo c) Materiales que fluyen en el proceso.

6) Se verificó el modelo de simulación, observando y analizando de que éste se comportara igual que el proceso del ala. Se verificaron los nombres, capacidades, localizaciones, posiciones, distribuciones de probabilidad, entradas y salidas de los *Flexsim Objects*. Asimismo, se verificó el flujo, la forma y el tamaño de los *Flowitems*, además de los recorridos y capacidades de los *Objects* de transporte. Una vez que todo concordaba con el sistema real, se concluyó que el modelo representaba de manera adecuada al sistema de procesamiento de ala. La Figura 4 muestra el modelo de simulación construido en el software Flexsim® del área de procesamiento de carne de pollo de la PPA.



Figura 4 Modelo de simulación de la PPA construido en Flexsim®.

5. Validación del modelo de simulación.

Para la validación fue importante determinar la prueba estadística apropiada para comprobar las medias de la medida de desempeño obtenidas. Los pasos para realizar la validación del modelo fueron los siguientes:

1) Se definió que la medida de desempeño sería el *lead time* del procesamiento de ala, y que esta medida se utilizaría como medio de comparación del modelo de simulación con el sistema real.

2) Se definió el número óptimo de corridas del modelo. Con base en Chung (2004), se definieron 10 corridas piloto con un nivel de confianza (1-α) del 95%. De las corridas piloto se obtuvieron los resultados de la Tabla 1. Posteriormente, utilizando la Ecuación 1 y los valores de la Tabla 1 se determinó que el número de corridas optimas sería 14, incrementando *i (número de corridas)*, en uno, hasta que se cumplió la Ecuación 2. La Tabla 2 muestra los resultados de los incrementos hasta que cumple la Ecuación 2.

Tabla 1 Resultados de la media, varianza y β de las corridas piloto

Estadístico	Valor
μ	44941.52
S	1190.67
S^2	1417697.29
5%=β=	2247.08

$$n*(\beta)=\min\left\{i\geq n: t_{i-1,1-\alpha/2}\sqrt{\frac{S^2(n)}{i}}\leq\beta\right\}\ldots\ldots\ldots

5) Se validó el modelo de simulación aplicando la prueba *t-student*, debido a que, para ambos casos, el tamaño de muestra es menor a 30 y los datos presentaban un comportamiento normal. Los pasos para validar el modelo de simulación fueron los siguientes:
   a. Obtener los estadísticos de ambos conjuntos de datos.
   b. Plantear la hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1).
      - H_0: No existe una diferencia significativa entre la media del grupo de datos del sistema real y la media del grupo de datos de la simulación.
      - H_1: Existe una diferencia significativa entre la media del grupo de datos del sistema real y la media del grupo de datos de la simulación.
   c. Determinar el nivel de significancia (α=5%).
   d. Determinar los grados de libertad (Ecuación 3)

$$n_1 + n_2 - 2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

   e. Determinar el valor crítico $t_{\alpha/2,\ grados\ de\ libertad}$ usando tablas.
   f. Calcular el estadístico de la prueba *t-student* de acuerdo con la Ecuación 4.

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{(n_1-1){S_1}^2 + (n_2-1){S_2}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1+n_2-2)}{n_1+n_2}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Donde:

t = Estadístico de prueba calculado.
$\bar{x}_1$ = Media de la primera alternativa.
$\bar{x}_2$ = Media de la segunda alternativa.
${S_1}^2$ = Varianza de la primera alternativa.
${S_2}^2$ = Varianza de la segunda alternativa.
n_1 = Número de datos de la primera alternativa.
n_2 = Número de datos de la segunda alternativa.

Los resultados de los pasos a, c, d, e y f se muestran en la Tabla 3, de ella se puede concluir que el valor t no supera al valor crítico, por lo que se encuentra dentro del rango de no rechazo de la hipótesis nula (H_0). Con base en lo anterior, se concluye que el modelo de simulación es una representación valida del sistema real.

Tabla 3 Cálculo de estadísticos de la prueba *t-student*

	Real	Simulación
Media	45387.82	45195.29
Varianza	1769768.398	1289369.75
Desv estándar	1330.33	1135.50
n	14	14
Grados de libertad	13	13
Valor t	0.412	
Valor critico	2.056	

6.Experimentación con el modelo de simulación.

Una vez validado el modelo de simulación se realizó la experimentación, para ello se definió que el número de corridas sería de 14 y la longitud de cada corrida sería de 50,000 segundos (13.8 horas). Para definir las alternativas de experimentación se puntualizaron las siguientes observaciones del procesamiento de ala:

- El proceso “cámara de refrigeración” tiene un tiempo de almacenamiento de producto de 8 a 24 horas, por lo tanto, este proceso no genera valor al producto; sólo es una etapa de almacenamiento.
- En el proceso “detallado de ala” se observó que se detiene el proceso al realizar el afilado de cuchillos y no agrega valor al producto, además, la actividad de desplumado requiere demasiado tiempo y no se realiza de manera correcta.

Con base en estas observaciones y en las tres problemáticas planteadas en la formulación del problema se generaron las siguientes configuraciones enfocadas en reducir el *lead time* del ala:

1. Omitir el proceso cámara de refrigeración. Para elaborar esta configuración se realizó lo siguiente:
    a. Realizar un diagrama del nuevo flujo del modelo omitiendo el proceso cámara de refrigeración para tener una referencia del cambio a realizar en el modelo de simulación.
    b. Cambiar el flujo en el modelo de simulación con base en el diagrama del nuevo flujo, de esta forma el flujo iría del proceso de cortes hacia el proceso de valor agregado omitiendo la cámara de refrigeración.
    c. Realizar corridas de prueba para verificar que las nuevas conexiones se realizaron de manera correcta y que el producto y los operadores siguieran la ruta propuesta.
    d. Realizar las 14 corridas de simulación por medio del uso de *Experimenter* (herramienta dentro de *Flexsim*) y se registraron los tiempos obtenidos.
2. Omitir el tiempo de desplumado y afilado de cuchillos en el detallado de ala. Para elaborar esta configuración se realizó lo siguiente:
    a. Omitir el tiempo de desplumado y generar la nueva distribución de probabilidad, para el proceso de detallado de ala, utilizando *Expertfit*.
    b. Insertar la nueva distribución de probabilidad en los Objects destinados a realizar el proceso de detallado de ala.
    c. Quitar el tiempo de paro por afilado de cuchillos eliminando de la programación realizada los códigos que ejecutan la acción de paro en los Objects.
    d. Realizar corridas de prueba para corroborar que los Objects funcionaran correctamente con la programación realizada para la configuración.
    e. Realizar 14 corridas de simulación utilizando *Experimenter*, y registrardo los tiempos obtenidos.
3. Combinación de las alternativas 1 y 2**.** Para programar esta configuración se realizó lo siguiente:
    a. Se ajustó la programación para que el modelo omitiera el proceso “cámara de refrigeración” y los tiempos de desplumado y afilado de cuchillos en el detallado de ala.
    b. Realizar corridas de prueba para corroborar que las rutas, el flujo de los Flowitems y los Objects funcionaran correctamente con la programación realizada.
    c. Realizar 14 corridas de simulación utilizando la herramienta *Experimenter*, y registrando los tiempos obtenidos.

Resultados y discusión

Finalizada la experimentación con el modelo de simulación del sistema actual y los modelos de las configuraciones propuestas, se realizó la comparación del promedio del *lead time* de cada configuración contra el sistema actual y, con base en esto, se pudo calcular el ahorro obtenido en tiempo y en porcentaje (Tabla 4). De la Tabla 4 se pudo concluir que las configuraciones que otorgan el mayor beneficio en la reducción del *lead time* son las configuraciones 1 y 3. La figura 6 muestra una gráfica de barras de las medias obtenidas para que las personas involucradas en el proyecto pudieran interpretar los resultados de formas fácil.

Mediante el desarrollo del modelo de simulación se pudo representar el procesamiento de ala en una PPA. La recolección, análisis e interpretación de información permitieron conocer el comportamiento y el funcionamiento del procesamiento de carne de pollo en el área de producción. Con la elaboración de los modelos en 3D del área de procesamiento y los elementos que conforman el sistema se obtuvo una representación más apegada al sistema real. La construcción y la programación del modelo de simulación permitieron tener un panorama general de la situación real, además, permitieron realizar modificaciones y experimentaciones con el modelo si afectar al sistema real. Las configuraciones propuestas del modelo de simulación fueron realizadas mediante la observación del sistema real y el modelo de simulación y, así, se determinaron los procesos y actividades que generaban más problemáticas y que no agregaban valor al producto. Con base en los resultados obtenidos de las experimentaciones del modelo se determinó que las configuraciones propuestas 1 y 3, proporcionan el mayor beneficio en la reducción del *lead time*.

Tabla 4 Comparación de las medias del *lead time* del sistema actual contra las configuraciones

	Sistema actual	Configuración 1	Configuración 2	Configuración 3
Media (seg)	44877.83	14692.25	44659.32	14473.74
Media (hr)	12.47	4.08	12.41	4.02
Ahorro de tiempo (seg.)	0	30,185.58	218.51	30,404.10
Ahorro de tiempo (hr)	0	8.38	0.06	8.45
Porcentaje media	100%	32.74%	99.51%	32.25%

Ahorro en %	0%	67.26%	0.49%	67.75%

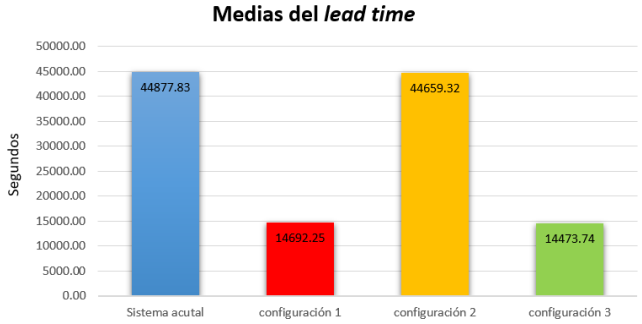


Figura 6 Gráfica de barras de las medias en segundos del lead time del sistema real y de las configuraciones propuestas.

Trabajo a futuro

El presente trabajo mostró como el desarrollo de un modelo de simulación sirvió como herramienta para generar propuestas de mejora en un área de producción de una PPA. El modelo de simulación realizado permitió tener una visión más amplia del procesamiento de carne de pollo. Con base en eso se generaron propuestas para la disminución del *lead time* del procesamiento de ala y se pudo determinar que configuración propuesta era la que proporciona el mayor beneficio. Para complementar la investigación realizada en el presente trabajo se proponen los siguientes trabajos futuros:

- Diseñar alternativas de programación de la producción que permitan omitir el proceso “cámara de refrigeración” ya que esta etapa es extensa y causa un incremento en el *lead time*.
- Realización de un estudio de métodos para la optimización de las actividades.
- Implementar SLP *(Systematic Layout Planning*) para determinar una distribución que aproveche el espacio y mejore el flujo de producción.

Conclusión

El desarrollo de un modelo de simulación, junto con la realización de cálculos y pruebas estadísticas, permitieron generar propuestas que disminuyeran el *lead time* del procesamiento de ala en una PPA. Con la simulación se pudo representar al sistema real, desde la elaboración del entorno en el que se encuentra el sistema de procesamiento de carne hasta el comportamiento de las etapas de procesamiento, asimismo, se pudo realizar modificaciones al modelo sin afectar al sistema real. Los cálculos y pruebas estadísticas fueron una herramienta que permitieron demostrar matemáticamente si el modelo de simulación era una representación valida del sistema real. Mediante la observación del proceso y del modelo de simulación se determinó en qué etapas del procesamiento de pollo se presentaban problemáticas o retrasos en la producción. En resumen, la aplicación en conjunto de la simulación con las pruebas estadísticas y el análisis del proceso, fueron de utilidad para generar propuestas de configuraciones para el modelo y validar si cada una de ellas otorgaba un beneficio considerable en la reducción del *lead time*.

Fuentes de información

1.- Baeaverstock, M., Greenwood, A., & Nordgren, W. (2012). *Applied Simulation: Modeling and Analysis using FlexSim*. Orem, USA: FlexSim software products.
2.- Bravo, G., Ortiz, F., & Hernandez, J. L. (2018). Determinación de área de oportunidad, en una PPA del centro del estado de Veracruz, aplicando Value Stream Mapping. Journal CIM,Volumen 6.
3.- Bú, R. C. (2003). *Simulación: un enfoque práctico*. México, D.F.: Editorial Lumusa.
4.- Chung, C. A. (2004). *Simulation Modeling Handbook a Practical Approach*. Washington, D.C.: CRC PRESS.
5.- Harrel, Ghosh, Biman, K., Bowden, & Royce, O. (2004). *Sumulation using Promodel*. USA: Mc Graw Hill.
6.- Law M., A., & Associates, I. (2007). *Simulation Modeling And Analysis* (Fourth ed.). Tucson, Arizona, USA: Mc Graw Hill.

Análisis de la calidad del servicio, del personal y de las instalaciones en el departamento de mantenimiento de instituciones educativas utilizando SERVPERF

P. G. Vidrio López[1], I. S. Caloca García[1], M. A. Hernández Díaz[2], D. del C. Gamboa Olivares[3]*
[1]Alumnos de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Angel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
[2]Maestro en Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Angel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
[3]Maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Angel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
**paholavidrio@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Este trabajo presenta el análisis de la calidad del servicio, del personal y de las instalaciones del departamento de mantenimiento de una institución educativa, utilizando como caso de estudio el Instituto Tecnológico de Veracruz. Para el desarrollo de la investigación se identifica que no se cuenta con una medida que cuantifique la percepción real que tiene el personal de los departamentos, el jefe de mantenimiento y los trabajadores del taller acerca del servicio proporcionado. Para lograr el objetivo, se diseñaron tres encuestas basadas en el modelo SERVPERF, ajustadas a las necesidades del estudio. La escala propuesta para medir la calidad del servicio de mantenimiento está constituida por una sola dimensión: Fiabilidad del servicio, con un total de 6 ítems. Por su parte, la escala propuesta para evaluar la calidad del personal del departamento también está compuesta por una dimensión: Fiabilidad del personal, con un total de 12 ítems, y finalmente, la escala para medir la calidad de las instalaciones está conformada por dos dimensiones: Infraestructura y Equipamiento, con un total de 7 ítems. Los datos recolectados son adecuados para efectuar un análisis factorial, puesto que, las pruebas KMO arrojaron valores superiores a 0.5 y las de esfericidad de Bartlett resultaron significativas. El análisis factorial evidencia que la dimensión de Fiabilidad del servicio explica un 67.95% de la variabilidad, la de Fiabilidad del personal un 59.57%, la de Experiencia del personal un 19.93% y la de Infraestructura y Equipamiento un 80.50%.

***Palabras clave**: Calidad del servicio, SERVPERF, Mantenimiento, Análisis factorial*

Abstract

This paper presents the analysis of the quality of service, personnel, and facilities of the maintenance department of an educational institution, using as a case study the Technological Institute of Veracruz. For the development of the research, it is identified that there is no measure that quantifies the real perception of the departments' personnel, the maintenance manager and the workers. To achieve the objective, three surveys based on the SERVPERF model were designed, adjusted to the needs of the study. The scale of the proposal to measure the quality of the maintenance service is constituted by a single dimension: Reliability of the service, with a total of 6 items. For its part, the scale proposed to assess the quality of staff of the department is also composed of one dimension: Reliability of the staff, with a total of 12 items, and finally, the scale to measure the quality of the facilities is made up of two dimensions: Infrastructure and Equipment, with a total of 7 items. The data collected are adequate to perform a factor analysis since the KMO tests showed values above 0.5 and Bartlett's sphericity tests were significant. The factor analysis shows that the dimension of the Reliability of the service explains 67.95% of the variability, that of Reliability of the staff a 59.57%, that of staff´s experience a 19.93% and that of Infrastructure and Equipment 80.50%.

***Key words**: Quality of service, SERVPERF, Maintenance, Factorial analysis*

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Introducción

En la actualidad, los cambios sociales han obligado a las instituciones a establecer “compromisos éticos” que les permitan igualarse en prestigio con otro tipo de organizaciones. Este objetivo se alcanzará cuando se plantee la “calidad” como táctica maestra para un buen funcionamiento (Westphal, J. D, Gulati, R. , & Shortell, S. M., 1997). Así pues, la calidad se ha convertido en un constructo que desempeña un papel fundamental en todos los contextos, ya que de ella dependen los beneficios y la supervivencia institucional (Berry, 1996). En ese sentido, en el momento que surge la competencia institucional, es cuando la calidad se convierte en una pieza angular para las organizaciones, ya que, a través de ella se obtienen verdaderos clientes que garantizan la supervivencia (E. Rebolloso Pacheco, C. Salvador, B. Fernández Ramírez, & P. Cantón Andrés, 2004). Un servicio es la actividad y/o beneficios que producen satisfacción a un consumidor (E. J. Duque Oliva, 2005). Dado que los servicios presentan características particulares o naturales frente a los productos, tales como: intangibilidad, heterogeneidad, inseparabilidad y carácter perecedero, resulta más difícil evaluar su nivel de calidad (A. Mejías Acosta, D. Villegas & N. Maneiro, 2009). El éxito del trabajo de mantenimiento no solo depende de la cantidad de recursos o financiamiento que se le asigne al mismo, depende de la capacidad y calidad con que se organice el servicio de mantenimiento (Al-Najjar B & Alsyour I., 2008) y (Bevilacqua M & Braglia M, 2010). De lo anterior, es de utilidad para el jefe del departamento de mantenimiento y equipo del Instituto Tecnológico de Veracruz, así como para los directivos de la institución, medir la percepción que tienen los trabajadores de la calidad del servicio ofertado por el mismo, así como la calidad del personal y de las instalaciones. De ahí que, el objetivo general de este estudio es determinar la percepción real de dichas calidades mediante la adaptación del modelo SERVPERF, con los siguientes objetivos específicos: a) Caracterizar la situación actual del departamento mediante la herramienta de diagnóstico FODA, b) Diseñar los instrumentos de medición (dimensiones y atributos), c) Validar la confiabilidad de los instrumentos de medición e d) Identificar los factores determinantes de la calidad del servicio, del personal y de las instalaciones a través de un análisis factorial. La contribución práctica de este trabajo radica en que los resultados obtenidos pueden ayudar a la toma de decisiones sobre asignación de recursos humanos y físicos en áreas específicas (dimensiones), permitiendo entre otras cosas, sugerencias estratégicas para mejorar la percepción de la calidad del servicio (J. Vera M. & A. Trujillo L, 2009).

Metodología

Existe una gran diversidad de modelos de medición en el sector de servicios, pero los más utilizados son SERVQUAL y SERVPERF, medidas cuya fiabilidad y eficacia ya han sido demostradas por innumerables investigaciones empíricas (S. E. Maldonado Radillo,, A. M. Guillén Jímenez, & R. E. Carranza Prieto, 2013). Ambos modelos permiten medir la calidad de cada una de las dimensiones y entender estratégicamente las variables estudiadas (J. G. Vargas Hernández, M. G. Zazueta , & F. E. Guerra García, 2010). El modelo SERVQUAL es sin lugar a duda el planteamiento más utilizado por los académicos hasta el momento, dada la proliferación de artículos en el área que usan su escala. Por otro lado, Cronin y Tayor, en 1992, proponen una medida solo basada en las percepciones, surgiendo así la escala SERVPERF (Service Performance), la cual es más corta y presenta menores problemas de validez. (S. E. Maldonado Radillo,, A. M. Guillén Jímenez, & R. E. Carranza Prieto, 2013).

Parte fundamental de que el SERVPERF sea considerado más conveniente y valioso en esta investigación, deriva de los siguientes dos escenarios. En el primero, se considera que un cliente tiene o maneja siempre expectativas altas de manera generalizada ante las actividades que componen un servicio, por lo tanto, al medir la brecha expectativa-percepción se llegaría siempre a un resultado no satisfactorio. En el segundo, considerando que algunas personas regularmente no presentan expectativas ante los servicios que utilizan, el resultado de la calidad del servicio percibido siempre se reflejaría como positivo o en niveles cercanos al ideal. La consecuencia directa de estas dos situaciones es que no se puedan identificar áreas de oportunidad reales (Hernández Díaz, Maravilla Tiburcio, Fernández Maldonado, & Santiago Cruz, 2018).
En la Figura 1 se representan las fases que conforman la metodología empleada en este trabajo de investigación, la cual fue elaborada con base en la propuesta de (S. E. Maldonado Radillo,, A. M. Guillén Jímenez, & R. E. Carranza Prieto, 2013).

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Diagrama de la metodología utilizada. Fuente: Elaboración propia.

1. Análisis de la situación actual

En esta primera fase se realiza el diagnóstico del sistema actual utilizando una herramienta perteneciente a la administración estratégica, que es el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). En la Figura 2 se detecta que el servicio que presta el departamento de mantenimiento del Instituto Tecnológico de Veracruz presenta algunas debilidades o deficiencias internas que pueden representar áreas de oportunidad para proponer mejoras. Una de ellas, es que no se cuenta con una medición cuantitativa de cómo perciben el servicio el personal de los departamentos, el jefe de mantenimiento y los trabajadores del taller, que sirva de punto de partida para la toma de decisiones.

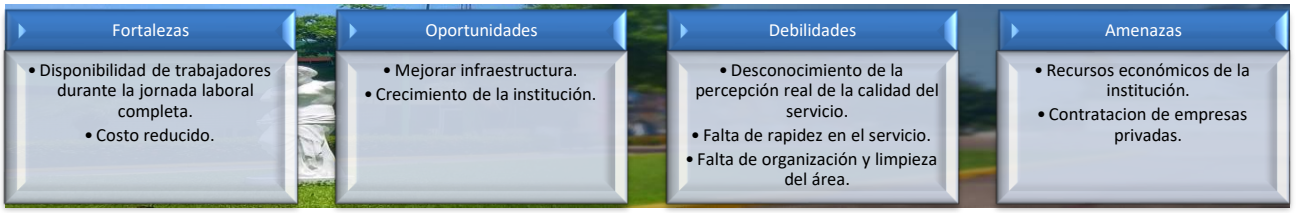


Figura 2. Análisis FODA. Fuente: Elaboración propia.

2. Diseño del instrumento de medición (SERVPERF)

En esta segunda fase, se definen las dimensiones que aseguraran la evaluación de la calidad del servicio del departamento de mantenimiento y equipo. Para ello, se toman en cuenta los estudios de (E. M. Sanmiguel Jaimes, M. X. Rivera Franco, N. O. Mancilla Medina , & H. Ballesteros Monsalve, 2015), (A. Mejías Acosta, D. Villegas & N. Maneiro, 2009) y (J. Vera M. & A. Trujillo L, 2009), cuyas escalas se ajustan a los requerimientos de la entidad universitaria. Los diseños resultantes se muestran en los Anexos 1, 2 y 3 de este documento. El primer instrumento se integra por 6 atributos (ítems) agrupados en una sola dimensión: Fiabilidad del servicio, el segundo se compone por 12 atributos asociados también en una sola dimensión: Fiabilidad del personal y el tercero se constituye por 7 atributos reunidos en dos dimensiones: Infraestructura y Equipamiento. Se utiliza la escala de Likert que mide actitudes o predisposiciones individuales en contextos sociales particulares (E. M. Sanmiguel Jaimes, M. X. Rivera Franco, N. O. Mancilla Medina , & H. Ballesteros Monsalve, 2015), tomando una escala de 1 a 5, donde: 1 = muy mala, 2 = mala, 3 = regular, 4 = buena y 5 = muy buena. Para la aplicación de las encuestas

se entregaron a cada jefe de departamento, al trabajador con mayor pericia del taller (jefe de mantenimiento), así como a cada uno de los trabajadores. Cabe mencionar que no se realiza el cálculo de una muestra, puesto que el universo de este estudio no es muy grande (19 departamentos, 1 jefe de mantenimiento y 10 trabajadores).

Resultados y discusión

3. Validación del instrumento de medición

En la Tabla 1 se exponen los resultados del análisis descriptivo de los ítems (medias), las cuales fueron obtenidas mediante el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) ®.
En lo que se refiere a la Fiabilidad del servicio, se observa que los ítems con medias más elevadas son: la amabilidad del personal ($\bar{x} = 4.1053$), la durabilidad del trabajo ($\bar{x} = 3.8947$), la cantidad de trabajadores y la limpieza del área posterior a la reparación ($\bar{x} = 3.6316$). Por su parte, los factores que peor fueron evaluados por los jefes de departamento son: el tiempo de respuesta ($\bar{x} = 3.3158$) y la rapidez del servicio ($\bar{x} = 3.1053$).
Por otro lado, en lo que respecta a la Fiabilidad del personal del taller, se advierte que los atributos con medias más elevadas son: la durabilidad que tienen sus trabajos y actitud ante los problemas ($\bar{x} = 3.4000$), la actitud ante los trabajos y la capacidad para resolver problemas ($\bar{x} = 3.3000$), la técnica que tienen sobre herramientas y equipo, así como su conocimiento en los trabajos ($\bar{x} = 3.2000$) y la flexibilidad sobre los mismos ($\bar{x} = 3.1000$).
De igual forma, los ítems que peor fueron evaluados por el experto del taller son: la rapidez, la calidad y el desempeño en equipo ($\bar{x} = 2.9000$), el orden y limpieza al realizar un trabajo ($\bar{x} = 2.7000$) y el orden y limpieza al terminar un trabajo ($\bar{x} = 2.5000$).
Del mismo modo, los atributos que mejor fueron evaluados en la dimensión de Infraestructura son el acceso del equipamiento y la iluminación del área ($\bar{x} = 3.8000$). En cambio, los que atributos con medias más bajas son el espacio ($\bar{x} = 3.6000$) y la organización y limpieza del área ($\bar{x} = 3.5000$).
En el caso de la dimensión de Equipamiento, el atributo mejor evaluado es la calidad de las herramientas y equipo ($\bar{x} = 3.7000$), mientras que, la cantidad de herramientas y refacciones obtuvieron una baja valoración con una media de ($\bar{x} = 3.6000$).

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de los ítems.

Dimensión	Ítems		Media
Fiabilidad	1	El tiempo de respuesta a una solicitud de trabajo es	3.3158
	2	La rapidez del servicio es	3.1053
	3	La amabilidad del personal que realiza las reparaciones es	4.1053
	4	La cantidad de trabajadores que acuden es	3.6316
	5	La durabilidad del trabajo realizado es	3.8947
	6	La limpieza del área posterior a la reparación (al trabajo realizado) es:	3.6316
	7	La actitud que tiene ante un problema es*	3.4000
	8	La actitud que tiene ante un trabajo es*	3.3000
	9	La capacidad para resolver un problema es*	3.3000
	10	La técnica que tiene sobre las herramientas y equipo es*	3.2000
	11	Su conocimiento en los trabajos a realizar es*	3.2000
	12	La flexibilidad de hacer cualquier trabajo es*	3.1000
	13	La durabilidad que tienen sus trabajos es*	3.4000
	14	La rapidez con la que trabaja es*	2.9000
	15	La calidad de su trabajo es*	2.9000
	16	Su orden y limpieza del área al realizar un trabajo es*	2.7000
	17	Su orden y limpieza del área al terminar un trabajo es*	2.5000
	18	Su desempeño al trabajar en equipo es*	2.9000
Infraestructura	19	Espacio*	3.6000
	20	Acceso del equipamiento*	3.8000
	21	La iluminación del área es*	3.8000
	22	La organización y limpieza del área es*	3.5000
Equipamiento	23	La cantidad de herramientas es*	3.6000
	24	La cantidad de refacciones es*	3.6000
	25	La calidad de las herramientas y equipo es*	3.7000

Fuente: Elaboración propia con software SPSS.

Es importante mencionar que los ítems que se encuentran marcados con un asterisco (*) solo fueron contestados por el experto del taller de mantenimiento, y que las dimensiones: infraestructura y equipamiento son referentes a las condiciones del departamento de mantenimiento y a sus herramientas y equipos, cuyas preguntas fueron contestadas por los trabajadores del mismo.

Para determinar que la encuesta se encuentra libre de errores aleatorios y obtener la fiabilidad del conjunto de elementos que la conforman, se calcula el coeficiente de consistencia interna alfa de Cronbach (α) estandarizado, con el cual se toman en cuenta las correlaciones lineales de las preguntas (Matsumoto Nishizawa, 2014).

Considerando que dicho valor en la medida que se acerca a 1 indica una mayor confiabilidad (Hernández Díaz, Maravilla Tiburcio, Fernández Maldonado, & Santiago Cruz, 2018), se puede decir que las 25 preguntas de la encuesta (medidas en la escala de Likert) presentan una consistencia interna aceptable, ya que, se obtiene un valor de $\alpha = 0.748$.

Ahora bien, si se mide por subescalas, la variable Fiabilidad del servicio (atributos 1 a 6) tiene una confiabilidad excelente, con un valor de $\alpha = 0.904$; mientras que, la Fiabilidad del personal del taller (atributos 7 a 18) tiene una consistencia interna buena, con un valor de $\alpha = 0.895$. Por su parte, las variables de Infraestructura y Equipamiento presentan confiabilidades buena y excelente, con valores de $\alpha = 0.880$ y $\alpha = 0.952$ respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Alfa de Cronbach estandarizado

Variables de la calidad del servicio	Alfa de Cronbach estandarizado	No. De Ítems	Evaluación
Fiabilidad del Servicio	0.904	6	Excelente
Fiabilidad del Personal	0.895	12	Buena
Infraestructura	0.880	4	Buena
Equipamiento	0.952	3	Excelente
Total	0.748	25	Aceptable

Fuente: Elaboración propia con software SPSS.

4. Identificación de factores determinantes

En esta última etapa se procede a realizar un análisis factorial exploratorio (AFE) para determinar si cada uno de los ítems propuestos en cada dimensión o factor de la escala diseñada son adecuados y se pueden utilizar para medir la calidad del servicio del departamento de mantenimiento, la calidad de los trabajadores que se desempeñan en él, así como la calidad de sus instalaciones, o si es necesario efectuar una reducción de elementos en alguna variable o eliminación de algún factor debido a insuficiencia de elementos. Previamente se verifica la adecuación muestral de los datos disponibles mediante dos indicadores del grado de asociación de las variables como son la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y de esfericidad de Barlett (Maldonado Radillo, Guillén Jiménez, & Carranza Prieto, 2013), esto con la finalidad de verificar que las correlaciones entre cada uno de los ítems sean altas (superiores a 0.5) y se demuestre la idoneidad de la técnica de AFE. Para llevar a cabo lo anterior, es imprescindible que en cada instrumento (encuesta), la cantidad de unidades experimentales sea igual o superior a la cantidad de ítems, con el objeto de que se puedan calcular todas las correlaciones. Sin embargo, en el caso de la escala utilizada para medir la calidad del personal del taller al omitir los elementos 13 y 14, por considerarse los menos importantes o que están relacionados con otros ítems, el resultado obtenido es una matriz no cierta positiva, por lo que, se decide omitir más elementos repetitivos o interrelacionados con otros de la misma escala. En ese sentido, solo se incluyeron en el análisis los ítems 8,10, 15,16,17 y 18. El mismo procedimiento se aplica a las dimensiones de Infraestructura y Equipamiento, quedando los ítems 19, 22 y 23. En la tabla 3 se observa que los KMO obtenidos en todas las escalas son superiores a 0.5 y que no se pueden aceptar las hipótesis de que las matrices de correlaciones son matrices de identidad, es decir, que las variables están suficientemente intercorrelacionadas y que por tanto, la técnica de análisis factorial es susceptible de aplicarse en cada instrumento.

Tabla 3. Test de esfericidad de Bartlett y Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

Variables de la calidad del servicio	KMO	Prueba de esfericidad de Bartlett	Hipótesis nula
Fiabilidad del Servicio	0.718	$p = 8.7181 \times 10^{-9}$	Se rechaza
Fiabilidad del Personal	0.625	$p = 0.001$	Se rechaza
Infraestructura y Equipamiento	0.656	$p = 0.001$	Se rechaza

Fuente: Elaboración propia con software SPSS.

Para el AFE se selecciona como método de extracción el de componentes principales y como método de rotación, el VARIMAX. En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos, en el caso de la escala diseñada para medir la calidad del servicio del departamento de mantenimiento, se revela que los elementos incorporados en ella se pueden agrupar en una sola dimensión o factor (Fiabilidad del servicio), en cuyo caso, se explica el 67.95% de la varianza total. Además, se observa que se le otorga mayor carga factorial a los ítems 6, 5, 1 y 2. Por su parte, la escala diseñada para medir la calidad del personal del taller puede ser subdividida en dos dimensiones (Fiabilidad del personal y Experiencia del personal, en cuyo caso el primer componente explica el 59.57% de la varianza total, mientras que el segundo, un 19.93%. También, cabe destacar que en el primer componente se les otorga mayor peso a los ítems 16, 17 y 15. Finalmente, en lo que se refiere a la escala diseñada para medir la calidad de las instalaciones, se observa que los ítems propuestos se pueden asociar en un solo componente (Infraestructura y Equipamiento), los cuales en conjunto explican un 80.50% de la varianza total. Aquí se les da mayor ponderación a los ítems 22 y 19.

Tabla 4. Varianza total explicada y cargas factoriales por dimensión en cada escala.

Escala	Dimensión	Varianza total explicada	Ítem	Carga factorial
Calidad del servicio	Fiabilidad del servicio	67.95%	6	0.910
			5	0.861
			1	0.822
			2	0.822
			4	0.780
			3	0.740
Calidad del personal	Fiabilidad del personal	59.57%	16	0.972
			17	0.875
			15	0.869
			18	0.757
			8	0.625
	Experiencia del personal	19.93%	10	0.743
Calidad de la instalación	Infraestructura y Equipamiento	80.50%	22	0.948
			19	0.940
			23	0.795

Trabajo a futuro

De acuerdo a las áreas de oportunidad encontradas en esta investigación, se propone la implementación de la metodología 5S dentro del departamento de mantenimiento, esto con el objetivo de mejorar la limpieza y organización del área, de tal suerte que los trabajadores puedan encontrar más fácil y rápido sus herramientas y refacciones y el tiempo de respuesta ante alguna solicitud de servicio disminuya. De igual forma, se plantea la posibilidad de capacitar a los trabajadores en la mejora de hábitos durante y ulteriores a la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

Conclusiones

La percepción de la calidad del servicio del departamento de mantenimiento, del personal del taller y de las instalaciones fue posible medirla con el desarrollo de instrumentos basados en la metodología SERVPERF y

adaptados al tipo de organización y su contexto. Los instrumentos de medición propuestos obtuvieron confiabilidades buenas y excelentes de acuerdo con el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach. Las características del servicio en las que el personal de los departamentos deposita un mayor peso o carga son la limpieza del área posterior a la reparación, la durabilidad del trabajo, el tiempo de respuesta a una solicitud de trabajo y la rapidez del servicio. Respecto a las características de la calidad del personal del departamento de mantenimiento, se identifica que se les otorga una mayor ponderación a atributos como la limpieza durante y posterior a la realización de algún trabajo. Por último, las características de la calidad de las instalaciones en las que los trabajadores ponen mayor importancia son la organización y limpieza del área, así como al espacio que tienen para la realización de sus actividades. Los instrumentos desarrollados pueden ser utilizados para evaluar la percepción de la calidad del servicio en otros departamentos de mantenimiento circunscritos en entidades de educación superior, previa modificación de items de acuerdo a sus requerimientos.

Agradecimientos

Se externa el más sincero agradecimiento al jefe del departamento de mantenimiento del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, el Ing. Otoniel Salomón Acosta por las facilidades otorgadas para el desarrollo de esta investigación.

Referencias

1. Caicedo L., S. L., & Caldas G., M. (2002). La importancia de la cultura organizacional en la implementación de mantenimiento de sistemas de gestión de calidad basados en la norma ISO 9000.
2. E. M. Sanmiguel Jaimes, M. X. Rivera Franco, N. O. Mancilla Medina , & H. Ballesteros Monsalve. (2015). Medición de la calidad percibida en el servicio mediante la herramienta SERVQUAL en tiendas de café en Santander, Colombia. *Criterio Libre*, 145-164.
3. A. Mejías Acosta, D. Villegas , & N. Maneiro. (2009). Factores determinantes de la calidad de los servicios bancarios en un campus universitario venezolano. *Investigación y Ciencia,*, 50-55.
4. Al-Najjar B, & Alsyour I. (2008). The Management System for Facilities and Activities. International Journal of production economic. 85-100.
5. Berry, L. (1996). *Un buen servicio ya no basta. Latinoamerica: Norma.*
6. Bevilacqua M, & Braglia M. (2010). The analitic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. . *Reliabity Engineering & System Safety.*
7. E. J. Duque Oliva. (2005). Revisión del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, vol. 15, nº 25*, 64-80.
8. E. Rebolloso Pacheco, C. Salvador, B. Fernández Ramírez, & P. Cantón Andrés. (2004). Análisis y ampliación del SERVQUAL en los servicios universitarios.
9. Hernández Díaz, M. A., Maravilla Tiburcio, J. R., Fernández Maldonado, A. d., & Santiago Cruz, S. (2018). Análisis de factores multidimensionales de la calidad del servicio en cafeterías de instituciones educativas utilizando SERVPERF. *Ingeniantes*, 29-35.
10. Herrera Galán M. (2012). *Sistema Automatizado para la Gestión de Mantenimiento en Plantas de Producción La Habana: Instituto Superior José Antonio Echeverría, Departamento de Bioingeniería.*
11. J. G. Vargas Hernández, M. G. Zazueta , & F. E. Guerra García. (2010). La calidad en el servicio en una empresa local de pizza en los Mochis Sinaloa. *EAN, no.68*, 24-41.
12. J. Vera M., & A. Trujillo L. (2009). El Papel dela Calidad del Servicio del Restaurante como Antecedente de la Lealtad del Cliente. En n. 3. Panorama Socioeconomico vol. 27.
13. Matsumoto Nishizawa, R. (2014). Desarrollo del modelo servqual para la medición de la calidad del servicio en la empresa de publicidad Ayuda Experto. *Perspectivas*, 181-209.
14. Miguel Angel Hdz. Díaz, Jorge R. J. Maravilla T., Alicia J. Fdz. Maldonado, & Saúl Santiago C. (s.f.). Analisis de factores multidimensionales de la calidad del servicio de cafeterias de instituciones educativas utilizando SERVPERF. *Ingeniantes*.
15. S. E. Maldonado Radillo,, A. M. Guillén Jímenez, & R. E. Carranza Prieto. (2013). Factores determinantes de la calidad del servicio de una cafetería en el campus de una universidad pública. *Internacional administración & finanzas Vol. 6*, 109-118.
16. Sánchez Rodríguez ÁP. (2010). *La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento. Ingeniería Mecánica.* 13(2):72-8. ISSN 1815-5944.
17. Westphal, J. D, Gulati, R. , & Shortell, S. M. (1997). *Customization or conformity? An institutional and network perspective on the context and consequences of TQM adoption.* Administrative Science Quarterly, 42, 366-94.

Anexo 1.

Análisis de la calidad del servicio del departamento de mantenimiento

Nombre del departamento

Veces que realiza una orden de servicio por mes			
1-2 veces	3-4 veces	5-6 veces	Más de 6 veces

En relación al servicio de parte del departamento de mantenimiento y equipo, marcar con una X la respuesta que considere más conveniente.

FIABILIDAD	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
El tiempo de respuesta a una solicitud de trabajo es					
La rapidez del servicio es					
La amabilidad del personal que realiza las reparaciones es					
La cantidad de trabajadores que acuden es					
La durabilidad del trabajo realizado es					
La limpieza del área posterior a la reparación (al trabajo realizado) es					

Anexo 2.

Análisis de la calidad del personal del departamento de mantenimiento

Nombre del trabajador	
Tiempo en la institución	

En relación con su compañero de trabajo, marcar con una X la respuesta que crea más conveniente a cada pregunta.

FIABILIDAD	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
La actitud que tiene ante un problema es					
La actitud que tiene ante un trabajo es					
La capacidad para resolver un problema es					
La técnica que tiene sobre las herramientas y equipo es					
Su conocimiento en los trabajos a realizar es					
La flexibilidad de hacer cualquier trabajo es					
La durabilidad que tienen sus trabajos es					
La rapidez con la que trabaja es					
La calidad de su trabajo es					
Su orden y limpieza del área al realizar un trabajo es					
Su orden y limpieza del área al terminar un trabajo es					
Su desempeño al trabajar en equipo es					

Anexo 3.

Análisis de la calidad de las instalaciones del departamento de mantenimiento

INFRAESTRUCTURA	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
Espacio					
Acceso del equipamiento					
La iluminación del área es					
La organización y limpieza del área es					
EQUIPAMIENTO	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
La cantidad de herramientas es					
La cantidad de refacciones es					
La calidad de las herramientas y equipo es					

Estandarización del proceso de suplementos alimentarios para la planeación agregada

Dra. M. C.García Vargas[1], C. I. Mora Bernal[2], M.C. J. C.Pérez Mora [3]

1, Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Campus Zitácuaro, Ave. Tecnológico No. 186 Manzanillos C.P. 61534 Zitácuaro, Mich. Tel. 01(715) 153-4445

migarcia97@hotmail.com; ever_77@outlook.com

[2]Estudiante del programa de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Campus Zitácuaro, Ave. Tecnológico No. 186 Manzanillos C.P. 61534 Zitácuaro, Mich. Tel. 01(715) 153-4445

itzy-07@hotmail.com;

[3] *Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Cd. Hidalgo Av. Ing. Carlos Rojas Gutiérrez 2120, Fraccionamiento Valle De La Herradura, 61100 Cd Hidalgo, Mich*.

jperez@itsch.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En el presente artículo se plantea la toma de tiempos de proceso en cada centro de trabajo para la estandarización de operaciones, el cálculo de la máxima capacidad de producción de cada centro de trabajo y la definición de la demanda en firme, con el objetivo de llevar a cabo la planeación agregada de producción de suplementos alimenticios, considerando las principales restricciones del proceso.

***Palabras clave**: estandarización, capacidad de producción, planeación agregada*

Abstract

In the present paper the process times are considered in each work center for the standardization of operations, the calculation of the maximum production capacity of each work center and the definition of the demand, with the aim of carrying out the aggregate planning of production of food supplements, considering the main constraints of the process

***Key words**: standardization, production capacity, aggregate planning*

Introducción

En 2008 Krajewski ya hablaba de la creciente competencia alrededor del mundo, y de que casi todas las industrias, negocios y organizaciones manufactureras y de servicio habían tenido que reestructurarse para obrar con mayor efectividad. Estos nuevos retos deben ser considerados para mantener la competitividad de las empresas en el ámbito global.

En 2019 se habla de que las grandes firmas requieren implementar constantemente cambios para la mejora continua en su forma de administrar, producir y comercializar los productos y garantizar la preferencia de los clientes. Sin embargo, poco se habla de cómo Micro, Pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) administran sus operaciones para mantenerse en el mercado. Si se considera que, de acuerdo con Expansión (2013), este tipo de empresas generan 81% del empleo y 52% del Producto Interno Bruto (PIB) del país, resulta imperante vincular las escuelas de nivel superior con estos negocios para identificar cómo mejorar los procesos y ubicar nuevos mercados de manera que los ingenieros en ciernes y los académicos ayuden a enfrentar la competencia internacional, a través de la profesionalización de las MiPymes.

La empresa en estudio produce suplementos alimentarios, atiende mercados internacionales y para conservarlos requiere fortalecer su planeación de producción. Entre las áreas de oportunidad detectadas como prioritarias está la definición de los tiempos estándar de producción para determinar la capacidad del proceso. Esta indefinición ha tenido consecuencias como el incumplimiento de los pedidos del cliente en tiempo y forma, desabasto de materia prima y empaque y por consiguiente paros en la línea de producción.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

El análisis, la planeación, la programación y el control de la capacidad de producción son actividades críticas que se desarrollan en paralelo con las actividades de planeación de requerimiento de materiales; éstas son la base para establecer la cantidad de recursos humanos y recursos físicos necesarios para cumplir con los objetivos de producción de una empresa por unidad de tiempo (García, 2012).

El alcance de la presente investigación es implementar la planeación agregada y el control de la producción, partiendo de la estandarización de los tiempos de proceso en cada una de las estaciones de trabajo y determinar la capacidad total de producción de la planta con base en la clasificación de los productos por familias.

Durante el desarrollo se aplicaron herramientas de ingeniería industrial, tales como ingeniería de métodos y administración de operaciones.

Metodología

Levantar la información relacionada con la secuencia del proceso de producción de suplementos alimentarios. Se describe la secuencia de operaciones, la maquinaria y las actividades por estaciones de trabajo.

Clasificar los productos por familias. Tomando en cuenta la diversidad de productos que se fabrican en la empresa se precisa clasificar los productos en familias, de acuerdo con las características comunes en el proceso productivo, para facilitar su posterior toma de tiempos.

Estandarizar las operaciones de cada estación de trabajo. Realizar el estudio de tiempos por estación de trabajo, método estadístico para determinación de observaciones, calificación de desempeño por el Método de Westinghouse, uso de los suplementos, cálculo del tiempo estándar. Se presentará el desarrollo completo de la estandarización de tiempos de solo producto por familia, a manera de ejemplo de cómo se calculó el tiempo estándar, para posteriormente presentar el resumen de los tiempos calculados del resto de las familias

Programar la producción agregada. Definición de la capacidad de producción por centro de trabajo, determinación de la capacidad total de producción por familia de producto, cálculo de pronóstico de ventas para definir la mezcla de producción.

Resultados y discusión

Secuencia y proceso de producción de suplementos alimentarios

El proceso de producción consta de 5 estaciones de trabajo: cocina, secado, impresión de moldes, reposo en cámara de frío y acondicionado del producto.

a) *Cocina*. La maquinaria que integra la cocina es el mixer, el cooker y el buffer, aunque es un proceso tipo continua cuya capacidad de producción es de 312.5 kg/h. Esta es la actividad que desencadena el flujo productivo, porque aquí se prepara la mezcla que conforma el cuerpo del suplemento alimentario. Su arranque depende de la disponibilidad de insumos, considerando el inventario de producto a reprocesar.

b) *Secado de almidón*. Se realiza en un cuarto aislado con temperatura y humedad controlada. En este centro de trabajo se prepara la base de almidón que conformará el molde del suplemento alimentario. A la base de almidón se le elimina parte de la humedad para que esté en estado sólido y se le da una forma rectangular, colocándola en cajones que son transportados para su impresión.

c) *Impresión de moldes*. Esta estación de trabajo cuenta con una máquina que imprime la forma deseada a la base de almidón que fungirá como molde. El mogul, además de estar destinado a la impresión de moldes, realiza el vaciado de mezcla en el molde.

d) *Secado de producto.* Una vez que la mezcla está en el molde es necesario regresarlo a la estación de secado para su solidificación.

e) *Desmolde*. Cuando el producto está compacto se regresa al centro de trabajo de impresión de moldes, para que en el mogul se desmolde el producto y se vacíe en charolas de manera manual.

f) *Reposo en cámara de frío*. Esta estación cuenta con una cámara con temperatura controlada y ventiladores debido a que, por la naturaleza de algunos productos, es necesario dejarlos en reposo con una temperatura baja antes de ser empaquetados.

g) *Acondicionado*. La estación tiene una etiquetadora, pero la mayor parte de las operaciones se realizan en ausencia de maquinaria y equipo. En este centro de trabajo se integran las operaciones de inspección de producto, colocación en frascos o bolsas de acuerdo al pedido del cliente, sellado e inducción del frasco o bolsa, etiquetado y lotificado del producto, inspección final y el embalaje del producto en tarimas

 ISSN 2007-8102

Familias de productos

Para facilitar el estudio, los productos se han clasificado de acuerdo a las similitudes en el proceso de acondicionado para su posterior empaque, dichos productos se agrupan de la siguiente manera:

a) Productos enfrascados (92)
b) Productos embolsados (18)
c) Empaque en blíster (4)
d) Productos de tratamiento especial (4)

Operaciones estándar por estación de trabajo

Determinación del tiempo normal

Debido a las variaciones que existen en los tiempos de procesamiento de las diferentes familias de productos, se calcularon los ciclos necesarios de muestreo, mediante el *método estadístico,* obteniendo un total de 4 ciclos para cada familia.

Se analizan los datos obtenidos del muestreo para determinar el tiempo normal.

El proceso del producto de 726 g que es enfrascado, consta de 15 elementos cronometrados durante 4 ciclos, cuyo tiempo promedio es de 136,889.4 segundos, 2,278.2 minutos o 38 horas (Ver tabla 1).

Tabla 1. Toma de tiempos de productos con empaque en frasco 726 g

Productos de enfrascados 726 g						
Elemento/ciclo	**1**	**2**	**3**	**4**	**Promedio segundos**	**Promedio minutos**
Fabricación (batch de 250 kg)	2880	2880	2880	2880	2880	48.0
Inyección de mezcla en cajones	1342.8	1342.8	1342.8	1342.8	1342.8	22.4
Secado de mezcla	86400	86400	86400	86400	86400	1440.0
Desmolde de producto	1260	1260	1260	1260	1260	21.0
Capoleado y depositado en charolas	900	900	900	900	900	15.0
Secado de producto a temperatura ambiente	43200	43200	43200	43200	43200	720.0
Traslado de producto a líneas de acondicionado	38	42	39	47	42	0.7
Enfrascado	110.0	84.0	134.0	129.0	136.3	2.3
Pesaje de frasco	71.0	75.0	79.0	86.0	90.4	1.5
Inspección de frasco	63.0	115.0	45.0	50.0	95.3	1.6
Sellado e inducción	3.4	3.4	3.8	3.0	3.46	0.1
Traslado de producto a línea de etiquetado	42	38	42	39	41.5	0.7
Etiquetado	42	48	66	74	58	1.0
Lotificado	48.0	46.0	37.0	40.0	40.8	0.7
Embalaje	128	157	152	161	157.3	2.6
Traslado a almacén de P.T.	42	38	42	39	41.5	0.7
Totales por ciclo en segundos	136570.2	136629.2	136622.6	136650.8	136689.4	
Totales por ciclo en minutos	2276.2	2277.2	2277.0	2277.5	2278.2	
Totales por ciclo en horas	37.9	38.0	38.0	38.0	38.0	

Calificación de desempeño de operadores

Se utilizó el método Westinghouse para la valoración del operario, tomando en cuenta 4 factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Para realizar la toma de tiempos se seleccionaron 6 operadores de un total de 40, considerando que 3 de ellos tienen un desempeño regular, es decir, no se añade puntuación; en dos

 ISSN 2007-8102

operadores restantes se añade un 3% y en una de las operadoras se califica un 6%. Estos suplementos se añaden a las tablas del cálculo del tiempo normal.

Suplementos añadidos por estación de trabajo

Al tiempo normal se le suma la ponderación del tiempo, agregando el porcentaje referente a los suplementos, de acuerdo con las condiciones de trabajo.

Para facilitar la asignación de suplementos, se clasificaron los elementos considerando las áreas donde se realizan; para el área de cocina se calificó y añadió un 11% total.

Al área de mogul se le asignaron los mismos suplementos que al área de cocina. Sin embargo, se incluye 1% por ser un trabajo bastante monótono.

A las actividades que se realizan en el área de acondicionado se asigna un total de 19%.

En el área de etiquetado y lotificado se asigna un total de 15%.

Para el embalaje de los productos se considera un total de 15%.

Cuando se realiza el transporte de productos y, tomando en cuenta que para ello se utiliza un patín, se asigna un total de 9% (Ver tabla 2).

Tabla 2. Asignación de suplementos por área

Área	Suplementos asignados		Porcentaje
Cocina	Necesidades personales	5	11%
	Básico por fatiga	4	
	Trabajo de pie	2	
Mogul	Necesidades personales	5	12%
	Básico por fatiga	4	
	Trabajo de pie	2	
	Trabajo bastante monótono	1	
Acondicionamiento	Necesidades personales	7	19%
	Básico por fatiga	4	
	Trabajo de pie	4	
	Trabajo de precisión	2	
	Trabajo aburrido	2	
	Básico por fatiga	4	

Área	Suplementos asignados		Porcentaje
Etiquetado y lotificado	Necesidades personales	5	15%
	Básico por fatiga	4	
	Trabajo de pie	2	
	Trabajo de precisión	2	
	Trabajo aburrido	2	
Embalaje	Necesidades personales	7	15%
	Básico por fatiga	4	
	Trabajo de pie	2	
	Uso de la fuerza	2	
Transportes	Necesidades personales	5	09%
	Básico por fatiga	4	

Tiempo estándar de las estaciones de trabajo

A las actividades que corresponden a los productos cuya presentación se hace por medio de un frasco de 726 g fueron añadidos los suplementos correspondientes a cada elemento y se obtuvo un incremento 30.8 segundos sobre el promedio (Ver tabla 3).

Tabla 3. Adición de suplementos, productos enfrascados 726 g

Elemento/ciclo	Promedio segundos	Promedio minutos	Calificación de suplemento %	Tiempo con adición de suplementos Segundos
Fabricación (batch de 250 kg)	2880	48.0	0.11	3196.8
Inyección de mezcla en cajones	1342.8	22.4	0.12	1503.9
Secado de mezcla	86400	1440.0		86400.0
Desmolde de producto	1260	21.0	0.12	1411.2
Capoleado y depositado en charolas	900	15.0	0.12	1008.0
Secado de producto a temperatura ambiente	43200	720.0		43200.0
Traslado de producto a líneas de acondicionado	42	0.7	0.09	45.8
Enfrascado	136.3	2.3	0.19	162.2
Pesaje de frasco	90.4	1.5	0.19	107.6
Inspección de frasco	95.3	1.6	0.19	113.4
Sellado e inducción	3.46	0.1	0.19	4.1
Traslado de producto a línea de etiquetado	41.5	0.7	0.09	45.2
Etiquetado	58	1.0	0.15	66.7

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Adición de suplementos, productos enfrascados 726 g (continuación)

Lotificado	40.8	0.7	0.15	46.9
Embalaje	157.3	2.6	0.15	180.9
Traslado a almacén de P.T.	41.5	0	0.09	0.0
Totales por ciclo en segundos	136689.4			136720.1
Totales por ciclo en minutos	2278.2			2278.7
Totales por ciclo en horas	38.0			38.0

Los tiempos estándar del resto de las familias que se presentan a continuación fueron calculados de la misma manera que el ejemplo anterior. Sin embargo, es importante resaltar que lo que produce la diferencia en la duración de producción es la estancia en el cuarto de secado

a) Productos embolsados: El tiempo estándar de procesamiento de los productos cuyo empaque es una bolsa es de 52,918.2 segundos, 881.97 minutos y 14.7 horas.
b) Empaque en blíster: El tiempo estándar de la familia de productos de empaque en blíster es de 221,687.35 segundos, 3,694.78 minutos y 61.6 horas.
c) Productos de tratamiento especial: En cuanto a los productos de tratamiento especial se determina un tiempo estándar de 179,913.4 segundos, 2,998.6 minutos o 50 horas. (Ver tabla 4)

Tabla 4 Resumen del tiempo estándar por familia de productos

Familia de producto	Estándar en segundos	Estándar en minutos	Estándar en horas
Productos embolsados	52,918.20	881.97	14.7
Productos de empaque en blíster	221,687.35	3,694.78	61.6
Productos de tratamiento especial	179,913.40	2,998.60	50

Capacidad de producción por centro de trabajo.

La capacidad de producción de cada centro de trabajo es similar para todos los productos, dado que lo cambia es la fórmula, el contenido del suplemento alimenticio y la figura. Lo que marca la diferencia en el tiempo de producción es el tiempo de secado que se ve influenciado por estos factores.

Cocina: De acuerdo con el tiempo de procesamiento del proceso continuo para la preparación de la mezcla se cuenta con una capacidad máxima de 312.5 kg/h ó 2500 kg/turno por día.

Secado de almidón: La capacidad de secado de base para moldes es de 2016 kg/día equivalente a 1000 cajones/día, porque aunque puede albergar 1200, el tiempo de secado para estos es de 1.2 días.

Impresión de moldes. Mogul tiene la capacidad de imprimir 3600 cajones por día, es decir 7257 kg

Secado de producto. Este centro de trabajo puede procesar 1300 cajones/día; la limitante es la cantidad de cajones con los que cuenta la empresa para secado del producto y que el resto de ellos se utiliza en el área de secado de almidón. Lo anterior representa 2,620 kg/día.

Desmolde Es posible desmoldar 5,000 cajones por día, lo que representa 10,080 kg de producto.

Acondicionado: La capacidad de producción depende del número de personas en la línea. Se calculó la capacidad de producción tomando como punto de referencia las personas empleadas para satisfacer las demandas más frecuentes (ver tabla 5).

Tabla 5 Capacidad del centro de trabajo Acondicionado /tipo de familia

Fase del proceso	*Familia*	*Frasco/min /persona*	*Frascos/hora /persona*
Acondicionado	Productos enfrascados 726 g	2.40	25
	Productos de empaque en blíster	6.50	9.2
	Productos enfrascados 180-120 g	1.40	43
	Productos embolsados	4.94	12
	Producto de tratamiento especial	5.40	11

 ISSN 2007-8102

El cuello de botella es el secado del almidón. Para determinar la máxima capacidad de producción del cuarto de secado deben tomarse en cuenta las siguientes premisas:

a) Se cuenta con 1200 cajones que se pueden colocar simultáneamente en el cuarto de secado.
b) Se cuenta además con 1300 cajones para secado del producto a temperatura ambiente
c) El tiempo de secado de la masa de almidón (base de los moldes) para que solidifique es de 11 horas
d) Se trabajan dos turnos en el área de fabricación; los tiempos de desmolde y vaciado de mezcla deben ajustarse a las horas en que los trabajadores se encuentran en planta.
e) El tiempo de secado de producto en cajones a temperatura ambiente es variable, está en función de las características de cada producto y del clima, pudiendo secar en 6 h, 18 h, 24 h y hasta 48 horas.

Tomando estas premisas en cuenta, se diseñó una propuesta de programación en horas que permite identificar de manera visual qué actividad debe realizarse, en qué máquina, cuáles son las actividades precedentes y subsecuentes para garantizar la cantidad esperada de producción.

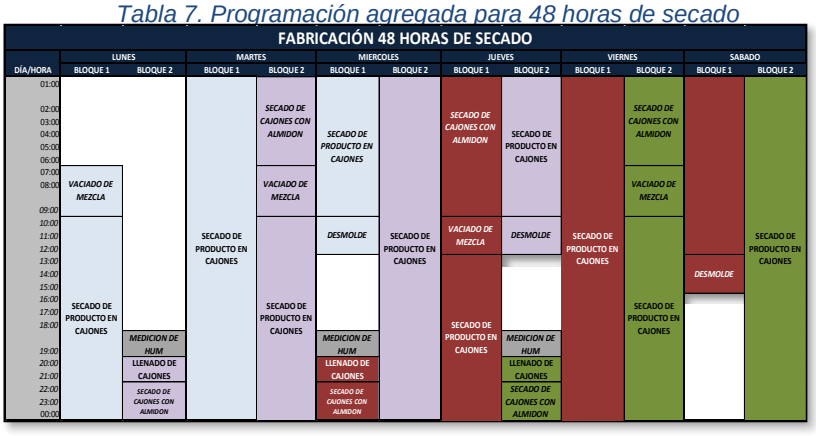
A manera de ejemplo se presenta la programación para 24 h de secado. Se calcula la máxima cantidad de cajones que pueden procesarse, que para este caso en particular son 6,000 por semana, lo que representa 12,096 kg de producto en presentación de 6 g; 8,064 kg en presentación de 4 g y 4032 en presentación de 2 g (Ver tabla 5)

Tabla 6. Programación agregada para 24 horas de secado



La capacidad semanal de fabricación bajo la premisa de 48 horas de secado de producto, es de 3,600 cajones. Lo anterior representa 7,257 kg en formato de 6 g, 4.834 en formato de 4 g y 2,419 g en formato de 2 g.(Ver tabla 7)

Tabla 7. Programación agregada para 48 horas de secado



Cuando sea demandada la fabricación de productos cuyo tiempo de secado requiera únicamente de 18 horas se determina que la máxima capacidad de producción en el área es de 8400 cajones por semana, lo que representa 16,934 kg de producto en formato de 6 g, 11,289 kg de producto en formato de 4 g y 5,644 kg de producto en formato de 2 g. (Ver tabla 8)

 ISSN 2007-8102

Tabla 8. Programación agregada para 18 horas de secado



Para los productos cuyo tiempo de secado requiere de 6 horas se calcula una capacidad máxima de 10.800 cajones por semana, dicha cantidad representa 21,772 kg de producto en formato de 6 g; 14,515 kg de producto en formato de 4 g y 7,257 kg de producto en formato de 2 g.(Ver tabla 9).

Tabla 9. Programación agregada para 6 horas de secado



Modelo para la planeación de producción agregada

Una vez calculada y analizada la información de la capacidad de producción por centro de trabajo y la demanda en firme, se está en condiciones de estimar el tiempo y el personal requerido para satisfacer la demanda

De acuerdo con los pedidos requeridos se puede identificar una demanda total de 55,000 piezas en diferentes formas, lo que equivale a 19,860 kg.(ver tabla 10)

Tabla 10. Resumen demanda vs capacidad

Familia de producto	Producto	Formato	Demanda	Cajones requeridos	Producción en kg
Productos enfrascados 120-180 g	Producto e	2 g	5000	1339	900
	Producto f	2 g	5000	2679	1800
	Producto g	2 g	5000	1339	900
	Producto i	2 g	5000	2679	1800
	Producto j	6 g	5000	893	1800
Productos enfrascados 726 g	Producto c	6 g	10000	3602	7260
	Producto d	3 g	10000	1786	1800
Productos de empaque en blíster	Producto h	3 g	10000	3572	3600
Totales			**55000**	**17889**	**19860**
			Piezas	**Cajones**	**Kilogramos**

 ISSN 2007-8102

De acuerdo con la demanda solicitada se obtiene que se requieren de 2,199 horas-hombre para acondicionar la cantidad de frascos requerida, lo anterior sirve como base para identificar las necesidades de personal en el área de acondicionado. (Ver tabla 11).

Tabla 11. Horas requeridas para acondicionado vs demanda

Producto	Presentación	Demanda piezas	Frascos/ hora/ persona	Horas requeridas
Producto a	180 g	5000	43	116
Producto b	360 g	5000	32	156
Producto c	180 g	5000	43	116
Producto d	360 g	5000	32	156
Producto e	360 g	5000	25	200
Producto f	726 g	10000	11	909
Producto g	180 g	10000	43	233
Producto h	360 g	10000	32	313
	Totales	**55000**		**2199**

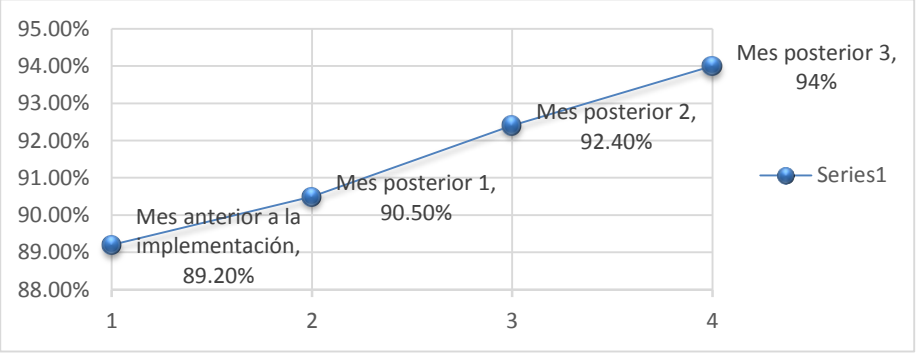
Se propone que la disposición de personal para satisfacer la demanda en el primer turno sea de dos líneas de producción integradas por 4 personas cada una.

En el segundo turno se propone una línea de 5 personas, bajo las condiciones actuales de personal disponible se proyecta que en 21 días hábiles se cumpla con la demanda de producto a acondicionar considerando turnos de 8 horas y tomando en cuenta el tiempo de comida (30 minutos).

Si se desea aumentar la capacidad de producción por incremento de la demanda, es necesario ampliar la capacidad del cuarto de secado por ser el cuello de botella. Sin embargo, para que los estándares de tiempo aquí establecidos se cumplan y las metas de producción planteadas, con base en el presente proyecto, sean alcanzables se requiere de varias condiciones:

a) Instrucciones de proceso definidas y establecidas en tiempo oportuno
b) Medidas de higiene adoptadas
c) Equipo de enfriamiento y calor de cápsula de secado limpios
d) Racks y charolas limpias y disponibles
e) Mantenimiento oportuno y planeado al equipo
f) Control de inventario oportuno
g) Surtido eficaz de materias primas

A partir de la agrupación de actividades y la determinación de la capacidad de producción agregada de la línea, se dio seguimiento al cumplimiento del plan de producción para satisfacer la demanda. El porcentaje de cumplimiento de pedidos registrado antes de los cambios era del 89.2%, después del rediseño se obtuvo un incremento gradual hasta obtener el 94% de cumplimiento al tercer mes. (Ver gráfica 1)



Grafica 1. Incremento de % de cumplimiento con el plan de producción

Cabe destacar que la demanda también aumentó de 4.8 puntos porcentuales con una demanda total de 5,919 kg. (Ver tabla 12).

Tabla 12. Incremento de demanda

	Mes anterior a la implementación	Mes posterior 1	Mes posterior 2	Mes posterior 3
%de cumplimiento	89.20%	90.50%	92.40%	94%
kg obtenidos	12,060	12,464	12,525	17,979

Como parte del trabajo a futuro, es deseable que la empresa objeto de estudio centre sus esfuerzos en la estandarización y seguimiento de las instrucciones de trabajo que permitan cumplir con los estándares de tiempo aquí establecidos, se mantenga controlado el ingreso y salida de producto de los diferentes inventarios, no se descuide el abasto de materia prima para evitar retrasos de producción y se repita la metodología de toma de tiempos planteada en el presente estudio para la determinación de los estándares de los productos de nueva creación que sean desarrollados en un futuro.

Conclusiones

El diseño e implementación de la planeación agregada requiere de un arduo trabajo previo relacionado con:

- La estandarización de los tiempos de proceso en cada una de las estaciones de trabajo.
- La capacidad total de producción de la planta con base en la clasificación por familias de productos.

Esto permitió reconocer que no era necesaria la integración de un tercer turno para incrementar la capacidad de producción, si antes no se tomaba en cuenta la capacidad del centro de secado que resultó ser el auténtico cuello de botella.
La planeación agregada permitió incrementar el nivel de servicio al cliente y satisfacer una mayor demanda sin inversión en infraestructura, por tanto, se puede concluir que se optimizaron los recursos con los que ya contaba la empresa.
Finalmente se tiene que la capacidad actual de producción es suficiente para satisfacer la demanda solicitada hasta el momento.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zitácuaro y a la Empresa procesadora de productos alimenticios por las facilidades prestadas para la consecución del proyecto.

Referencias

1. García Vargas M.C; (2012). Administración de Operaciones I Editorial Impresiones Comerciales, Cd. de México p.109.
2. Krajewski L.J.; Ritzman L.P. (2008) Administración de Operaciones, procesos y cadenas de valor, Editorial Pearson, Cd. de México p. 568

Evaluación del perfil aerodinámico NACA 4424 y NACA 4421 en una pala de aerogenerador eólico de baja potencia con sistema de control pasivo

J. E. Valtierra Olivares[1], O. Martínez Jiménez[2], J.R. Dorrego Portela[3], A. Sánchez Toledo[2], I. López Báez[1], C.*
[1]Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato, Ex-Hacienda San Matías s/n; C.P. 36000, Guanajuato, Gto.
[2]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del ISTMO, Carretera Panamericana Km. 821, Hac. Juchitán de Zaragoza Oax. C.P. 70000
[3]Universidad del Istmo (UNISTMO), Campus Tehuantepec, Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4ª. Sección Sto. Domingo Tehuantepec, Oax., México C.P. 70760

**valtierra.je@ugto.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
En el presente trabajo se realiza la evaluación de un sistema de control de ángulo de paso de palas con perfiles aerodinámicos NACA 4424 y 4421 para un aerogenerador eólicos Clase III. Las pruebas de simulación se realizan en el Laboratorio Virtual Eólico, donde se usan las condiciones de velocidad del viento características de la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. La manera de incrementar el rendimiento de un aerogenerador, es implementando un sistema de control de ángulo de paso de palas que permite al rotor aumentar su capacidad de captación de energía y a su vez reducir las cargas sobre el aerogenerador. En los parques eólicos del Istmo de Tehuantepec, se han presentado fallas en la turbina eólica, problemas de inestabilidad, daños en componentes eléctricos y estructurales en las palas debido a la velocidad del viento de la región.

***Palabras clave**: Diseño de pala,* perfil aerodinámico, *sistema de control* de ángulo de paso de palas.

Abstract

In this work, the evaluation of a blade angle control system with NACA 4424 and 4421 aerodynamic profiles for a Class III wind turbine is carried out. Simulation tests are performed at the Virtual Wind Laboratory, where the wind speed conditions characteristic of the Isthmus region of Tehuantepec, Oaxaca are used. The way to increase the performance of a wind turbine is by implementing a blade angle control system that allows the rotor to increase its capacity to capture energy and in turn reduce the loads on the wind turbine. In the wind farms of the Isthmus of Tehuantepec, there have been failures in the wind turbine, instability problems, and damage to electrical and structural components in the blades due to the wind speed of the region.

***Key words**: Blade design, aerodynamic profile, blade pitch angle control system.*

Introducción

Las palas del aerogenerador son las encargadas de recoger la energía del viento, convertir el movimiento lineal de este en un movimiento de rotación, esta energía es transmitida al buje, del buje pasa a un sistema de transmisión mecánica y de ahí al generador que transforma el movimiento de rotación en energía eléctrica. En distintos puntos de la tierra existen diferencias de insolación lo que provocan el desequilibrio de temperatura lo que hacen variar la densidad de las masas de aire y por consiguiente, variar la presión. El aire, como cualquier otro gas se moverá desde las zonas de alta presión a las de baja presión, produciendo el viento. Sin embargo, no solo esta fuerza provocada por el gradiente de presión provoca el movimiento del aire; en la circulación de las masas de aire también influye la fuerza gravitacional, las fuerzas de fricción que provocan gradientes de viscosidad y la fuerza de Coriolis. Además, para definir con precisión el régimen de vientos en un punto también se deben considerar otras variables como la situación geográfica, las características clima local, la topografía de la zona, la orografía del terreno y otros factores Montalvo, I., y Cabezas, J. [2011].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

Para definir totalmente un aerogenerador se deben dar tres parámetros: la velocidad típica, la solidez y el rendimiento. La velocidad típica es la relación entre la velocidad de la punta de la pala y la velocidad del viento. La solidez define la relación entre la superficie proyectada por las palas y la superficie descrita por las mismas en su movimiento de rotación; de este modo se conoce la eficacia del material usado y la sencillez constructiva. Finalmente, el rendimiento expresa la cantidad de energía del viento que se transforma en mecánica en el eje del rotor Montalvo, I., y Cabezas, J. [2011].

El desarrollo de los álabes para turbinas eólicas de eje horizontal está muy vinculado a la historia de la aerodinámica y al desarrollo de las hélices propulsoras, las cuales son diseñadas sobre la teoría de la circulación para la sustentación, que no es más que la teoría tradicional desarrollada para describir el fenómeno de la sustentación en un perfil aerodinámico. Los rotores de estás maquinas pueden ser dotados de una a tres palas para turbinas eólicas destinadas a la generación de electricidad o de múltiples palas, cuyo uso está destinado principalmente al bombeo de agua, Juárez Franco, F. [2017].

La familia de perfiles aerodinámicos NACA fue desarrollada a principios de la década de los 30's, su curvatura y distribución de espesor fueron determinados experimentalmente, se consideró como referencia la sección de ala Clark-Y. Hace referencia también a que los cuatro dígitos describen perfectamente la geometría del perfil, el primer dígito se refiere a la curvatura en porcentaje de la cuerda, el segundo a la localización de la curvatura máxima en términos de la cuerda. Por ejemplo el perfil NACA 0015 es un perfil del 15% sin curvatura, Avendaño Cavillo, D. I. [2011].

El Perfil aerodinámico es la sección de un ala o álabe generada por un plano perpendicular a las generatrices. La forma y orientación general de un perfil dependerá de la distancia a partir del plano de simetría. Cuando un perfil se mueve a través del aire, se producen variaciones de la velocidad del aire a lo largo de su superficie Gellida Coutiño [2018]. En la figura 1 se observa la distribución de velocidades del viento en m/s sobre la sección de una pala.

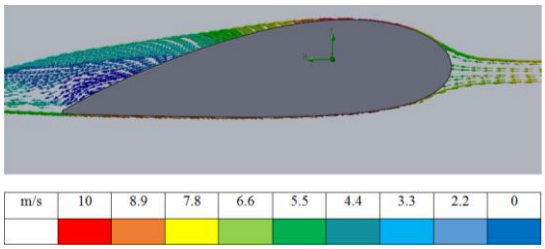


Figura 1. Distribución de velocidades sobre la sección de una pala.

Planteamiento del problema

Los aerogeneradores eólicos que tienen un sistema de control del ángulo de paso de palas deficiente, pueden presentar problemas de inestabilidad, daños en los componentes eléctricos y electrónicos, fallas estructurales en las palas por fatiga y recarga, esto sucede debido a que el viento en una alta velocidad incida en un ángulo de paso inadecuado provocando averías al aerogenerador, lo cual representa más gastos de mantenimiento, reparaciones e incluso pérdida total del equipo. Los aerogeneradores instalados en los parques eólicos del Istmo de Tehuantepec presentan a menudo fallas en la turbina eólica, la razón, es que no se consideraron las altas velocidades de viento del Istmo de Tehuantepec en el diseño del sistema de control.

Metodología

Para realizar las evaluaciones, se debe establecer previamente los parámetros de operación del aerogenerador. Después de que los perfiles han sido seleccionados y analizados en el programa QBlade, se continúa con el diseño de la pala en un programa de diseño asistido por computadora, posteriormente en este mismo programa se hace la simulación y el análisis aerodinámicos para visualizar el comportamiento que tiene el viento al incidir sobre la pala. Además de eso se obtiene la matriz de inercia que permite realizar la configuración en el programa Laboratorio Virtual Eólico (LVE).

 ISSN 2007-8102

El siguiente paso es importar el diseño a un programa especializado y proceder con la aplicación de las capas de fibra de vidrio a la pala para comprobar su resistencia. En las pruebas se emplea el programa que fue diseñado y proporcionado por el M.C. Carlos Omar Gellida Countiño, en el Laboratorio Virtual Eólico (LVE), este programa contiene un sistema de control que se adapta a las palas para que las evaluaciones sean las más óptimas.

Modelo 3D de la pala de clase III con perfiles aerodinámicos NACA 4424 y NACA 4421

Para hacer el dibujo 3D de la pala es necesario realizar una selección de perfiles aerodinámicos considerando ciertos criterios que el diseñador propone. Esta selección fue realizada por el M.D.M José Rafael Dorrego Pórtela quien aplicó diferentes criterios, obteniendo que los perfiles NACA 4421 y NACA 4424 son los mejores para el desempeño de la pala en un aerogenerador eólico de clase III, se selecciona esta clase porque en la región del Istmo el viento tiene una velocidad nominal de 10.5 m/s.

Tabla 1. Distribución y características de los perfiles NACA 4424 Y NACA 4421

Raíz circular (mm)	Cuerda (mm)	Perfiles
50	194	Circular
200	194	Circular
462	327	NACA 4424
688	307	NACA 4424
914	286	NACA 4424
1140	266	NACA 4421
1365	246	NACA 4421
1591	226	NACA 4421
1817	205	NACA 4421
2043	185	NACA 4421
2268	165	NACA 4421
2494	144	NACA 4421
2720	124	NACA 4421
2820	20	NACA 4421

La pala contará con una raíz circular que tiene una cuerda de 194 mm, además de un radio (longitud de cada perfil respecto al origen) de 150 mm, a lo largo de toda la pala estarán distribuidos 12 perfiles de los cuales los primeros tres son NACA 4424 y a partir del cuarto perfil hasta la punta del aspa serán perfiles NACA 4421. En la Tabla.1 se puede visualizar el orden de los perfiles, además del radio y cuerda de cada uno. En la figura 2 se muestra la pala con la distribución y características de los perfiles NACA 4424 Y NACA 4421.

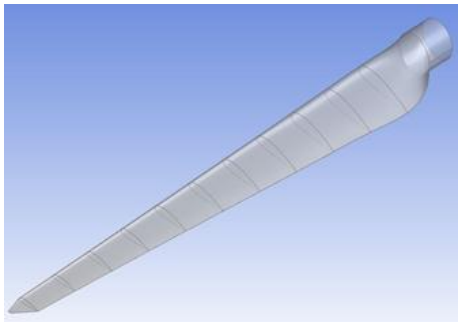


Figura 2. Pala con el recubrimiento finalizado

Simulación y análisis aerodinámico de la pala con perfil aerodinámico NACA 4424 y 4421

El objetivo es visualizar el comportamiento del viento a una velocidad nominal de 7.5 m/s, en el instante que incide sobre la pala que se encuentra posicionada a 35° en el eje Z del plano tridimensional, para que el viento incida en el intradós tal como lo hace cuando se quiere captar la energía del viento y hacer girar el rotor del aerogenerador.

 ISSN 2007-8102

Análisis estructural de la pala con perfiles aerodinámicos NACA 4424 y 4421.

Para este caso en particular se debieron realizar ajustes en el diseño de la pala, debido a que el programa especializado no permitió utilizar el módulo ACP para realizar la distribución de la fibra de vidrio, por lo tanto, se rediseñó el interior de la pala teniendo en cuenta que debe estar dividida en secciones y ser hueca completamente, no se modificaron los perfiles exteriores del diseño de la pala. Con el programa se busca obtener y visualizar la deformación total, esfuerzo cortante, esfuerzo normal, cuando la pala es sometida a una fuerza equivalente de 1928.751 N que se distribuirá en las diferentes secciones que la componen.

Descripción del programa LVE y determinación de los parámetros de control

Previo a la realización de las pruebas es necesario considerar las características de la pala que ha sido seleccionada y diseñada. El programa desarrollado por el M.C. Carlos Omar Gellida Coutiño en la versión MATLAB R2015b en el Instituto de Energía de la Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec permite al usuario obtener resultados cercanos al comportamiento real que tendrá el aerogenerador cuando se encuentre en funcionamiento.

Resultados y discusión

Los resultados se basan en los diferentes parámetros que actúan sobre la pala, iniciando por la visualización del flujo del viento incidiendo en la pala a una velocidad de 10.5 m/s, además de los efectos que produce sobre el intradós y la distribución de velocidad. La limitación del programa impide mover o rotar la pala mientras se realiza la simulación debido a que los cálculos que realizó previamente son específicamente para la ubicación de la pala en los ejes X,Y y Z.

Simulación del viento a velocidad nominal en incidencia sobre la pala

Las partículas de aire golpean en la cara expuesta (Intradós) directamente al efecto del viento, cara de barlovento, ejerciendo sobre ella un empuje. Por otra parte, en la cara opuesta (Extradós), de sotavento, las estelas del flujo se separan de la pala provocando una succión. En la figura 3 se aprecia ambos efectos, el color azul representa la succión mientras el color verde en el intradós hace referencia al empuje. El aire antes de la pala alcanza una velocidad de 10.33 m/s que se aproxima a la nominal de un aerogenerador del clase III, conforme se acerca a la pala presenta una disminución de 2.951 m/s llegando a una velocidad de 7.378 m/s, mientras que la turbulencia se representa con una velocidad de 1.476 m/s.

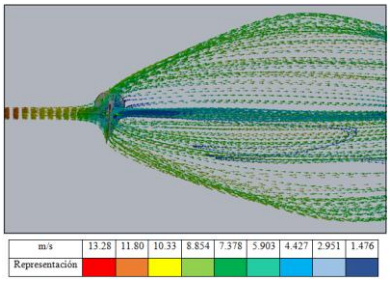


Figura 3. Efectos de empuje y succión producidos por el viento al incidir sobre la pala

Una de las ventajas que proporciona el programa, es que calcular las fuerzas de empuje y succión, empleando la opción “Goals” se elige el cálculo de ambas fuerzas al marcar “Force X” y “Force Y”, por la posición en la que se coloca la pala para el análisis se aprecia que el viento incide sobre el intradós de la pala por el eje X, es decir, la fuerza de sustentación es paralela a la velocidad del viento, mientras que la fuerza que surge perpendicular a la fuerza de empuje se le conoce como fuerza de succión. Los resultados proporcionados por el programa de ambas fuerzas se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados del cálculos de la fuerza de sustentación y arrastre.

Nombre	Unidad	Valor promedio	Valor mínimo	Valor máximo
Fuerza de empuje	[N]	22.62632021	22.34583797	23.31391027
Fuerza de succión	[N]	-0.663407162	-0.82081146	-0.613994564

 ISSN 2007-8102

Distribución de presiones sobre la superficie de la pala

Utilizando las herramientas de Flow Simulation se aprecia las diferentes presiones que existe sobre toda la geometría de la pala. En la figura 4 se observa la presión más alta que se presenta en la cara del intradós, por consecuencia de que es el punto de incidencia del viento, registra una presión de 101376.96 Pa.

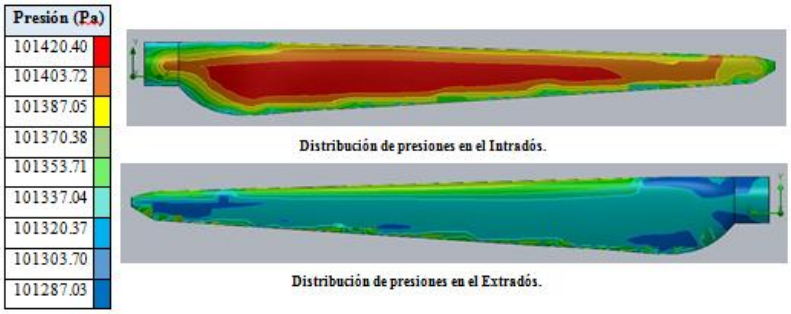


Figura 4. Distribución de presiones en la superficie de la pala en el intradós y extradós.

Análisis estructural de la pala con perfiles aerodinámicos NACA 4424 y NACA 4421.

En la **Deformación** de la pala se puede apreciar una torsión que ayuda a captar mejor la energía del viento, ver figura 5. Sin embargo, al aplicar una fuerza total de 1989.468 N que se encuentra distribuida en todas las secciones del aspa, con ayuda de la distribución de colores es posible apreciar la deformación, la máxima deformación se presenta en la punta del aspa que es la sección más alejada del soporte fijo, alcanzando un valor entre 293.35 mm y 260.76 mm, sin embargo, continua siendo bajo. Caso contrario la sección más cercana al soporte fijo de la pala, donde se presenta la deformación mínima con un valor de 32.594 mm, esto se debe a las capas de fibra de vidrio distribuidas en toda su estructura.

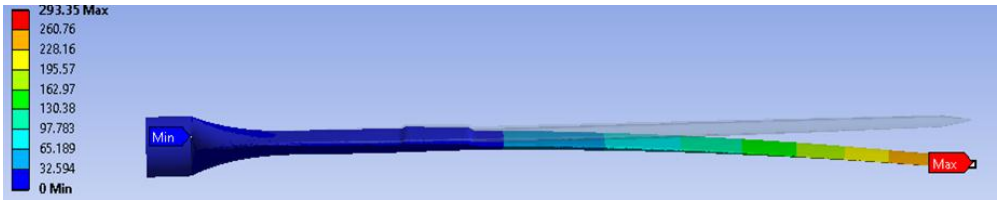


Figura 5. Pala antes y después de la fuerza aplicada.

En la **Tensión elástica** de Richard Edler Von Mises, propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasa cierto valor. Al aplicar la carga de 1989.468 N la pala presenta un comportamiento óptimo en toda su dimensión ya que no presenta valores altos de tensión elástica. En la figura 6 se observa la máxima tensión que se produce en el ángulo de ataque de los perfiles cercanos a la punta de la pala, pero debido a que es un valor mínimo no representa un riesgo en la integridad de su estructura.

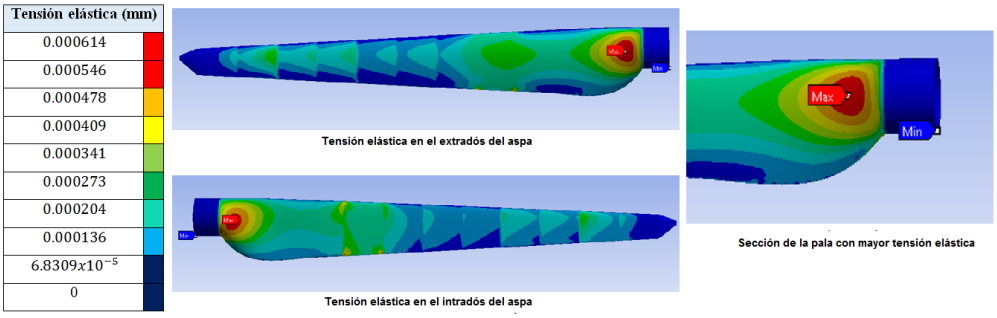


Figura 6. Representación de la Tensión elástica.

 ISSN 2007-8102

En la figura 7 se observa el **estrés** que muestra la pala a consecuencia de la fuerza que se aplica, la pala no se encontrará en riesgo en ningún caso de cargas, es decir, que se considera segura en cuanto a su integridad estructural, incluso en la sección de mayor estrés, alcanza una magnitud de 8.4136 Mpa y se presenta cerca de la raíz de la pala, sin embargo, el límite de estrés del material es de 39.3939 Mpa.

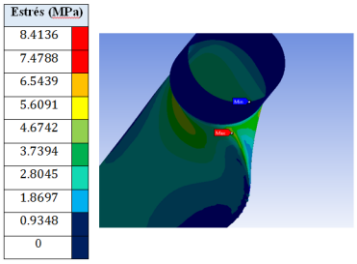


Figura 7. Sección de la pala donde se presenta el mayor estrés al aplicar carga.

Resultados de la evaluaciones sin sistema de control para aerogeneradores de 5kW

Las pruebas se realizaron sin el sistema de control incorporado con funciones de entrada tipo rampa y saturación en velocidades de 10.5 m/s y 15 m/s. En la figura 8 (a) se muestra la simulación con una velocidad de 10.5 m/s que se considera la velocidad nominal para los aerogeneradores de clase III, para dicha velocidad la posición de la pala produce una inestabilidad constante de los 0° a -15°. Por otra parte, al efectuarse la segunda simulación con una velocidad de viento de 15 m/s figura 8 (b) se observa claramente que la pala comienza a variar su posición angular de 0° a -30° durante todo el tiempo, lo que se interpreta como una inestabilidad constante en el aerogenerador que puede ocasionar daños estructurales en las palas.

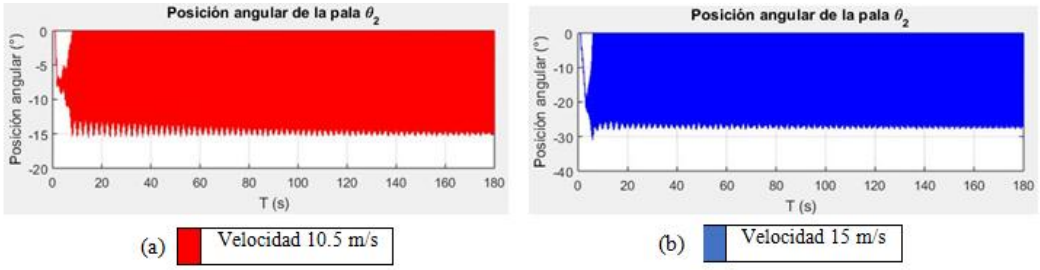


Figura 8. Posición angular de la pala en velocidades de viento de 10.5 m/s (a) y 15 m/s (b) sin sistema de control.

El momento de cabeceo representa la inestabilidad que tienen las palas del aerogenerador al no contar con un sistema de control, con una velocidad de 15 m/s alcanza un torque que oscila en un rango de 5 Nm a -10 Nm aproximadamente, por lo que no se cumple con el tercer criterio de operación, ver figura 9.

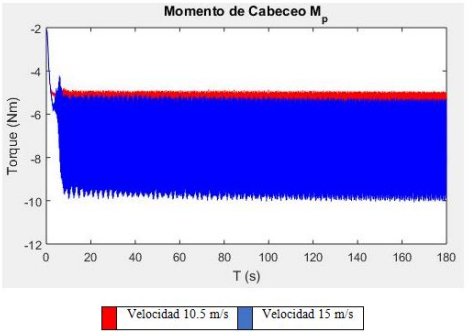


Figura 9. Momento de cabeceo de la pala con velocidades de viento de 10.5 m/s y 15 m/s sin sistema de control

.

La potencia mecánica de salida P_{out} muestra que el riesgo de dañar el generador eléctrico no se hace presente con velocidades que van de 1 m/s a 10.5 m/s, ya que la potencia se mantiene por debajo del límite especificado en los primeros dos criterios de operación. La potencia adquirida para el segundo caso es de un valor máximo de 9 kW por lo que se esperaría daños en los componentes eléctricos del aerogenerador, ver figura 10.

 ISSN 2007-8102

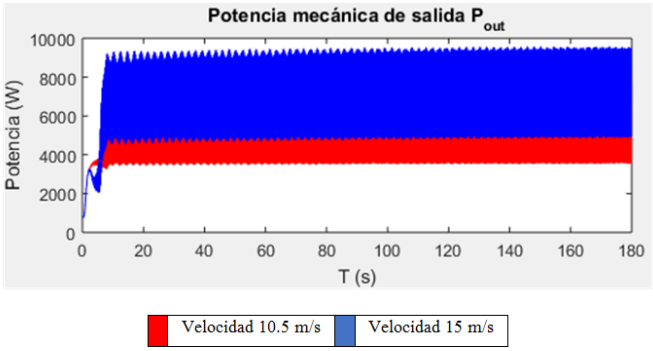


Figura 10. Potencia obtenida del viento con velocidades de viento de 10.5 m/s y 15 m/s sin sistema de control.

Resultados evaluaciones con el sistema de control incorporado con funciones de entrada tipo rampa y saturación en velocidades de 10.5 m/s, 15 m/s y 20 m/s.

Entre mayor sea el valor de la velocidad del viento, el sistema de control ajusta la posición angular de la pala para evitar cualquier daño al aerogenerador y captar la mayor cantidad de energía del viento. Para una velocidad de 10.5 m/s, alcanza un desplazamiento de -5°. Cuando la velocidad es de 15 m/s el sistema de control realiza una corrección de -15° para evitar posibles daños. Además, con velocidad de 20 m/s las palas se mueven -25°, ver la figura 11.

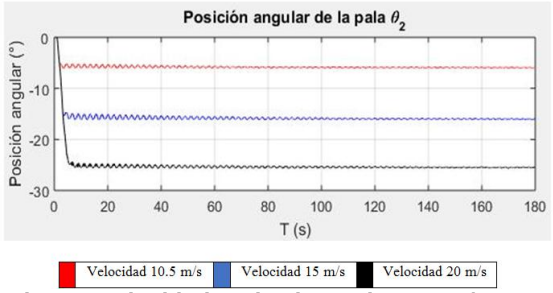


Figura 11. Posición angular de la pala con velocidades de viento de 10.5 m/s, 15 m/s y 20 m/s con sistema de control.

Con las correcciones de giro del ángulo de la pala que realizar el sistema de control, se cumplen los primeros dos criterios de operación, en ningún momento el generador eléctrico estuvo en riesgo, ya que la potencia tanto en 10.5 m/s, 15 m/s y 20 m/s convergen por debajo de los 7 kW y además se aproximan a los 5 kW que soporta el generador eléctrico, ver figura 12.

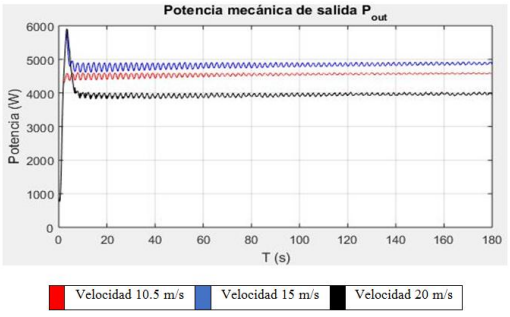


Figura 12. Potencia del viento con velocidades de viento de 10.5 m/s, 15 m/s y 20 m/s con sistema de control.

Por otra parte, los momentos de cabeceos dados por las diferentes velocidades de viento son igualados por los momentos de control que ejerce el sistema de control, tal como se aprecia en la figura 13.

 ISSN 2007-8102

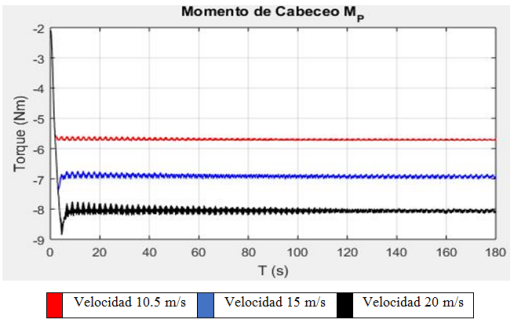


Figura 13. Momento de cabeceo de la pala con velocidades de viento de 10.5 m/s y 15 m/s sin sistema de control.

Trabajo a futuro

Debido a que las palas quedaron solo en el diseño y análisis, se busca que un trabajo a futuro se fabriquen las palas para comparar con los resultados obtenidos con el programa de simulación.
Para las evaluaciones del sistema de control que tiene el programa LVE, se propone buscar diferentes alternativas de contro.

Conclusiones

Los resultados de las pruebas en el Laboratorio Virtual Eólico demuestran que una elevada velocidad del viento en los aerogenerador, pueden ocasionar problemas de inestabilidad constante, también dañar los componentes eléctricos y ocasionar daños estructurales en las palas, sin no se cuenta con un sistema de control. Por lo cual se concluye que utilizar un sistema de control de ángulo de paso de palas es parte fundamental en el funcionamiento de un aerogenerador clase III, porque funciona como un mecanismo de protección para los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos, además de optimiza la máxima captación de energía del viento.

Agradecimientos

Gracias al Laboratorio de Energía Eólica del Instituto de Energía de la Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Gracias al M.C. Carlos Omar Gellida Coutiño, por permitir realizar las pruebas en el Laboratorio Virtual Eólicos (LVE).

Referencias (arial 12)

1. Gellida Coutiño, C. O. (2018). Diseño de un sistema de control pasivo de ángulo de paso de las palas para un aerogenerador de baja potencia. Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca.
2. Montalvo, I., & Cabezas, J. (2011). Diseño de Prototipo de Aerogenerador con almacenamiento de energía, monitoreado por un sistema SCADA. Quito.
3. Juárez Franco, F. (2017). DOCPLAYER. Obtenido de DOCPLAYER: https://docplayer.es/45002361-2-generalidades-sobre-aerogeneradores.html
4. Avendaño Cavillo, D. I. (2011). Investigación Sobre Perfiles Aerodinámicos de Aeronaves Utilitarias Para Un Rango Amplio de Operaciones. México D.F.

 ISSN 2007-8102

Determinación de Pronóstico Financiero en Aseguradora Fianzas Pretelin basado en metodología 5S y Análisis de Regresión Lineal

J. Núñez Esquivel[1], W.D. Trujillo Hernández[1], D. del C. Gamboa Olivares[2], M. A. Hernández Díaz[2], A. Torreblanca Zorrilla[2]*
[1]Alumno de la Carrera en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Angel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Angel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México
**injonathan21@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Este artículo presenta los resultados ponderables de una investigación enfocada a la resolución de los problemas en una empresa financiera, los cuales se generan por falta de capacitación de los empleados de la misma en la operación de generación de fianzas y pólizas de la entidad de Veracruz (24 municipios). Para la resolución de dichos problemas se utiliza de inicio la metodología de las 5S, pasando posteriormente a la herramienta estadística de regresión lineal, con la cual se calcula un pronóstico futuro para beneficio de las ventas. De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene que el 77.23% de la variabilidad observada en las ventas de las fianzas de cumplimiento y responsabilidad es explicada por los impuestos anuales de las ventas de estas por parte de la aseguradora. Esto quiere decir que solamente el 26.77% de la variación de la muestra de la expedición de las fianzas es explicada mediante el error o factores no controlables.

Palabras claves: Pronostico financiero, *Metodología 5S, Regresión lineal.*

Abstract

This article presents the results of an investigation focused on the resolution of problems in a financial company, which resolves the lack of training of the employees of the same in the operation of the writing and the policies of the entity of Veracruz (24 municipalities). For the resolution of these problems, the beginning of the methodology of 5S operations is used to solve problems in the use of statistical information. According to the results, 77.23% of the variability observed in sales of compliance bonds and liability is explained by the annual sales taxes of this part of the insurer. This means that only 26.77% of the variation of the sample of the expedition of the relations is explained by the error or non-controllable factors.

Keywords: financial forecast*, methodology 5S, linear regression.*

Introducción

La importancia de la utilización de metodologías, herramientas y/o técnicas en cualquier organización, cada vez se ha hecho más importante e indispensable, pues con apoyo de todas estas herramientas se puede tener un mejor control y optimización de los recursos existentes en la empresa, así como poder obtener un amplio panorama del entorno de la organización como pronósticos de la demanda.

Una de estas herramientas es la estrategia de las 5S, que es una metodología japonesa constituida por un

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

conjunto de actividades sencillas que elevan la eficiencia y efectividad de la organización gracias a la estandarización y mejora continua de procesos permitiendo incrementar la capacidad de las empresas para responder a los cambios y retos que presentan en el entorno organizacional. La disciplina puede aplicarse a cualquier organización sin distinción de tamaño o rubro, logrando así procesos de mejora continua en organizaciones pequeñas y medianas.

La empresa Visa indica que el pronóstico financiero puede depender sobre a qué se dedica la empresa o negocio. (Visa Inc, 2015).

El uso de técnicas, herramientas y/o métodos de la Ingeniería Industrial son de gran importancia dentro de una empresa, es por ello que se aplican varios métodos en la Empresa Fianzas Pretelín, que se encarga de negocios de tramitación de Fianzas y Seguros tanto en construcción como en servicios para asegurar autos y bienes materiales que rebasen los sustentos económicos importantes. También se utilizan los métodos de pronósticos para poder analizar y tomar mejores decisiones con respecto al desenvolvimiento de la organización, pues teniendo ciertos datos se puede profundizar en la toma de decisiones.

Dentro de las operaciones de una empresa, el área de desarrollo de fianzas es muy importante ya que siempre busca conocer necesidades, gustos y preferencias de los clientes nuevos y ya existentes para poner los productos siempre a la vanguardia, además de trabajar conjuntamente con el Departamento de Operaciones en el Área de Investigación y Desarrollo por parte del equipo de trabajo de esta afianzadora.
El uso de estas metodologías es de gran ayuda para el desempeño de la organización, logrando así un mejor rendimiento tanto para la empresa como para el personal que se desempeña en sus áreas.

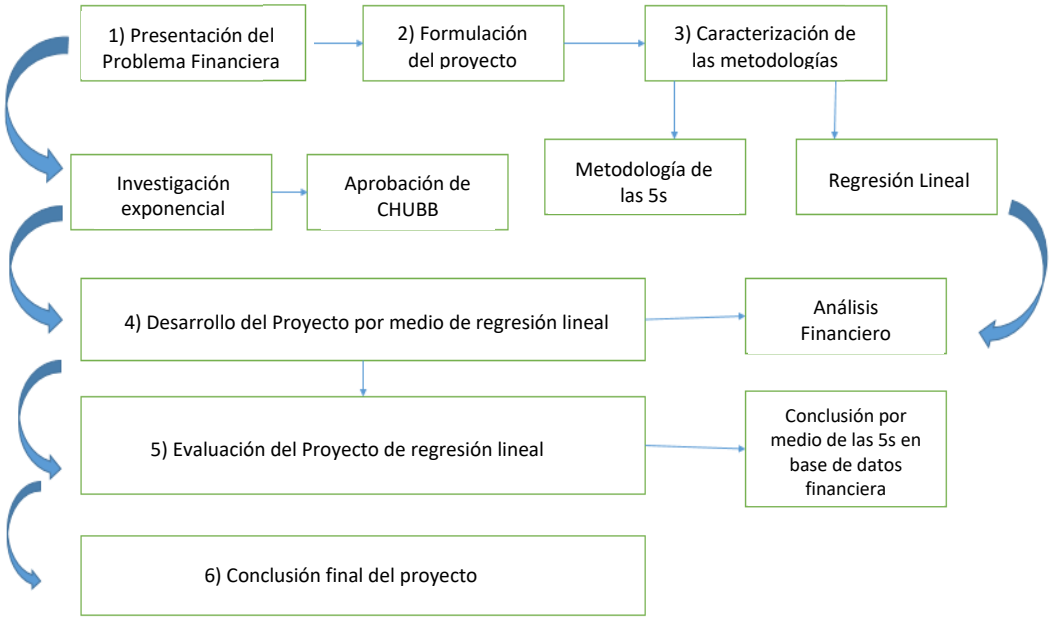


Figura 1. Diagrama de la metodología utilizada.

1) Presentación del Problema Financiera

Como problemática no se tiene una idea de la organización de las fianzas y pólizas en las cuales la afianzadora no tiene una manera de registro del año 2019 por la baja de demanda de la realización de las mismas, por lo que la empresa se ha visto envuelta en crisis, la cual se resuelve por medio de un exhaustivo análisis de, donde, cuando y como (metodología de las 5S), lo que lleva a decidir calcular los errores estándar y la regresión lineal matemática para saber que perdidas y en qué porcentaje se encuentra la empresa, es decir, en qué situación se puede percibir profesionalmente hablando. Por medio de las 5S se llega a la idea en la cual las empresas

hoy en día se tienen que analizar de la mano con las herramientas estadísticas. En nuestro caso se usa la regresión lineal, para poder interpretar la observación del problema y tener una solución efectiva.

2) Formulación del proyecto

De acuerdo a lo establecido, la metodología japonesa forma parte del inicio de la resolución de los problemas por medio de la regresión lineal. En la empresa se tomó como decisión usar las 5s como una base fundamental para el análisis de finanzas y pronósticos.

A continuación, se toma una introducción de pronósticos en la demanda de finanzas y área económico administrativa:

Pronósticos financieros

El pronóstico financiero es la acción de emitir un enunciado sobre lo que es probable que ocurra en el futuro, en el campo de las finanzas, basándose en análisis y en consideraciones de juicio (Contreras, 2011).

La empresa Visa indica que el pronóstico financiero puede depender sobre a qué se dedica la empresa o negocio (Visa Inc, 2015).

El pronóstico financiero lo ayuda a predecir el costo de sus productos y servicios, la cantidad de ingresos por ventas y las ganancias que puede anticipar. Si su negocio todavía no opera comercialmente, el pronóstico financiero le explicará cuánto dinero deberá invertir o pedir en préstamo (Visa Inc, 2015).

3) Caracterización de las metodologías

El pronóstico financiero no basa sus principios en algo intuitivo ni tampoco se maneja en consultar a la bola de cristal el resultado de un proyecto o negocio, el pronóstico basa sus principios en hechos verídicos y comprobables en estados de cuenta e historial de manejo de cuenta de activos y bienes.

Según Robert Riggs (1993) los pronósticos se clasifican en 3 métodos: Subjetivos o de opiniones, históricos y causales.

Lezana en el 2006 declara que al elaborar los pronósticos financieros se debe empezar con las ventas que es la primera etapa; y para ello cuenta con varios métodos para su elaboración de los cuales con fines académicos describo los siguientes:

1. Tendencias del mercado: Consiste en tomar como referencia a estadísticas, analizar las tendencias y en base a ello proyectar.
2. Ventas potenciales del mercado: Consiste en determinar el pronóstico de ventas usando como base las ventas potenciales del sector.
3. Por temporada: ventas por épocas o estaciones que se presenten durante el año. (Lezana, 2006)

4) Desarrollo del proyecto por medio de regresión lineal

Se tiene una muestra de los 24 municipios en los cuales se generan fianzas y pólizas en el Estado de Veracruz para el cálculo estadístico.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Precios de impuestos de la muestra establecida del Estado de Veracruz

Precio de venta (en miles) (y)	Impuestos (en miles) (x)
25.9	4.9176
29.5	5.0208
27.9	4.5429
25.9	4.5573
29.9	5.0597
29.9	3.8910
30.9	5.8980
28.9	5.6039
35.9	5.8282
31.5	5.3003
31	6.2712
30.9	5.9592
30	5.0500
36.9	8.2464
41.9	6.6969
40.5	7.7841
43.9	9.0384
37.5	5.9894
37.9	7.5422
44.5	8.7951
37.9	6.0831
38.9	8.3607
36.9	8.1400
45.8	9.1416

Se encuentra el precio de venta promedio, dado que los impuestos pagados son $x = 7.5000$

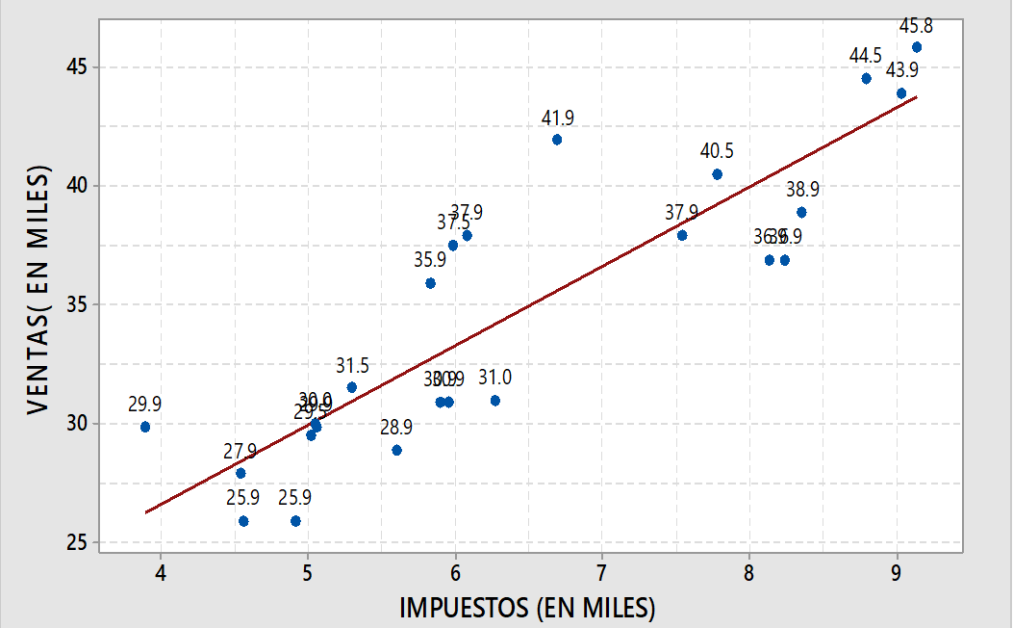


Figura 2. Gráfico de dispersión.

 ISSN 2007-8102

La ecuación de regresión basada en los datos de la muestra está dada por:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - n(\bar{X})(\bar{Y})}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - n\bar{X}^2} = \frac{5511.92548 - 24(34.6125)(6.40491667)}{1042.11411 - 24(6.40491667)^2} = \frac{5511.92548 - 5320.564278}{1042.11411 - 24(41.02295755)}$$

$$= \frac{191.3612022}{1042.11411 - 984.5509812}$$

$$b_1 = \frac{191.3612022}{57.5631288} = 3.3243$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X} = 34.6125 - 3.324371107(6.40491667) = 34.6125 - 21.29231958$$

$$b_0 = 13.320$$

$$\hat{Y} = b_o + b_1 X = 13.32018032 + 3.324371107X = 13.32018032 + 3.324371107(7.5000)$$

$$\hat{Y} = 13.32018032 + 24.9327833 = 38.2529X1000 = \$38252.9$$

Tabla 2. Operaciones estadísticas para el cálculo lineal

municipio	***Precio de venta (1,000) Y***	***Impuestos (1,000) X***	***Y CUADRADA***	***X CUADRADA***	***XY***
1	*25.9*	*4.9176*	*670.81*	*24.1827898*	*127.36584*
2	*29.5*	*5.0208*	*870.25*	*25.2084326*	*148.1136*
3	*27.9*	*4.5429*	*778.41*	*20.6379404*	*126.74691*
4	*25.9*	*4.5573*	*670.81*	*20.7689833*	*118.03407*
5	*29.9*	*5.0597*	*894.01*	*25.6005641*	*151.28503*
6	*29.9*	*3.891*	*894.01*	*15.139881*	*116.3409*
7	*30.9*	*5.898*	*954.81*	*34.786404*	*182.2482*
8	*28.9*	*5.6039*	*835.21*	*31.4036952*	*161.95271*
9	*35.9*	*5.8282*	*1288.81*	*33.9679152*	*209.23238*
10	*31.5*	*5.3003*	*992.25*	*28.0931801*	*166.95945*
11	*31*	*6.2712*	*961*	*39.3279494*	*194.4072*
12	*30.9*	*5.9592*	*954.81*	*35.5120646*	*184.13928*
13	*30*	*5.05*	*900*	*25.5025*	*151.5*
14	*36.9*	*8.2464*	*1361.61*	*68.003113*	*304.29216*
15	*41.9*	*6.6969*	*1755.61*	*44.8484696*	*280.60011*
16	*40.5*	*7.7841*	*1640.25*	*60.5922128*	*315.25605*
17	*43.9*	*9.0384*	*1927.21*	*81.6926746*	*396.78576*
18	*37.5*	*5.9894*	*1406.25*	*35.8729124*	*224.6025*
19	*37.9*	*7.5422*	*1436.41*	*56.8847808*	*285.84938*
20	*44.5*	*8.7951*	*1980.25*	*77.353784*	*391.38195*
21	*37.9*	*6.0831*	*1436.41*	*37.0041056*	*230.54949*
22	*38.9*	*8.3607*	*1513.21*	*69.9013045*	*325.23123*
23	*36.9*	*8.14*	*1361.61*	*66.2596*	*300.366*
24	*45.8*	*9.1416*	*2097.64*	*83.5688506*	*418.68528*
	$\sum Y$ *=830.7*	$\sum X$ *=153.718*	$\sum Y^2$ *=29581.65*	$\sum X^2$ *=1042.11411*	$\sum XY$ *=5511.92548*
	$\bar{Y}$ *=34.6125*	$\bar{X}$ *=6.40491667*			
	$b_1 = 3.324371107$	$b_0 = 13.32018032$			

 ISSN 2007-8102

Error estándar de la estimación:

$$S_{XY} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - b_0 \sum_{i=1}^{n} Y_i - b_1 \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i}{n-2}} = \sqrt{\frac{29581.65 - 13.32018032(830.7) - 3.324371107(5511.92548)}{24-2}}$$

$$= \sqrt{\frac{192.89}{22}}$$

$$S_{XY} = 2.96$$

5) Evaluación del Proyecto de regresión lineal

Medidas de variación en regresión y correlación

Se tiene una decisión de por medio el cual saber en qué municipio se puede realizar mediante un muestro de análisis de la suma de cuadrados que fianza es más vendida a lo largo del estado.

SST= SSR+ SSE

SST = suma total de cuadrados = $\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - n\bar{Y}^2$

$$SST = 29581.65 - 24(34.6125)^2 = 29581.65 - 28752.60375 = 829.04624$$

SST=829.04624

SSR = variación explicada o suma de cuadrados debida a la regresión

SSR= $\sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 = SST - SSE = b_0 \sum_{i=1}^{n} Y_i + b_1 \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - n\bar{Y}^2$

$$SSR = 13.32018032(830.7) + 3.324371107(5511.92548) - 24(34.6125)^2$$

$$SSR = 11069.22729 + 18323.68581 - 28752.60375$$

$$\boldsymbol{SSR = 640.309}$$

SSE= variación no explicada o suma de cuadrados de error

SSE=$\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - b_0 \sum_{i=1}^{n} Y_i - b_1 \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i$

$$SSE = 29581.65 - 13.32018032(830.7) - 3.324371107(5511.92548)$$

$$SSE = 29581.65 - 11065.07379 - 18323.68581 = 192.89$$

SSE= 192.89

 ISSN 2007-8102

Análisis de regresión: PRECIO DE VENTAS (1,000) Y vs. ... fianzas (1,000) X

Análisis de Varianza

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	636.2	636.156	72.56	0.000
IMPUESTOS (1,000) X	1	636.2	636.156	72.56	0.000
Error	22	192.9	8.768		
Total	23	829.0			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2.96104	76.73%	75.68%	72.91%

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	13.32	2.57	5.18	0.000	
IMPUESTOS (1,000) X	3.324	0.390	8.52	0.000	1.00

Ecuación de regresión

PRECIO DE VENTAS (1,000) Y = 13.32 + 3.324 IMPUESTOS (1 ,000) X

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	PRECIO DE VENTAS (1,000) Y	Ajuste	Resid	Resid est.	
15	41.900	35.583	6.317	2.18	R

Residuo grande R

Coeficiente de determinación r²

Se puede definir como:

$$\mathbf{r^2}=\frac{\boldsymbol{suma\ de\ cuadrados\ debidos\ a\ la\ regresion}}{\boldsymbol{suma\ de\ totales\ de\ cuadrados}}=\frac{\boldsymbol{SSR}}{\boldsymbol{SST}}$$

$$r^2 = \frac{640.309}{829.04624} = 0.7723$$

 ISSN 2007-8102

6) Conclusiones

Por medio de la numeración de los municipios establecidos en el Estado de Veracruz se tiene que el 77.23% de la variación de las ventas de las fianzas de cumplimiento y responsabilidad tiene una fuerte alteración por los impuestos anuales de las ventas de estas de esta aseguradora. Esto es, que solamente el 26.77% de la variabilidad de la muestra de las expediciones de las fianzas puede ser mediante ecuaciones de regresión lineal. El análisis de cada dato deja una muestra más pequeña para realizar operaciones de manera adecuada conforme a lo establecido en las normas de las 5S y por medio de factibilidad de los métodos de pronósticos se deja este trabajo como base para la solución de la empresa “FIANZAS PRETELIN”.
A manera de reflexión se puede decir, que la complejidad de la investigación, estriba en que esta debe ser siempre falible, esto es, que el conocimiento científico es perfectible. De hecho, siempre se pueden descubrir errores, aunque, a decir verdad, se deben buscar esos errores, ya que ello lleva a progresar hacia mejores estudios, mejores evidencias empíricas.

Referencias

1. Venegas Sosa, Alfredo. (2002). Manual de las 5s. México DF: Universal Asociados.
2. Armandiña Doarte, Mónica Blanco. (2003). 5s una herramienta de calidad para la mejora del desempeño operativo: un estudio en las empresas automotriz. 2001, de tnl sitio web: http://eprints.uanl.mx/12519/
3. Dorbessam, José Ricardo. (1999). Las 5s herramientas de cambio. 2001, de Asociación De Ingenieros Industriales sitio web: https://www.google.com/search?q=las+5s%2 c+herramientas+de+cambio+-
4. +josé+ricardo+dorbessan&oq=las+5s%2c+he rramientas+de+cambio+-
5. +josé+ricardo+dorbessan&aqs
6. Torres Barrón, María De Jesús. (2007). Pronósticos una herramienta clave para la planeación de las empresas. 2006, de UNAM sitio web: xxxx
7. Méndez Giraldo, German Andrés. (2013). Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproductivo y de variabilidad en metodología estadística (722). México DF: Espinoza SA De CV.
8. J. Enrique Monte Mayor Gallegos. (2005).métodos para pronósticos de negocios. México. Df: Packs Editorial.
9. Dr. Alberto Cuero. (2003). Pronostico de la demanda en las empresas. México DF: Ramírez Editorial

Lanzamiento de nuevo producto GEM secundarios en la empresa Henniges Automotive de México.

E. R. Pineda Armendáriz[1], F.A. Poblano Ojinaga[2], C. Yáñez Betancourt[3], A. E. Poblano Ojinaga[4], J.E. Esquivel Carrillo[5]*

[1, 2, 3, 5] Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de La Laguna, [4,] Departamento Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de La Laguna. Boulevard Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Colonia Centro, C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México.

**rosy_9999@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen.

El presente proyecto de investigación fue desarrollado con el fin de conocer el proceso para lograr una estandarización dentro de la empresa *Henniges Automotive de México S.A.*, generando mejoras para cumplir con los objetivos especificados con el cliente GMC, cumpliendo con los requisitos de calidad para que el producto fuera aprobado por el cliente y pueda ser producido por la planta. En el periodo en el cual se llevó a cabo la estandarización del programa GEM Secundarios, el proceso de fabricación fue sometido a varias modificaciones para poder cumplir con la producción por hora. El diseño del perfil también fue modificado con autorización del cliente para la calidad del producto final. La empresa Henniges *Automotive de México S.A.* fabrica sellos automotrices que impiden la entrada a elementos como el polvo y el humo a los vehículos, también contribuyen a mantener el ambiente interior en un contenedor o vehículo.

***Palabras clave**: Estandarización, mejora continua, requisitos del cliente, productividad.*

Abstract.

The present research project was elaborated in order to know the process to achieve a standardization within the company Henniges Automotive, generating improvements to comply with the objectives specified customer GM, complying with the quality requirements that the product was approved by the customer and can be produced by the plant. In the period in which the standardization of the program side GEM was conducted, the manufacturing process was subjected to several modifications in order to meet the production per hour. The profile design was also modified with authorization from the customer for the quality of the final product. Henniges Automotive manufactures automotive seals that prevent the entrance to elements such as dust and smoke to vehicles, also contribute to the indoor environment in a container or vehicle.

***Key words:** Standardization, continuous improvement, customer requirements, productivity*

Introducción.

En México se han realizado investigaciones sobre la innovación en las empresas del ramo automotriz, por ejemplo González y Martin (2013), concluyeron que la innovación es fundamental para que las empresas que están bajo entornos económicos desfavorables aumenten la competitividad, reconocen que la innovación ayuda a las empresas a ser más competitivas, también mencionan que la innovación es usada como una estrategia para hacer frente a la existencia de factores internos y externos que condicionan el sector automotriz.

La industria automotriz exige a los proveedores mayor eficiencia y productividad, por tanto, deben modificar y mejorar los procesos de producción y distribución, lo que se traduce en un requerimiento constante para el desarrollo e implementación de innovaciones técnicas (Vicencio, 2007).

Por su parte Cervilla (2005), menciona que la industria de autopartes en Latinoamérica es fundamental el aprender a realizar innovaciones técnicas ya que este tipo de innovación es primordial por la exigencia del

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

sector automotriz y es considerada como el principio para la mejora continua, muy necesaria en el sector de autopartes, por lo que las empresas se ven en la necesidad constante de promover la innovación.

Hoy en día, las compañías innovadoras no se ven a sí mismas vendiendo productos, se ven creando clientes leales, porque los clientes son fuente importante de innovación y la relación que existe con ellos es vital (Kotler, 2011; Hamel, 2012), así el cliente se siente considerado como miembro de la compañía y aporta ideas de innovación, logrando una mayor lealtad de los clientes.

El proyecto es realizado por la incorporación de una nueva línea de producción a la empresa *Henniges Automotive Planta Torreón*. generando mejoras para cumplir con los objetivos especificados con el cliente *General Motors*, cumpliendo con los requisitos de calidad para que el producto fuera aprobado por el cliente y pueda ser producido por la planta. Esta línea de producción GEM Secundarios exige y tiene como objetivo, convertirse en un proceso eficiente, productivo y óptimo en todo tipo de desperdicios con la ayuda de algunas herramientas de *Lean Manufacturing.*

Con este proyecto se identificarán todas aquellas averías al proceso que no lo dejen funcionar de una manera factible, implementando métodos o propuestas a las cuales el proceso pueda llegar a ser estable. Para ello, es importante estar haciendo mejoras continuas a las actividades que se realizan, tanto del operador, de los materiales, de la máquina, etc.

Metodología.

Los diseñadores del corporativo de *Henniges Automotive de México S.A.* en conjunto con la Empresa GMC enviaron el diseño sugerido del perfil para este nuevo producto, por lo tanto, *Henniges Automotive Planta Torreón,* como empresa encargada de fabricar dichas piezas tenía que adaptarse lo más rápido posible al nuevo diseño para identificar las posibles problemáticas que se pudieran presentar.

La metodología implica aplicar el procedimiento predeterminado para mejorar la eficiencia de los procesos, reducción de desperdicio, mejorar la calidad y la seguridad, y los pasos son los siguientes:

- Solucionar problemas de máquinas y equipos.
- Comunicarse con proveedores sobre productos y procesar inquietudes.
- Trabajar con el equipo de producción para resolver problemas y mejorar continuamente los procesos.
- Llevar a cabo reuniones, establecer planes de acción, implementar y dar seguimiento a cuestiones abiertas.
- Actualizar instrucciones de trabajo, PFMEA y estudios de capacidad.
- Investigar, sugerir e implementar proyectos de ahorro de costos o proyectos de ingeniería de valor agregado.
- Reunirse con el cliente y visitar al cliente como parte del diseño, mejora o calidad

Procedimiento de las actividades realizadas.

1. **Diseño e implementación de máquina para unión del perfil.** Se comenzó por buscar la maquinaria adecuada para la unión del perfil, la cual, fue la “SJPE MAXI” Sistema de unión de película de PE, el sistema de unión SJPE MAXI de uso múltiple es la última tecnología para las uniones a tope o esquina de perfiles de caucho (reforzado y desarmado), termoplástico y PVC.

   Este sistema utiliza una película especial o una película en POLIETILENO (PE) como material de relleno que se colocará automáticamente en las superficies de unión. La característica que distingue este tipo de unión, además de la alta resistencia a la tracción del área articulada, es el corto tiempo de realización. SJPE MAXI utiliza lámparas especiales de radiación infrarroja para el calentamiento rápido de las superficies a unir y la película de PE.

2. **Desarrollo de la distribución (Layout) del área de trabajo.** Se realizó el *Layout* del área de trabajo antes de que las maquinas, racks, contenedores se colocaran en el lugar. Se identificó cada área para cada uno

 ISSN 2007-8102

de los elementos que se encontraran en la nueva línea de producción, con la finalidad de contar con los espacios y dimensiones adecuadas para que las operaciones se realicen de una manera efectiva.

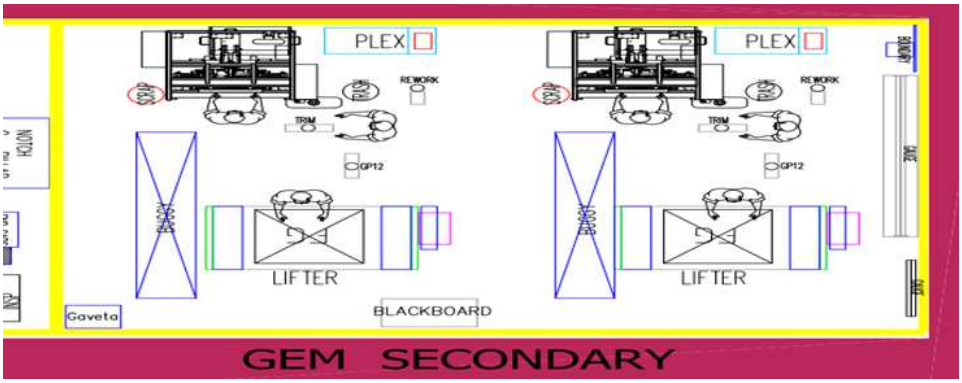


Figura 1. *Layout* del área del Proyecto

3. **Delimitación del área de trabajo.** De acuerdo a como se definió el *Layout* de la línea de producción se realizó la delimitación del área de trabajo, es decir, se asignó el lugar específico para cada elemento que se colocó haciendo marcas con cinta de diversos colores en el piso señalando el área para cada una de las maquinas, mesas, racks, etc.

4. **Diseño de racks.** Se realizó el diseño de los racks que se utilizaran durante el proceso del producto tanto inicial como final. Se menciona que el material espera algunos segundos para poder ser utilizado, para ello, se tiene que colocar en un lugar donde no sufra algún tipo de deformación o afecte al proceso, con esto se evita algún tipo de re-trabajo o pérdidas como el material bueno se pueda convertir en desperdicio. También se diseñaron algunos racks para el producto que al final del proceso cuenta con algún tipo de defecto o simplemente esta fuera de especificaciones.

5. **Instalación de maquinaria y componentes.** Una vez que la maquinaria estaba en la empresa se hizo la instalación del equipo, racks y diversos componentes en el área de trabajo una vez después de que se tuvo la delimitación para cada uno de ellos. El equipo de mantenimiento realizo la instalación en donde el departamento de ingeniería y mejora continua apoyaron para especificar la ubicación de cada componente que se colocó en el área de trabajo de acuerdo con el *Layout* realizado.

6. **Pruebas.** Cuando se tuvo el área de trabajo estandarizada con la maquinaria ya para su uso, se realizó una prueba de 10 piezas para ver cuál sería el trabajo estándar que iba a llevar el proceso del producto final. Con esa cantidad de pruebas se pudo definir el procedimiento que iba a llevar la hoja del trabajo estándar (SOP). Con esa primera prueba también se observaron algunas averías donde con suma importancia se le puso interés para eliminarlas ya que el producto salía dañado.

Documentación requerida para la implementación.

1. **Instrucción de trabajo para unión de perfil.** La siguiente etapa para que se pudiera llevar a cabo la implementación de la maquinaria fue la documentación del nuevo proceso (SOP) con el que la empresa contaba. Con la primera corrida que se tuvo de esta nueva área fue para apreciar e identificar cada uno de los pasos u operaciones que el operador realizaba para de esa manera hacer el estándar del procedimiento que cada operador que se le asignará el área de GEM secundarios se entrenará y basará en cada una de las operaciones para poder hacer el trabajo de una manera correcta y sin ningún tipo de errores.

2. **Instrucción de trabajo para *Trim*.** Una vez que termina la primera operación (unión de perfil) se pasa a la siguiente estación de trabajo, la cual es el *Trim*. En esta estación se retira toda la rebaba que queda en el perfil ya unido, el cual, es el exceso de la cinta de Polietileno que el operador debe de retirar con diferente herramienta manual, como lo son: las pinzas de *Xúron*, cautín, lija y al iniciar con el retiro de la mayor parte

 ISSN 2007-8102

de la cinta las manos. Al igual que la instrucción de trabajo para la unión de perfil, en esa primera corrida también se observó cada uno de los pasos que hacia el operador para concluir con el proceso del producto final y poder así, asignar el estándar de dicha estación.

3. **FRM de los *gauges* del área.** En la empresa, el área de calidad cuenta con un sistema de control de documentos, el cual, todo documento que es posteado en el área de trabajo debe de estar controlado o que es pasar por revisión del documento con cada uno de los ingenieros de todos los departamentos que están asignados en este proyecto, como lo son: ingeniero de calidad, procesos, mejora continua, mantenimiento y extrusión. Para este proyecto se realizó el nuevo documento de los gauges (FRM), básicamente en estos formatos se ponen las especificaciones que debe tener el perfil para poder ser trabajado aunque también existen para producto final, es decir, son sometidos a una inspección final en donde se verifica que durante el proceso la pieza no haya sufrido de algún tipo de deformación. Se realizaron los formatos para los dos tipos de modelos que existen en el área, el modelo *Front* y *Rear* debido a que su longitud total cambia, lo que indica que los puntos que tiene marcados sobre la pieza también cambiaran de posición y por ende longitudes diferentes.

4. **AMEF.** Para el documento PFMEA (AMEF) correspondiente al programa GEM Secundarios se incorporaron todas las estaciones de trabajo del área, desde el recibo de material, unión de perfiles y *trim*. Se tomaron en cuenta todos los posibles modos de falla que podían suceder en la realización de la operación. En el análisis de fallas de esta operación de PE SPLICE (unión de perfiles) se incluían como modos de falla la posibilidad de generar piezas desprendidas, pieza defectuosa, pieza con mal apariencia, longitud del perfil corta o larga, etc.

Problemas en las primeras dos pruebas

Una vez que se realizó toda la documentación para poder estandarizar la nueva área para el control de documentos en calidad se hizo la segunda corrida de pruebas, en esta ocasión fueron 150 piezas y comparándola con la primera corrida de tan solo 10 piezas se arrojaron diferentes problemas, los cuales se mencionan:

1. **Desprendidas del perfil.** Con tan solo estas dos corridas de pruebas se pudo observar el primer y mayor problema, las desprendidas del perfil. Esto ocurría cada vez que el operador cuando terminaba su operación y retiraba la pieza unida salía desprendida en la parte de la zona C en donde el perfil contaba con un *carrier* de aluminio cubierto por el EPDM. Para la solución del problema, se identificó que el perfil estaba en condiciones incorrectas solo era cuestión de agregarle 1 mm al espesor por la parte superior de donde el material cubre al *Carrier*.

2. **Manejo de material incorrecto.** Para la segunda corrida de pruebas que fueron las 150 extrusiones el área de extrusión al momento de que los encargados de acomodar los perfiles en el *Buggy* los colocaron con la zona C del perfil en orientación hacia abajo. Para esta corrida se hizo la toma de tiempos de 8 ciclos desde que el operador empieza a tomar los perfiles del Buggy hasta que el proceso final se termina que es el *Trim*.

PRUEBA 1 DE ARRANQUE GEM SECUNDARIO

	TIEMPO OPERARIO EN SEG. (ANTES DE LA MAQUINA)	TIEMPO DE MAQUINA EN SEG.	TIEMPO OPERARIO EN SEG. (DESPUES DE LA MAQUINA)	TIEMPO DEL CICLO
1	70	20	19	109
2	63	19	17	99
3	63	21	25	109
4	52	20	19	91
5	49	18	26	93
6	54	18	22	94
7	50	20	22	92
8	48	19	22	89
			PROMEDIO	97

Con estos resultados se determinó que es un tiempo de ciclo promedio de 97 seg. un poco alto ya que uno de los objetivos de este nuevo proyecto es cumplir con la demanda de 130 piezas/hora. Con este tiempo promedio que se arrojó se pudo sacar la producción por hora utilizando un 85% de efectividad, la cual fue la siguiente:

Tabla 1. Toma de tiempos 1

 ISSN 2007-8102

$$Producción = \left(\frac{3600\ seg}{97\ seg}\ (.85)\right)(3\ piezas) = 94.64 = 95\ piezas/hora$$

95 piezas = 73% producción/hora

Según el resultado obtenido de producción que se sacó por hora fue el 73% del 100 que se requiere para cumplir con la demanda del cliente. La solución a este problema fue que en la siguiente corrida con las nuevas 150 extrusiones ya con el nuevo espesor del material que cubre el *carrier,* los encargados del área de extrusión fue que colocaran los perfiles en el *Buggy* de la forma sugerida para reducir el tiempo de ciclo, con la zona C en orientación hacia arriba.

Problemas en la tercera corrida de pruebas

Con esta corrida de pruebas se esperaba mejorar el tiempo promedio de ciclo y que las piezas ya no salieran con parte de la unión separada en la zona C, ya que las nuevas extrusiones contaban con su modificación en el espesor de material que cubre al *carrier*. Prácticamente estas piezas se convirtieron en *Scrap* ya que en su totalidad resultaron desprendidas, por lo que solo se le sugirió al equipo de mantenimiento del área de extrusión ajustara las cuchillas, ya que el corte lo estaba haciendo chueco debido al mal ajuste de la cortadora. Nuevamente con esta corrida se logró hacer una segunda toma de tiempos en 20 ciclos para asegurarnos que el tiempo promedio haya disminuido con el correcto manejo y acomodo del material en el *Buggy*.

PRUEBA 2 DE ARRANQUE GEM SECUNDARIO

	TIEMPO OPERARIO EN SEG. (ANTES DE LA MAQUINA)	TIEMPO DE MAQUINA EN SEG	TIEMPO OPERARIO EN SEG. (DESPUES DE LA MAQUINA)	TIEMPO DEL CICLO
1	42	15	24	81
2	55	15	17	87
3	64	15	17	96
4	49	16	16	81
5	47	16	14	77
6	57	16	11	84
7	55	15	15	85
8	38	16	13	67
9	38	16	16	70
10	49	15	15	79
11	40	13	16	69
12	46	16	17	79
13	44	15	18	77
14	46	16	26	88
15	43	16	17	76
16	41	16	17	74
17	49	15	28	92
18	33	15	15	63
19	45	21	14	80
20	49	17	16	82
			PROMEDIO	79.35

Se confirmó que el correcto manejo y acomodo del material para que el operador lo utilice si disminuyó el tiempo promedio de ciclo a 79.35 seg., restándole casi 18 segundos al primer tiempo que se estimó. Con esa nueva información se pudo actualizar la producción/hora, en donde nuevamente se utilizó el 85% de su efectividad, la cual fue la siguiente:

Tabla 2. Toma de tiempos 2

$$Producción = \left(\frac{3600\ seg}{79.35\ seg}\ (.85)\right)(3\ piezas) = 115.68 = 116\ piezas/hora$$

116 piezas = 89% producción/hora

Cuando se realizó esta corrida nuestro objetivo era llegar a cumplir con la producción por hora que el cliente requería, lo cual no fue así. Se estuvo observando durante el proceso las actividades que el operador realizaba al momento de colocar las 3 piezas en la máquina sobre unos tubos que tenía para colocarlas. Para reducir este tiempo que el operador consumía en estar acomodando cada uno de los perfiles, se optó por realizar rack como prototipo en donde tuviera separaciones para cada uno de los 3 perfiles, para de esa manera, eliminar la actividad de estar acomodándolos cada vez que el perfil vaya a ser colocado en el molde. Con este nuevo prototipo se realizó una nueva toma de tiempos para 20 ciclos en donde se utilizó el nuevo rack, arrojando los siguientes resultados:

 ISSN 2007-8102

	PRUEBA 3DE ARRANQUE GEM SECUNDARIO			
	TIEMPO OPERARIO EN SEG. (ANTES DE LA MAQUINA)	TIEMPO DE MAQUINA EN SEG.	TIEMPO OPERARIO EN SEG. (DESPUES DE LA MAQUINA)	TIEMPO DEL CICLO
1	37	15	16	68
2	40	16	17	73
3	41	15	16	72
4	39	16	16	71
5	38	15	14	67
6	39	16	11	66
7	42	15	15	72
8	41	15	13	69
9	40	15	16	71
10	40	15	15	70
11	42	16	16	74
12	38	16	17	71
13	35	15	15	65
14	39	16	16	71
15	38	16	17	71
16	41	16	15	72
17	39	15	17	71
18	40	16	15	71
19	35	15	14	64
20	38	17	16	71
			PROMEDIO	70

Para confirmar que se podía cumplir con la producción ya que el tiempo promedio de ciclo había disminuido a 70 segundos, nuevamente se hizo un cálculo utilizando el 85% de su efectividad, la cual fue la siguiente:

Tabla 3. Toma de tiempos con nuevo rack

$$Producción = \left(\frac{3600\ seg}{70\ seg}\ (.85)\right)(3\ piezas) = 131.14 = 132\ piezas/hora$$

Producción suficiente para tener satisfecho al cliente cuando requiera el producto final.

Variación en longitud del perfil. Por parte de la empresa está un gran compromiso el cumplir con las especificaciones del cliente, es por eso que para la realización de cada una de las pruebas de corridas que se realizaron en dicho programa, antes de ser procesadas las piezas tenían que ser sometidos cada uno de los perfiles a la verificación de su medida de longitud en el *gauge* (calibrador) en donde como resultado de una prueba de 130 estaban dentro del rango de tolerancias, pero existía el problema que la medida variaba mucho ya que un gran número de piezas se encontraban en su medida mínima y también en la máxima, generando una cantidad de piezas casi nominales muy pequeña, lo cual, por parte del departamento de ingeniería y calidad se generó un punto crítico insinuando que algo estaba mal en el proceso del área de extrusión donde se realizan los perfiles. Sin embargo el estudio de capacidad de las piezas producidas nos revelo cierta información:

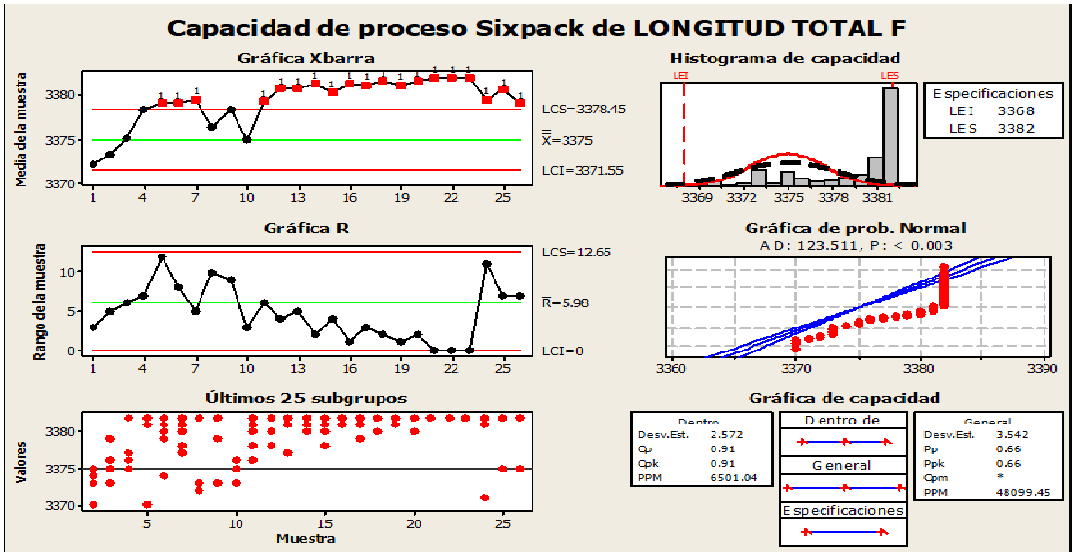


Figura 3. Estudio de capacidad longitud total

El estudio de capacidad nos arrojó un valor de CPK (índice de capacidad del proceso) de 0.91 el cual es un valor demasiado bajo y por dicha razón las piezas que se producían en la empresa podrían pasar a la siguiente

 ISSN 2007-8102

etapa de aprobación que la empresa GMC nos exigía, sin embargo, se tomaron medidas correctivas para que el proceso esté más estable.

Resultados y discusión.

A lo largo de todo este proceso del proyecto se obtuvieron diversos resultados en cada una de las etapas realizadas. Desde la primera fase que fue la asignación del área en donde se colocaría el nuevo programa GEM secundarios al momento que fue elaborado el L*ayout* de la estación, fue un buen trabajo debido a que se hicieron varias propuestas de croquis en los cuales por el que se optó, fue el más favorable ya que quedaba más espacio para el manejo del material y para que los operadores realizaran adecuadamente sus actividades.

Uno de los resultados más destacables fue el cambio del espesor del material que cubría la superficie del *carrier* que va por dentro del perfil, ya que con esta modificación se pudo producir el producto con las especificaciones y apariencias de calidad que el cliente requería, donde se evitó mucha pérdida de desperdicio, lo que produciría pérdidas monetarias. Se menciona uno de los resultados favorables para la empresa, cumplir con la demanda requerida por hora, se tenía que cumplir con el *rate* de 130 piezas por hora en donde al inicio solo se producían aproximadamente 90 piezas por hora, con la toma de tiempo y el estudio de movimientos que el operador realizaba se pudo hacer mejoras disminuyendo el tiempo de ciclo cambiando el manejo del material, el cual, la producción aumentó a 115 piezas por hora, esto no fue suficiente y se continuó con el estudio de tiempos y movimientos del operador.

Con este último estudio se destacó que el operador realizaba movimientos innecesarios por el mal diseño del rack donde se colocaban los perfiles a la hora de ser embonados en el molde para su unión, como propuesta se hizo un prototipo de un nuevo diseño de rack en donde tuviera separaciones para cada una de las piezas que se colocarían. Una vez que se realizó el prototipo y se puso en prueba, corrieron la línea de producción para volver a tomar tiempo del ciclo, y efectivamente, el tiempo promedio de ciclo disminuyó en donde aproximadamente se podía producir alrededor de 140 piezas por hora, cantidad suficiente para cumplir con la demanda.

Como parte de los resultados para mejorar la parte de la enorme variación que existía en el corte de longitud total de los perfiles, se ajustaron correctamente los sensores que detectaban la pieza cuando ya estaba en la medida ya que estaban desajustados, pero realmente estaban dentro de las especificaciones que se requerían, nuevamente se realizó un estudio de capacidad del proceso en el cual se tomaron 130 piezas para muestreo y así verificar si en realidad se mejoró el proceso.

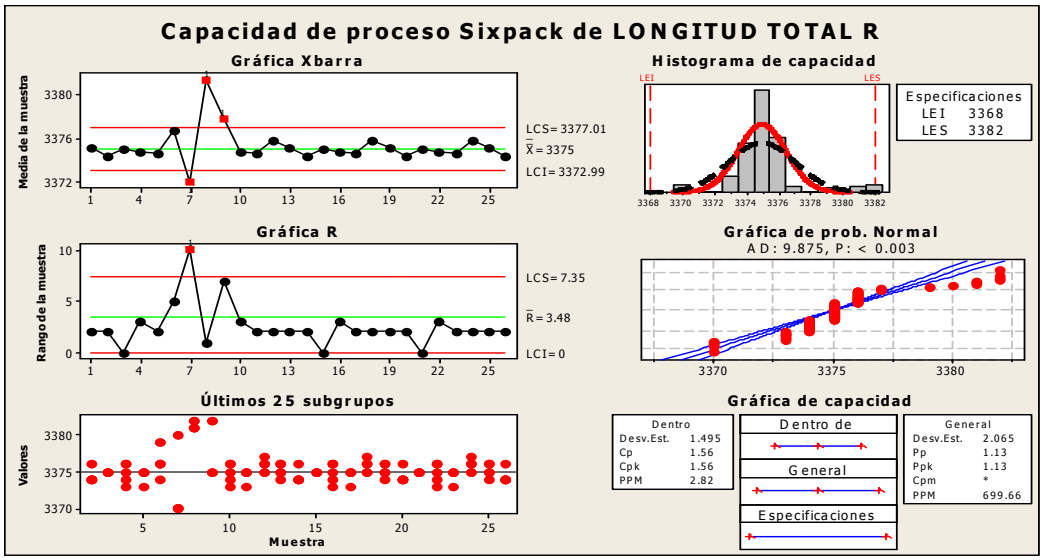


Figura 4. Estudio de capacidad con ajuste en sensores

Con este nuevo Cpk de 1.56 indica que el proceso está totalmente controlado por parte del departamento de ingeniería, por lo tanto, se otorga la aprobación para concluir con el programa GEM Secundarios y opere sin ningún inconveniente y de una forma correcta.

Conclusiones

A lo largo del desarrollo de este proyecto se logró concluir con los objetivos planteados, fueron meses en los que día a día se realizaban modificaciones, se realizaron piezas de prueba hasta que finalmente el proceso quedo totalmente estable. Un punto que se puede mencionar es que el cliente GM tuvo la confianza de otorgar este proyecto a la empresa *Henniges Automotive de México S.A.* en donde fue tolerante en cada uno de los avances de este programa, a las modificaciones y las acciones correctivas al proceso de una manera rápida y eficaz ante las problemáticas presentadas, ya que para poder lograr cada uno de los objetivos que se plasmaron en este proyecto de residencia se pasó por diferentes transformaciones del proceso.

Referencias

1. Cervilla, M.A. (2005). Excelencia operacional mediante la innovación y el mejoramiento continuo de los procesos: experiencias en la industria venezolana de autopartes. Academia Revista Latinoamericana de Administración, 34, 47-61.
2. Edgardo J. Escalante Vázquez: Seis-Sigma: metodología y técnicas. Editorial Limusa, 2005.
3. González, T. E. y Martin M.A. (2013). La innovación en entornos económicos pocos favorables: el sector auto partes mexicano. Estudios Gerenciales, 29, 167-176.
4. Hamel, G. (2012). What matters now, How to win in a world of relentless change, ferocious competition, and unstoppable innovation, San Francisco, California, USA: Jossey-Bass.
5. Kotler, P. (2011): El marketing según Kotler, cómo crear, ganar y dominar mercados. Madrid, España: Paidos.
6. Vicencio, A. (2007). La industria automotriz en México. Antecedentes, situación y perspectiva. Contaduría y Administración, 221, 211-248
7. https://www.sop-standard-operating-procedure.com/

Propuesta metodológica para optimizar la gestión de costo horario de la energía en Chile

G. Zarate Sampedro[1]*, R. Ordoñez Flores[1], L. García-Santander[2], V. Flores Lara[1], J. Bedolla Hernández[1]

[1]Adscritos al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Carretera Apizaco-Tzompantepec s/n, Conurbano Apizaco-Tzompantepec, Tlaxcala, México, C.P. 90300.

[2] Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Concepción, Chile., Región del Bío Bío, C.P. 4030000, Concepción, Chile.

**guillermo_zarate18@hotmail.com*

Área de participación: *Ingeniería Industrial*

Resumen

La Gestión de oferta de energía eléctrica para el usuario, es un tema amplio a nivel internacional, que se encuentra incluido en el paradigma de las Redes Inteligentes, que tiene importancia en la Gestión de Demanda de Energía. El presente estudio busca resolver la problemática que tiene el consumidor en pagar una tarifa elevada en diferentes horarios, en donde éste pueda decidir el precio de compra de acuerdo a sus requerimientos. La metodología a utilizar se enfoca en poder generar la compra a cada hora durante el día a cualquier proveedor tomando en cuenta el consumo del usuario. Finalmente se comparan los resultados de costos que paga un usuario con su proveedor fijo, y los costos que pagaría éste, implementando la metodología sugerida, utilizando los mismos consumos de energía.

Palabras clave: *Gestión de Costos, Perfil de Demanda, Redes Inteligentes, Curvas de Precios.*

Abstract

The management of the supply of electric power for the user is a broad topic at the international level, which is included in the paradigm of Smart grid, which is important in the Management of Energy Demand. The present study seeks to solve the problem that the consumer has in paying a higher rate at different times, in which the purchase price can be decided according to their requirements. The methodology that will be used focuses on being able to generate the purchase every hour during the day to any provider taking into consideration the user's consumption. Finally, the results of the costs paid by a user with his fixed provider are compared with the costs that the latter would pay, implementing the suggested methodology, using the same energy consumption.

Key words: *Cost Management, Demand Profile, Smart Grid, Prices Curves.*

Introducción

El aumento de la demanda de electricidad es considerado como un indicador fiable del grado de desarrollo de una economía, sin embargo, dicha demanda debe estar basada en decisiones racionales por los consumidores, en donde ellos jueguen un papel importante en la compra de electricidad. El problema asociado a los niveles de precios hacia los consumidores, se da por que éstos no tienen la facilidad de reducir su pago, tomando como alternativa el poder comprar a un precio más barato la misma electricidad en diferentes lapsos de tiempo en un día con diferentes proveedores disponibles.

En la práctica, la respuesta a la demanda se puede implementar mediante control de carga directo o precios basados en el mercado. Para el control de carga directa, los proveedores de energía tienen la capacidad de apagar de forma remota los equipos de los consumidores en un corto aviso cuando sea necesario (N. Antonin and P. Energetika, 2009).

 ISSN 2007-8102

El desarrollo de las redes inteligentes, permite comunicaciones confiables y en tiempo real entre los proveedores de energía y los consumidores, el precio se puede proporcionar a los consumidores diariamente, en intervalos de tiempo. Las comunicaciones entre los proveedores de energía y los consumidores se basan en una infraestructura de medición avanzada, que admite la recopilación de lecturas de medidores y el anuncio del precio de la electricidad (A. Zaballos, A Vallejo y M. Selga, 2011).

La Gestión Activa de la Demanda (GAD) eléctrica designa el conjunto de estrategias y medidas encaminadas a permitir una participación más activa de los consumidores en el mercado para incrementar la eficiencia del sistema. Se trata de transmitir al consumidor incentivos económicos que reflejen los costos reales de la energía y las condiciones del sistema a cada momento, de forma que modifiquen su consumo respecto a los patrones habituales (Red Eléctrica España, 2012).

Teniendo esa facilidad de poder comprar al proveedor que más convenga, en particular se espera que el consumidor responda reduciendo o desplazando su consumo de horas del día en las que el precio de la electricidad es más elevado o en las que peligre la fiabilidad del sistema.

En España la GAD eléctrica en un contexto de mercado liberalizado puede llevarse a cabo a través de una variedad de mecanismos y tipos de programas, que recibe el consumidor y el agente intermediario dentro del mercado en el que se esté participando (Conchado y Linares, 2012).

Sin embargo, los programas de Gestión de costos para los usuarios son de reciente aplicación, y el interés en la implementación es principalmente de los países industrializados, como los europeos. La información entregada por los autores (Red eléctrica Ucrania, 2018) muestran que los precios se redujeron en aproximadamente un 6% en los primeros 5 meses del año 2018 respecto a los que se habían obtenido para el mismo periodo del año 2017.

Independientemente del enfoque de las investigaciones pasadas sobre la gestión de costos hacia el usuario, solo incluyen al consumidor para mostrar los costos de electricidad y permitirles que adapten la tarifa que deseen, sin tomar en cuenta las diferencias de consumo de electricidad en distintos lapsos de tiempo, y teniendo una visión del consumo y costo predictivo que se presentaría nuevamente. La omisión crea algunos conflictos para el consumidor en donde no puede saber cuándo extender o recortar su consumo eléctrico. En el estudio se analiza el caso real de un cliente industrial (cliente libre) emplazado en la Región del Bío Bío en Chile, donde se incorpora una gestión de costos tomando en cuenta el consumo horario del cliente, conllevando a reducir el pago por facturación al mínimo posible. El artículo se divide en 5 secciones, la primera es la “introducción” donde nos da un paradigma general del problema existente y encontramos información de estudios que se han realizado para mejorarlo, la segunda, “metodología” análisis del problema” se analiza el problema para poder dar una solución adecuada, en la etapa de síntesis que es la tercera sección, se menciona el desarrollo del estudio, tomando datos reales del consumo de energía de un usuario y los costos de energía eléctrica con varios proveedores, finalmente en la etapa de resultados que es la cuarta sección, encontramos la solución esperada, dando a conocer el resultado del análisis.

Metodología

La Gestión Activa de la Demanda eléctrica en un contexto de mercado liberalizado puede llevarse a cabo a través de una variedad de mecanismos y tipos de programas, en función de la clase de señal e incentivo que recibe el consumidor (Conchado y Linares, 2012). Con base en este principio, la primera fase del proyecto pretende obtener el consumo promedio de un usuario, así mismo, el precio más bajo por parte de los proveedores. Finalmente, se diseña una metodología para lograr la primera fase de la investigación, como se puede observar en la figura 1, la cual conlleva a optimizar la gestión de la oferta de precios hacia un usuario de acuerdo a sus necesidades.

 ISSN 2007-8102

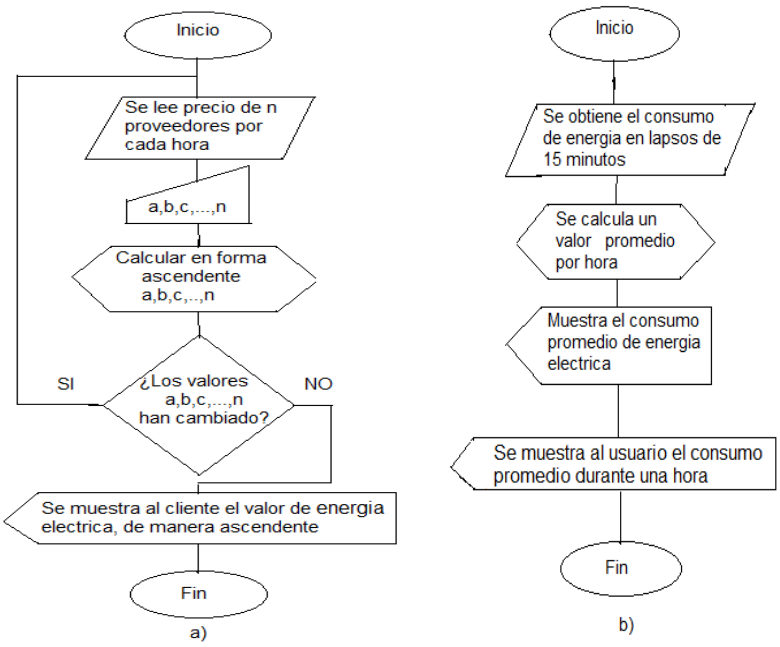


Figura 1. Metodología empleada para la gestión de oferta.
a) Proveedor-usuario, b) consumo del usuario

Análisis del problema

Actualmente en Chile, se puede realizar una gestión de energía eléctrica tanto para su consumo como para la compra de energía, sin embargo, esto no se ha implementado, ya sea por desconocimiento o desconfianza de los propios usuarios industriales o clientes libres; esto se presenta principalmente porque ellos no perciben los costos reales que pagan por consumir energía eléctrica en tiempos cortos, ni perciben los incentivos suficientes para adecuar su consumo a las condiciones que ellos requieran.

Etapa de síntesis

En esta etapa se obtiene el consumo de energía eléctrica real de una industria ubicada en la región del Bio Bio, ésta se encuentra en constante funcionamiento, sin embargo, aunque cuenta con los equipos necesarios para no tener distorsión en su consumo, los datos obtenidos se muestran elevados por tiempos no constantes. Para obtener estos datos, se realiza un monitoreo del consumo, durante el periodo de 7 meses a partir del 01 de abril empezando desde las 00:00 horas, y concluyendo el 31 de octubre a las 23:45 horas del año 2018, por lo cual cada 15 minutos se efectuaba la lectura para tener un resultado verídico, conforme al periodo de medición se pretende saber cuánto pagaría por el mismo consumo, tomando como alternativa los precios más accesibles de todos los proveedores.

Desde la figura 2 hasta la figura 8 se muestran los perfiles de los consumos energéticos mensuales desde abril a octubre del 2018. Para la figura 2 hasta figura 7 se observa que el consumo de energía es nulo para el intervalo de 18:00 a 23:00 horas de los días hábiles. Esto cambia para el mes de octubre (figura 8) donde el consumo en dicho intervalo es similar a cualquier otro bloque horario, con un pico de consumo de energía cercano a los 90 kWh en una sola oportunidad. Los meses de mayo (figura 3), junio (figura 4) y julio (figura 5) presentan picos de consumos similares, llegando a unos 450 kWh en repetidas ocasiones. Por su parte, en el mes de septiembre (figura 7) se alcanza un máximo de 90 kWh por una sola vez, siendo su promedio de máximos aproximadamente de unos 40 kWh.

Los cargos a pagar por un cliente en Chile, se basan en energía (US$/MWh), demanda suministrada (US$/kW) y demanda en hora de punta (US$/kW). Se define un horario de punta, el cual rige desde

 ISSN 2007-8102

el 1 de abril hasta el 30 de septiembre entre las 18:00 y 23:00 horas y que aplica un precio a la demanda máxima de horas de punta equivalente a casi 10 veces el precio de la demanda suministrada y por lo tanto los clientes suelen desconectarse del sistema eléctrico de la distribuidora para registrar un valor nulo de demanda máxima de horas de punto y así pagar cero dólares en ese ítem. Desde el 1 de octubre al 31 de marzo, no se mide la demanda máxima de horas de punta, por lo tanto, el cliente no paga potencia por este concepto y puede libremente consumirla en dicho periodo, como se puede percibir en la figura 8.

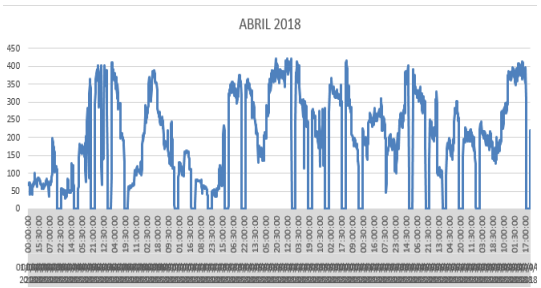


Figura 2. Consumo energético de abril

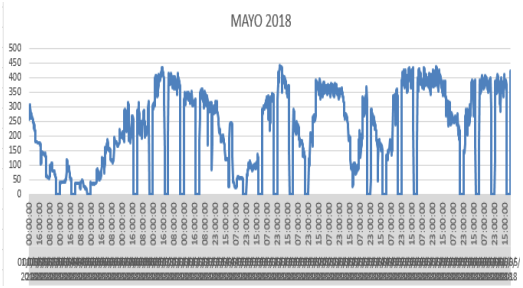


Figura 3. Consumo energético de mayo

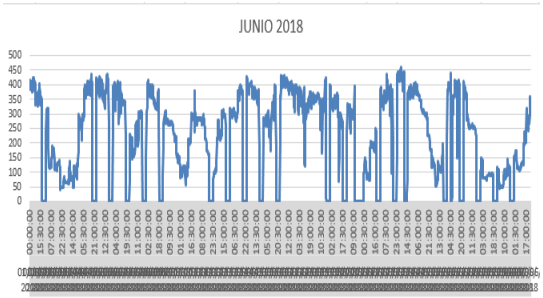


Figura 4. Consumo energético de junio

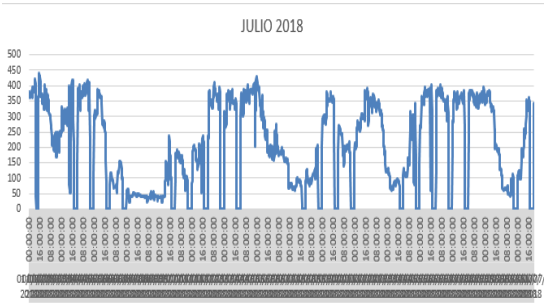


Figura 5. Consumo energético de julio

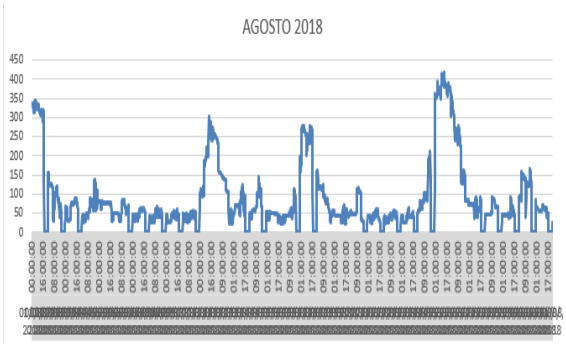


Figura 6. Consumo energético de agosto

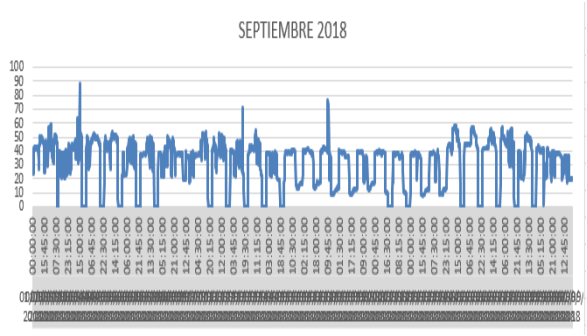


Figura 7. Consumo energético de septiembre

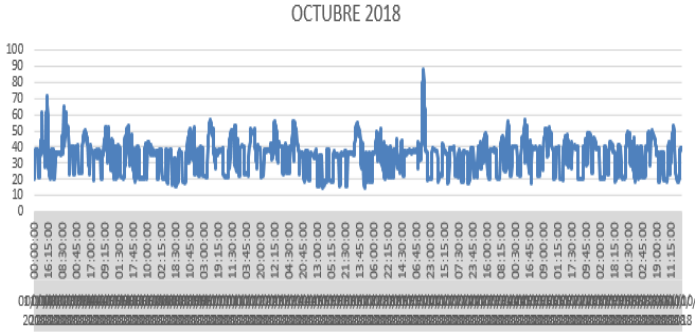


Figura 8. Consumo energético de octubre

 ISSN 2007-8102

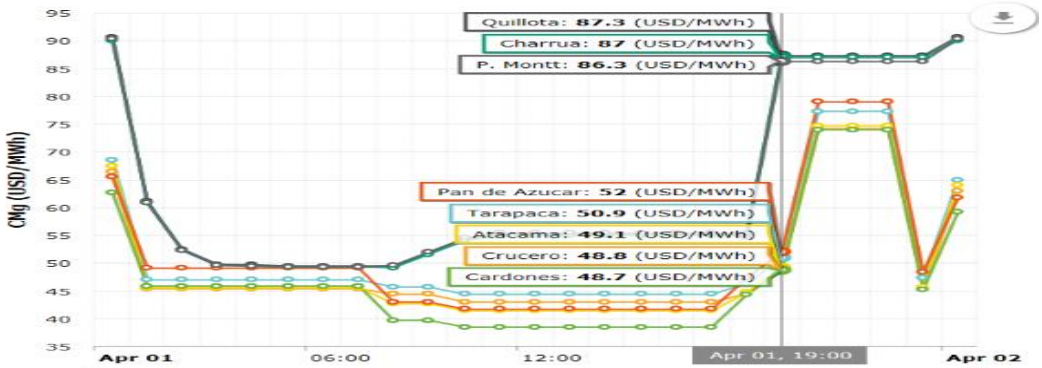


Figura 9. Variación del precio durante un día del mes de abril del 2018

La Figura 9, entrega los precios horarios ofrecidos por cada uno de los proveedores del sistema eléctrico considerados para el estudio. Se observa claramente que existen precios diferenciados durante las horas del día. Si ésta variación de precios es contemplada por los usuarios en el momento de la compra, podrán ver como se reduce su costo de facturación en electricidad al adecuar su curva de consumo por las señales recibidas.

Dado que actualmente en Chile los proveedores no entregan los precios de la energía con anticipación, se han considerado para el estudio los Costos Marginales existente en cada nodo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) chileno como si fuera un proveedor de suministro eléctrico con una curva de precio conocida previamente [Coordinador Eléctrico Nacional, 2019].

La Tabla 1 muestra los precios promedios ofrecidos por los proveedores de suministro y que se obtuvieron para los meses de abril a octubre de 2018. Se detecta que existen precios claramente diferenciados entre éstos. El análisis comienza desde las 0:00 horas del 1 de abril finalizando a las 23:00 horas del 31 de octubre del año 2018, cabe recalcar que los precios cambian cada 1 hora. De los obtenidos se calcula un promedio por mes, por consiguiente, se suman todos los promedios de los meses mencionados.

MES	Tarapacá	Crucero	Atacama	Cardones	Pan de azúcar	Quillota	Charrúa	P. Montt
Abril	54.86	53.01	53.47	50.89	58.70	63.26	62.85	60.92
Mayo	59.34	57.38	58.20	56.20	68.63	79.54	80.05	77.79
Junio	56.39	54.41	54.57	52.32	54.85	78.65	78.72	80.25
Julio	57.55	55.52	55.69	53.46	55.15	66.04	64.08	62.70
Agosto	62.28	60.12	61.43	59.29	63.68	82.69	82.28	82.39
Septiembre	56.30	54.49	54.90	51.36	51.70	59.33	58.90	61.72
Octubre	56.96	55.10	54.19	50.92	51.58	56.83	53.19	51.84
Precio total a pagar	57.67	55.72	56.06	53.49	57.76	69.48	68.58	68.23

Tabla 1. Precio promedio a pagar a los distribuidores de energía eléctrica en Chile (USD/MWh).

Para encontrar el mejor precio de energía durante ese tiempo, se analizaron todos los posibles cambios por mes del cliente hacia los proveedores. Esto implica que por cada vez que exista un cambio en el precio de energía, el usuario debe o no realizar un cambio de compra de la misma, de acuerdo a sus requerimientos. Entre mayor sea el tiempo de consumo que se tenga con un solo proveedor, la curva de precio para el usuario es más elevada.

Basándose en lo observado, se propone una metodología que ayudará al usuario a tener una mejor compra de energía, este mecanismo consiste en la aplicación de un sistema de precios, en donde el usuario pueda tener una comparación del consumo de energía y el precio que puede pagar por ella,

 ISSN 2007-8102

donde el usuario responda de una forma voluntaria a las señales de precios que recibe a través del proveedor, conllevando también a facilitar el cambio de sus hábitos de consumo, como se puede apreciar en la figura 10.

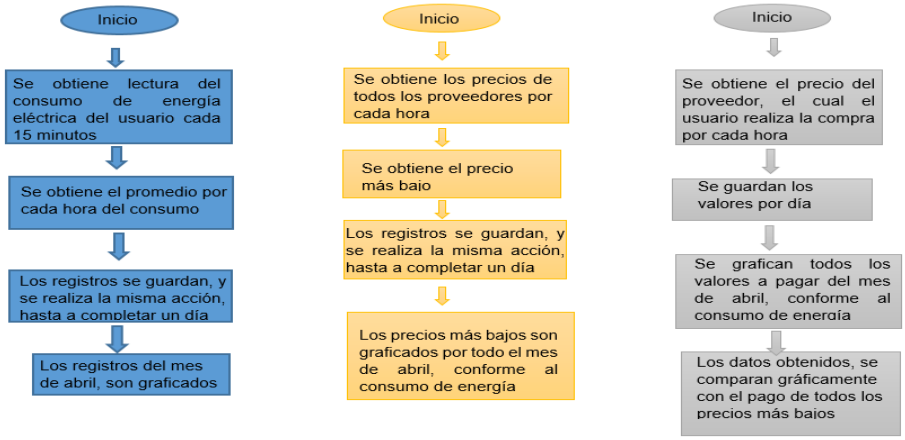


Figura 10. Pasos para la optimización de costos de energía
a) Medición del consumo de energía del usuario, b) Valor más bajo de los proveedores, c) Valor de un solo proveedor

Para poder desarrollar la primera fase metodológica, que a futuro ayude al usuario a tener una mejor compra en el sistema, se tomarán varios factores como se puede ver la Tabla 2. Cabe recalcar que para este estudio sólo se consideran los puntos 2 y 4.

No	Factores a considerar
1	Precio online
2	Precio histórico
3	Precio pronosticado
4	Consumo energético del usuario
5	Número de usuarios que se pueden conectar a los distribuidores
6	Fallas inesperadas en el sistema

Tabla 2. Factores a considerar en la metodología propuesta

Etapa de resultados

Estandarizar la gestión de costos es muy importante y favorable para el usuario, pues permite simplificar de una manera impactante los costos de facturación por el consumo de electricidad; como se puede observar en la tabla 3 y tabla 4, empleando la metodología propuesta, se logrará reducir de forma eficiente el precio que paga el usuario por el consumo de electricidad.

En la Tabla 3 se observa el costo (USD/MWh) que le generó al usuario, al realizar la compra a un solo proveedor, en nuestro estudio se consideró como proveedor a Charrúa, en las fechas anteriormente mencionadas. Los precios se obtuvieron por cada hora y así mismo día con día, para finalmente sacar un promedio por mes, como se muestra a continuación.

Una vez obtenido los costos que se paga con un solo proveedor, se emplea la metodología en donde el usuario puede tener acceso a decidir a qué proveedor comprar, tomando los precios más bajos hora con hora y por consiguiente sacando promedio mes a mes, se observa que el costo promedio baja de una manera impactante, como se puede observar en la tabla 4.

 ISSN 2007-8102

Mes	Pago promedio por cada mes (USD/MWh)
Abril	62.85
Mayo	80.05
Junio	78.72
Julio	64.08
Agosto	82.28
Septiembre	58.90
Octubre	53.19

Tabla 3. Promedio de costos de energía (USD/MWh) con proveedor Charrúa

Mes	Pago promedio por cada mes (USD/MWh)
Abril	48.24
Mayo	53.48
Junio	50.79
Julio	50.43
Agosto	54.28
Septiembre	47.94
Octubre	42.88

Tabla 4. Promedio de costos utilizando precios más bajos (USD/MWh)

Para poder visualizar la diferencia del precio de un proveedor fijo y el precio más barato entre todos los proveedores, se toman los precios del mes de abril, por cada día en tiempos de una hora. Como se puede observar en la Figura 11.

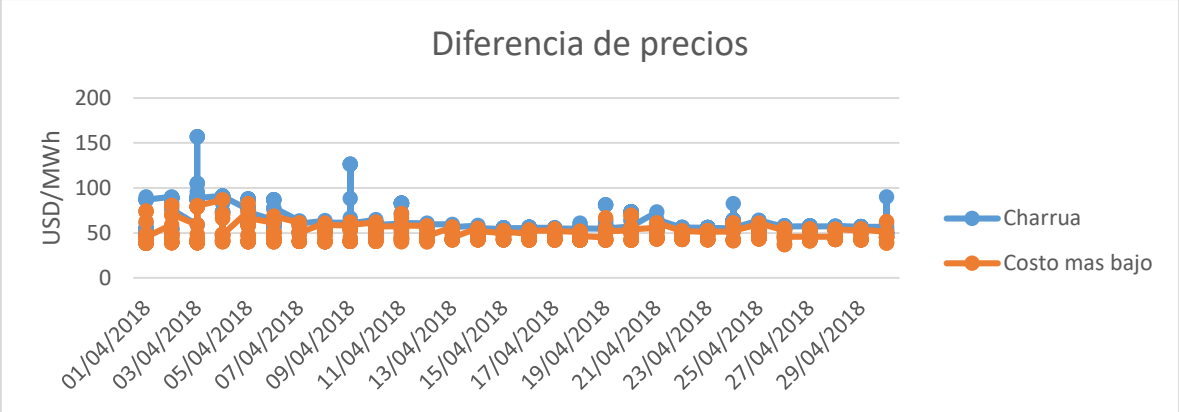


Figura 11. Diferencia de precios durante el mes de abril

Finalmente se realiza una comparación de manera gráfica en la figura 12, en donde se muestra el resultado a pagar con base en las dos opciones anteriormente comentadas: proveedor único o mejor opción horaria. Observamos que existe una reducción del 27% al considerar mejor opción horaria lo que equivale a una disminución de 18.86 USD/MWh en el pago de energía.

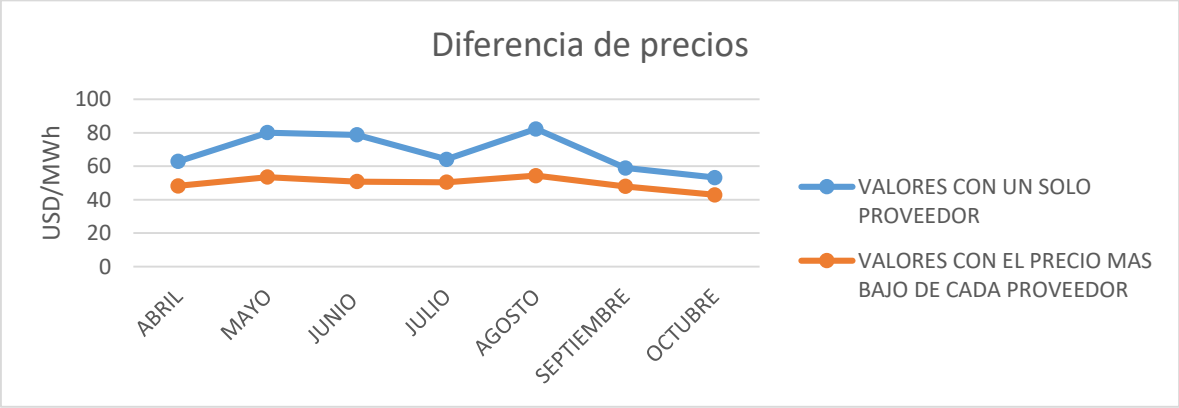


Figura 12. Comparación de precios a pagar. Proveedor Único (Charrúa) vs Mejor Precio Horario.

Conclusiones

La optimización de la gestión de la oferta de precios logra un uso eficiente y sustentable de la energía eléctrica a través de programas que se implementan, involucrando al usuario en donde tiene la oportunidad de manejar el consumo eléctrico como requiera.
En el desarrollo de esta investigación se ha encontrado distintas posibilidades de reducir el precio que paga el usuario por consumir energía eléctrica, el cual se logrará reducir un 27% del monto de facturación que la empresa paga a su proveedor fijo, esto conlleva a mencionar que se puede reducir un porcentaje aún más alto si se implementa esta metodología en periodos de un 1 año. Ya que en la actualidad el pago de electricidad depende del consumo del usuario y no del precio, tomando el camino futuro de la gestión de precios el pago de electricidad ya no dependerá del consumo, si no del precio que ofrece cada proveedor. Este principio es basado en el proyecto “Gestión Activa de la Demanda para una Europa más eficiente” implementada en el año 2013 para usuarios regulados.

Con base en los resultados de la metodología propuesta, observamos que si es viable. Como trabajo futuro se diseñará la programación de un algoritmo en el Software Matlab abordando todos los puntos mencionados de la tabla 2, conllevando a un resultado más preciso, donde se aplique técnicas de inteligencia artificial sobre los datos obtenidos tales como algoritmos genéticos, redes neuronales o tal vez un sistema experto que aborde la lógica difusa, no excluyendo base de datos, entre otros.

Referencias

1. M. Valles Rodríguez; P. Frías Marín; J. Reneses Guillen; (2013). Gestión Activa de la Demanda para una Europa más eficiente. España, Instituto de Investigación Tecnológica.
2. E. A. López; (2011). Límites de Confiabilidad en Sistemas Eléctricos de Distribución: Un enfoque Técnico-Económicos. Chile, Universidad de Concepción.
3. J. Sebastián Gómez; S. Ximena Carvajal; A, Arango M; (2015). Programas de gestión de demanda de electricidad para el sector residencial en Colombia: Enfoque sistemático. Colombia, Universidad Nacional de Colombia.
4. Proyecto Intelligent Energy Europe: Renewable Energy Policy Country Profiles, Versión 2011.
5. M. de Lourdes Flores Lucero; (2012). En busca de la Gestión Participativa: El caso del proyecto del ecobarrio de la unión de la unión, Lille Francia.
6. Comunidad de Madrid; 2007. Guía Básica de la Gestión de la Demanda Eléctrica. Madrid, Ahorro con energía.
7. Campusfrance.org; (2013). La investigación en energías renovables en Francia. Francia, Campus France.
8. G. Mejía; (2014). Estudio comparativo entre la legislación de eficiencia energética de Colombia y España. España, Universidad Politécnica de Madrid.
9. Ministro de industria, turismo y comercio; (2007). Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España. España, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
10. F. Javier Abajo Dávila, (2017). Guía de Gestión Energética en el Sector Hotelero. España, Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
11. AETS Sudamérica S.A, (2010). Estudio de Mercado de Eficiencia Energética en Chile. Chile, Gobierno de Chile.
12. A. Zaballos, A. Vallejo and M. Selga; (2011) “Heterogeneous communication architecture for the smart grid,” IEEE Netw.
13. N. Antonin and P. Energetika, (2009); “Ripple control in the Czech Republic and demand side management,” in Proc. 20th Int. Conf. Exhibit. Electr. Distrib.
14. Coordinador Eléctrico Nacional, 2019; [Online]. Available: https://www2.coordinador.cl/sistema-informacion-publica/portal-mercado/costos-marginales/costos-marginales-en-linea/

Implementación de acciones para mejorar el funcionamiento de una máquina cortadora de papel

L.G. Tobón Galicia[*], L. Fuentes Rosas[2], M.S. Flores Serrano[3], A. Castañeda Hernández[4]
[1-3]Departamentos de Ingeniería Industrial y posgrado e investigación del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol.de Av. Veracruz s/n, esquina Héroes de Puebla, C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz., México
[4] Industria Papelera, Veracruz, México
**Lucila.tobon@itstb.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se realizó un estudio de tipo estadístico, con la finalidad de mejorar el funcionamiento de una máquina cortadora de papel; el procedimiento empleado consistió inicialmente, en localizar las variables que con mayor frecuencia presentan desviaciones; enseguida se analizó su comportamiento estadístico con ayuda de gráficas de control e histogramas de frecuencia, derivado del análisis, se hallaron áreas de oportunidad de mejora y se efectúo un plan de acción, mismo al que se dio seguimiento; finalmente se volvió a realizar el análisis estadístico a las variables para poder evaluar de ésta manera la efectividad de las acciones implementadas. Los resultados obtenidos se reflejan en la disminución de pérdidas originadas por el producto no conforme que generaba la máquina cortadora de papel.

***Palabras clave**: Mejora, Procesos, Máquina cortadora de papel, Análisis estadístico.*

Abstract

A statistical study was carried out, in order to optimize the operation of a paper cutting machine; the procedure used initially consisted of locating the variables that most frequently present deviations; immediately, their statistical behavior was analyzed with the help of control graphs and frequency histograms, derived from the analysis, areas of opportunity for improvement were found and an action plan was made, which was followed up; Finally, the statistical analysis of the variables was again carried out in order to evaluate the effectiveness of the actions implemented. The results obtained are reflected in the decrease in losses caused by the non-conforming product generated by the paper cutting machine.

***Key words**: Improvement, Processes, Paper cutting machine, Statistical analysis*

Introducción

La mejora continua es un tema de relevante importancia desde hace ya algunas de décadas, diferentes metodologías han surgido con la finalidad de implementarla y mantenerla en desarrollo en una organización, por mencionar algunas se ejemplifica, el ciclo planear-hacer-verificar-actuar (PHVA), el enfoque de ISO-9001, análisis de valor, Kaizen, Seis Sigma, entre otras más; y cómo no resultar un tema importante, si está ligado a la mejora de los procesos, y la mejora de los procesos, significa optimizar la efectividad y eficiencia para responder a las contingencias y las demandas de nuevos y futuros clientes, es un reto para toda empresa de estructura tradicional (Cuesta Viltres & Godinez Isaac, 2008).

Hoy en día, para todos los sectores productivos, la mejora continua no es una opción, es un imperativo que debe cumplirse con la finalidad de ser competitivas en los actuales mercados nacionales y transnacionales, ya que, como lo menciona Pérez Guerra (2016), la práctica empresarial ha demostrado que las organizaciones que no se adaptan permanentemente a las necesidades del entorno y evolucionan de acuerdo a estas no logran el éxito, incluso llegan a perecer en lapsos de tiempo relativamente pequeños.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

Éste trabajo se realiza en una empresa papelera que durante los últimos meses, ha detectado el incremento de producto no conforme proveniente de una de sus máquinas cortadoras; se utilizarán algunas de las herramientas para el control estadístico de procesos, como son, las gráficas de control, el histograma de frecuencias y el diagrama de Ishikawa; así mismo, se hará la propuesta de un plan de mejora, que según Proaño Villlavicencio, Gisbert Sole, & Pérez Bernabeu (2017) se utiliza para alcanzar la calidad total y la excelencia de las organizaciones de manera progresiva, para así obtener resultados eficientes y eficaces.

La metodología implementada se detalla en la siguiente sección de éste artículo.

Metodología

Para el desarrollo de éste trabajo se utilizaron las etapas que muestra la Figura número 1.

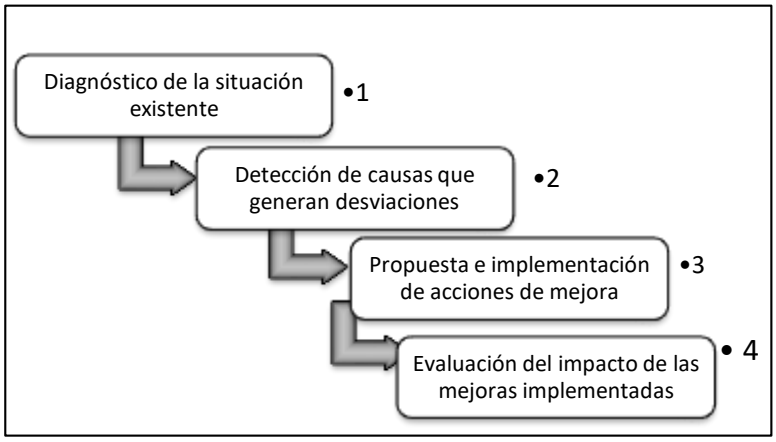


Figura 1. Metodología para la mejora del comportamiento de la máquina cortadora de papel.

Diagnóstico de la situación existente

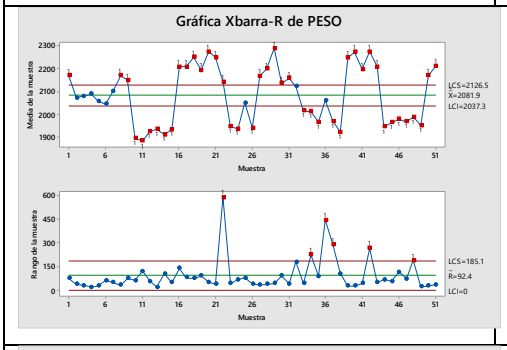
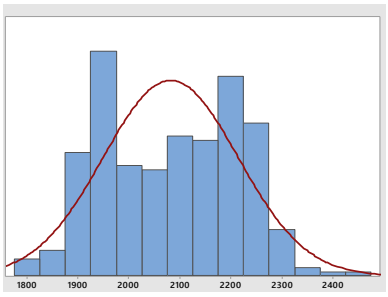
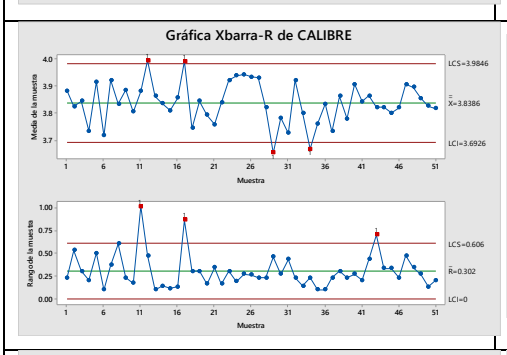
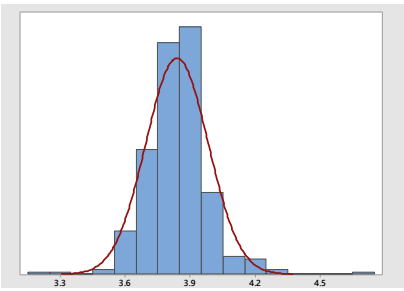
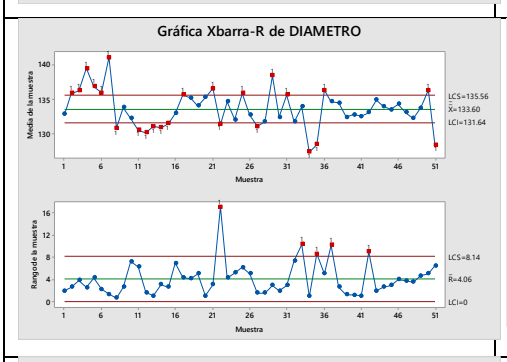
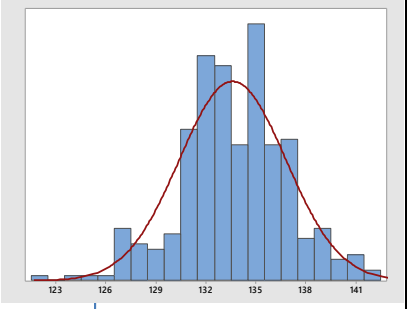
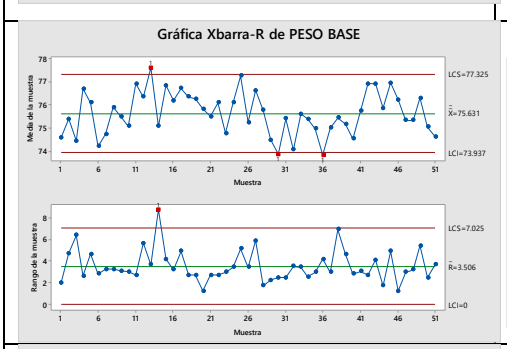
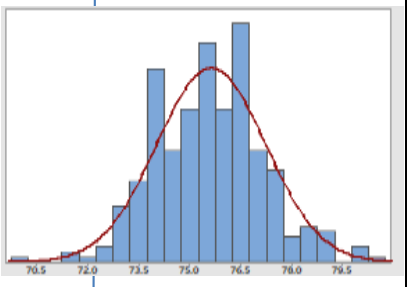
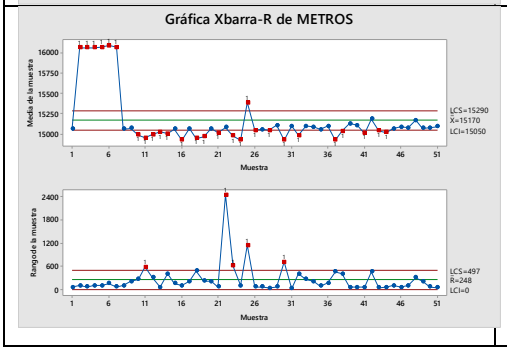
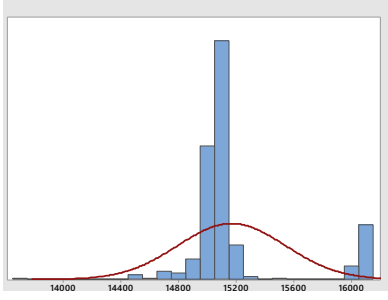
Actualmente el área de producción de la industria papelera, ha percibido una variabilidad grande en los rollos de papel producidos, principalmente en las variables de peso, diámetro, metros, peso base y calibre; dicha variabilidad provoca que los clientes se encuentren insatisfechos, y por tal motivo el almacén de producto terminado de la empresa, tenga ocupando gran espacio del almacén con producto No conforme.

A continuación, en la Tabla 1, se muestra el análisis estadístico diagnóstico para cada una de las variables mencionadas, que consiste en una gráfica de control y un histograma de frecuencias, según Pierdant Rodríguez & Rodríguez Franco (2009) las gráficas, diagramas o cartas de control permiten detectar la variación sistémica generada en un proceso de producción o en la prestación de un servicio con el objetivo de poder ser identificada y corregida antes de que ésta produzca una gran cantidad de partes, productos o servicios defectuosos; cabe mencionar que en éste caso se emplearon datos históricos y no en tiempo real, así mismo, se utilizaron gráficas para medias y rangos ($\bar{X} - R$), ya que los subgrupos son de tamaños iguales (n=6). Con respecto al uso de histogramas de frecuencias, se considera lo que indica la Sociedad Latinoamericana para la Calidad (2000), es una gráfica de barras que despliega la variabiliad dentro de un proceso, es decir, que a través de su implementación, se podrá incidir sobre la variabildad del proceso de corte de papel. Es importante indicar que se tomaron datos durante 35 días de operación de la máquina cortadora, obteniendo un total de 306 datos, organizados en subgrupos de tamaño 6.

Cabe mencionar que los valores de p-valor de las pruebas de normalidad realizadas fueron los siguientes: de las variables de peso, calibre, y peso, p-valor=0.005; del peso base, p-valor=0.034 y del diámetro, p-valor=0.018; todos son menores a 0.05, por lo tanto con un 95% de confianza se cumple el supuesto de normalidad en los datos, lo que indica la existencia de confiabilidad estadística en el análisis y sus inferencias.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Análisis estadístico para diagnóstico de las condiciones iniciales del proceso.

Gráficas de control	Histogramas	Análisis
		Las gráficas de la variable peso, no muestran control estadístico, la mayoría de los puntos en la gráfica de medias, superan los límites de control (causas asignables), lo que indica que el metraje o bien el diámetro en los rollos de papel producidos es muy variable. El histograma muestra un proceso ancho con respecto a la media, con ello se fortalece la conclusión.
		En las gráficas de control de la variable calibre, se observan cuatro causas asignables en la gráfica de medias, así como dos tendencias, una a mitad de la gráfica y otra al final, la gráfica de rangos, también tiene puntos fuera de los límites de control, por lo anterior, se concluye que el grosor de las hojas producidas no está bajo control estadístico. El histograma confirma la conclusión, al observar datos alejados de la media.
		La falta de control estadístico en la variable diámetro es evidente, las gráficas presentan puntos fuera de los límites de control en ambas gráficas (medias y rangos), es decir, la circunferencia de las bobinas producidas es muy variable. El histograma muestra un proceso con datos muy alejados de la media, con ello se robustece la conclusión de variabilidad.
		Con respecto al peso base, el comportamiento es menos variable, la gráfica de medias tiene tres causas asignables y la de rangos una, el resto del comportamiento es aleatorio, se investigarán las causas para disminuir la variabilidad. El histograma muestra la mayoría de los datos cercanos a la media, pero también otros más alejados de la misma, lo que lo hace un proceso variable.
		Es evidente la falta de control estadístico en la variable metros, la mayoría de los puntos salen de los límites de control en la gráfica de medias, mientras que en la gráfica de rangos también se perciben causas asignables, este comportamiento indica que la longitud en la hoja del papel producido es muy variable. El histograma muestra un islote solitario y los datos se observan por debajo de la media, la variabilidad del proceso es indudable.

 ISSN 2007-8102

Detección de causas que generan desviación

Esta etapa consiste en investigar las causas principales que pueden estar generando la variabilidad en el proceso de corte de la máquina, para ello se realizan reuniones de trabajo con el personal involucrado en el proceso, inicialmente se exponen los resultados del análisis estadístico previo, posteriormente, se solicita la participación del personal, se genera una lluvia de ideas sobre el caso y se ordenan por medio de un diagrama de Ishikawa, que de acuerdo a Romero Bermúdez & Díaz Camacho (2010) tiene como fin permitir la organización de grandes cantidades de información, sobre un problema específico y determinar exactamente las posibles causas y, finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales. (Ver Figura 2)

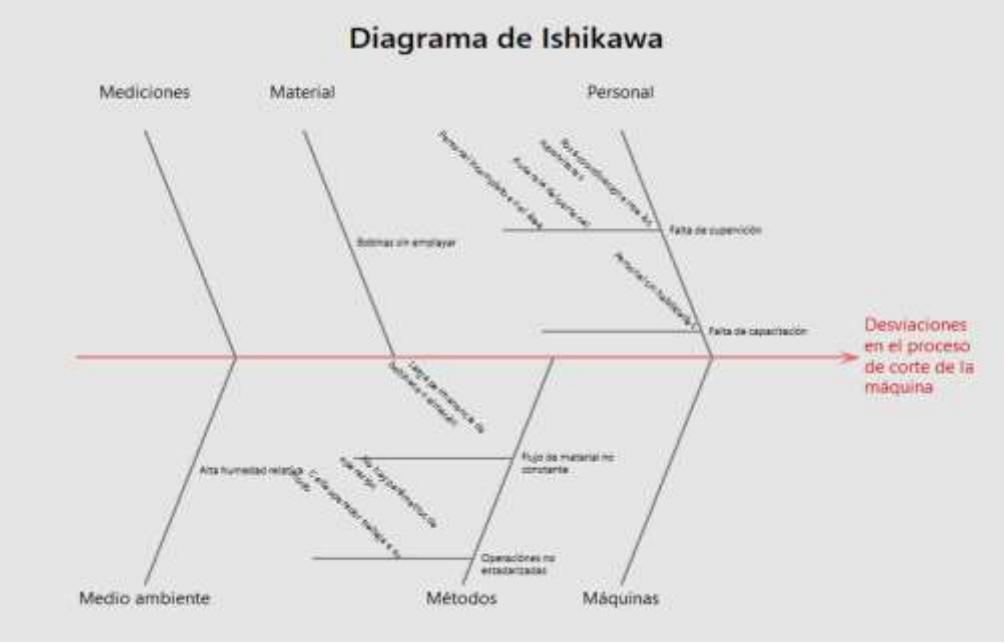


Figura 2. Diagrama de Ishikawa de las causas que originan desviaciones en el proceso de corte de la máquina.

Tal como se observa en la Figura 2, las flechas con mayor carga de causas, son las que corresponde al personal y al método de trabajo, por lo tanto, las acciones para la mejora, deberán enfocarse a la eliminación raíz de cada problema.

Propuesta e implementación de acciones de mejora

Una vez identificadas las causas que generan la variación de la máquina cortadora y por consiguiente el producto no conforme, se realiza un plan de acción para reducir o eliminar las principales causas que los involucrados en el proceso consideraron son las que están generando el problema, para la organización de las actividades, se utiliza la herramienta de las 5W (What, Who, Why, Where, When) más 1H (How), los autores Trías, González , Fajardo, & Flores (2009) mencionan que esta regla creada por Lasswell (1979) puede considerarse como una lista de verificación mediante la cual es posible generar estrategias para implementar una mejora. La Tabla 2 es el plan de acción propuesto.

Evaluación del impacto de las mejoras implementadas

La última etapa del trabajo consiste en realizar nuevamente el análisis estadístico para las variables de peso, diámetro, metros, peso base y calibre; se recolectaron datos durante un mes de implementación de las acciones y nuevamente se utilizaron las gráficas de control y los histogramas de frecuencias, la Tabla 3 muestra el análisis estadístico posterior a las acciones de mejora implementadas.

 ISSN 2007-8102

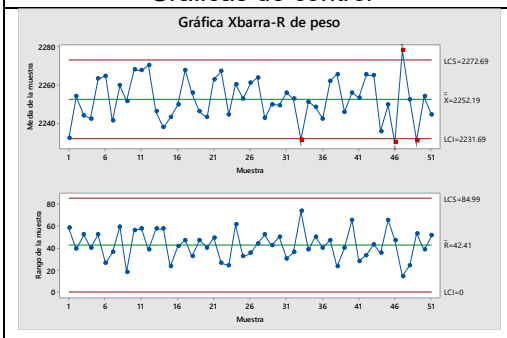
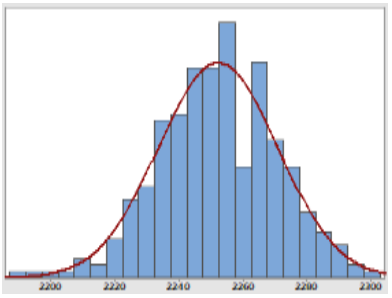
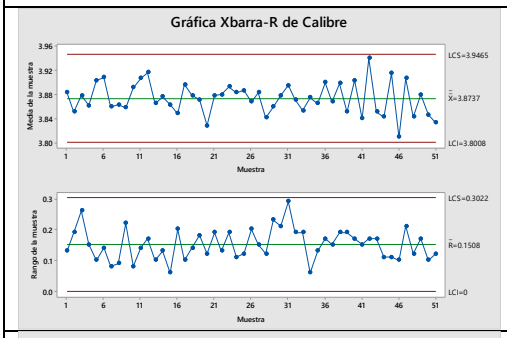
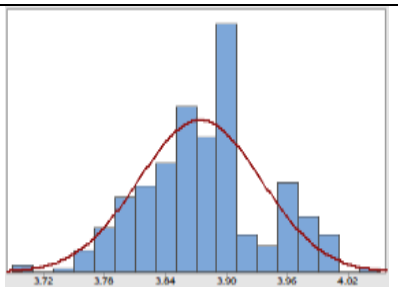
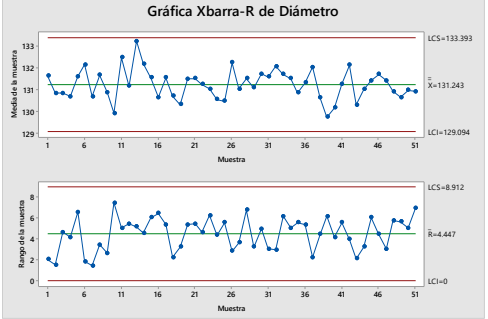
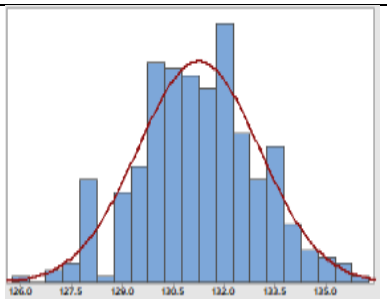
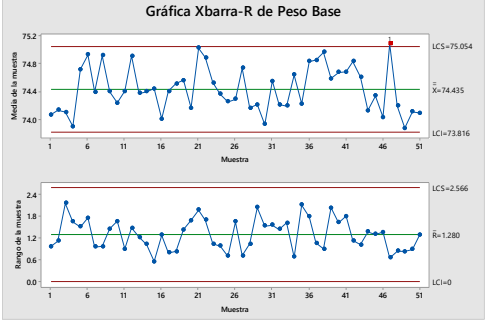
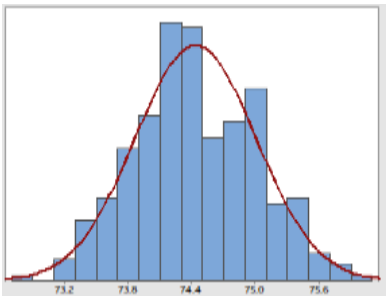
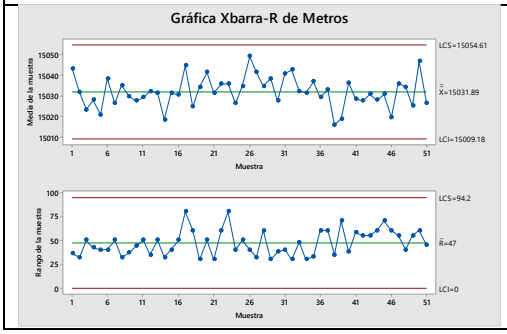
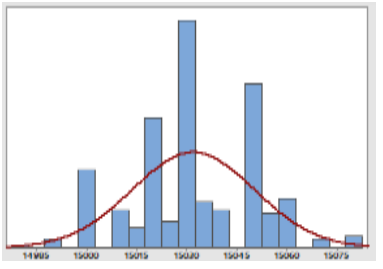
Tabla 2 Plan de acción para la mejora

¿Qué?	¿Cuando?	¿Donde?	¿Quien?	¿Como?	¿Por qué/ para qué?	Porcentaje de avance de actividades			
						25	50	75	100
Establecer parámetros para controlar metraje, peso y diámetro, y anotar el metraje correcto en bobinas.	1 de noviembre	Máquina de embobinado	Personal de aseguramiento de calidad	De acuerdo al análisis del proceso, dar parámetros a los operadores para que se cumplan.	Para mantener un proceso estable y satisfacer al cliente.				
Capacitar a todo el personal del área de embobinado.	22 de octubre	Depto. de embobinado	Personal de aseguramiento de calidad	Con un procedimiento documentado de las operaciones estandarizadas	Para el buen control y obtención de metros en las bobinas.				
Estandarizar la velocidad del embobinado y el tiempo de parada.	1 de noviembre	Máquina de embobinado	Operadores de máquina de embobinado	Indicando a los operadores los parámetros establecidos de velocidad y tiempo	Para que todas las bobinas cuenten con el mismo metraje.				
Asignar personal fijo en área de empaque de bobinas.	1 de noviembre	Área de embobinado-estarcido	Jefe de área/ Supervisores	Realizando los cambios de personal correspondientes que mantengan fijo el personal requerido	Es necesario para que se emplayen las bobinas y se protejan de la humedad relativa.				
Emplayar las bobinas de inmediato después de salir de la máquina de embobinado, o llevarlas al proceso de corte.	1 de noviembre	Área de embobinado/proceso de corte	Colaborador	Cubriendo las bobinas con película de plástico en su exterior.	Para evitar formación de costillas.				
Realizar movimiento de las bobinas (entradas y salidas), evitando mantenerlas demasiado tiempo en almacén.	1 de noviembre	Área de almacenamiento	Jefe de área/ operadores de montacargas	Por medio de un plan de requerimiento de materiales que se ajuste a las necesidades de la producción	Para evitar que las bobinas por su tiempo prolongado de almacenamiento adquieran humedad y formación de costillas.				
Identificar todas las bobinas con uniones y arrugas, así mismo la distancia entre una y otra, y que sea mayor a 10 cm.	1 de noviembre	Máquina de embobinado	Operadores de la máquina de embobinado	Marcando con un crayón las uniones sobre su circunferencia.	Para que los operadores de la máquina cortadora logren apartar los paquete de 500 hojas				
Capacitar y/o concientizar a operadores de montacargas	1 de noviembre	Sala de capacitación	Personal de aseguramiento de calidad	Platicas que ayuden a concientizar la mejora de los productos.	Para evitar maltrato en las bobinas				

Cabe mencionar que los valores de p-valor de las pruebas de normalidad, en dos de las variables (peso y diámetro) son mayores a 0.05, sin embargo, el tamaño de la muestra de datos es grande, por lo tanto, considerando el teorema del límite central, que es una teoría estadística que establece que, dada una muestra suficientemente grande de la población, la distribución de las medias muéstrales seguirá una distribución normal (López Abellán, 2019), la inferencia estadística se considera confiable. El resto de las variables, que son el calibre, el peso base y metros, tuvieron un p-valor de 0.005, por lo tanto con un 95% de confianza se cumple el supuesto de normalidad en los datos, lo que indica la existencia de confiabilidad estadística en el análisis y sus inferencias

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Análisis estadístico para la evaluación del impacto de las acciones de mejora.

Gráficas de control	Histogramas	Análisis
		Las gráficas de la variable peso se observan con un comportamiento estadístico significativamente mejor al que mostraron en el diagnóstico, la gráfica de medias aún mantiene causas asignables que deben ser analizadas, mientras que la gráfica de rangos evidencia una variabilidad controlada; es decir, los rollos de papel producidos ya son menos variables con respecto a su peso. El histograma aun muestra un proceso con área de oportunidad para ser mejorado.
		En las gráficas de control de la variable calibre, el comportamiento estadístico logrado es evidente, no hay causas asignables ni algún otro comportamiento extraño de los datos en ninguna de las dos gráficas, es decir, que el grosor de las hojas producidas está estadísticamente controlado. El histograma indica un proceso con oportunidad de mejorar la variabilidad.
		La variable diámetro también presentó control estadístico, no existen causas asignables en las gráficas y no hay corridas o tendencias que sean motivo de alerta, se puede inferir que la variabilidad en tamaño de las bobinas de papel producidas está controlada. El histograma aún indica posibilidad de mejora.
		Las gráficas en la variable de peso base, muestran mejora en el comportamiento estadístico, únicamente una causa asignable y una tendencia en la gráfica de medias que será analizada para hallar su causa, la variabilidad en la gráfica de rangos se percibe controlada, sin embargo, el histograma aún muestra un proceso ancho, es decir, alejado del valor objetivo.
		La mejora de la variable metros es muy evidente si se compara con el diagnóstico, las gráficas muestran un proceso controlado estadísticamente sin causas asignables ni comportamientos extraños, es decir, que la longitud de la hoja de papel tiene una variabilidad controlada. El histograma refleja área de oportunidad de mejora, con respecto a los datos alejados de la media.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Los resultados muestran una mejora muy significativa en el comportamiento de cada una de las variables, lo que indica que las acciones realizadas eliminaron las fuentes de variación en el proceso de corte, a continuación se muestra un resumen comparativo del análisis estadístico.

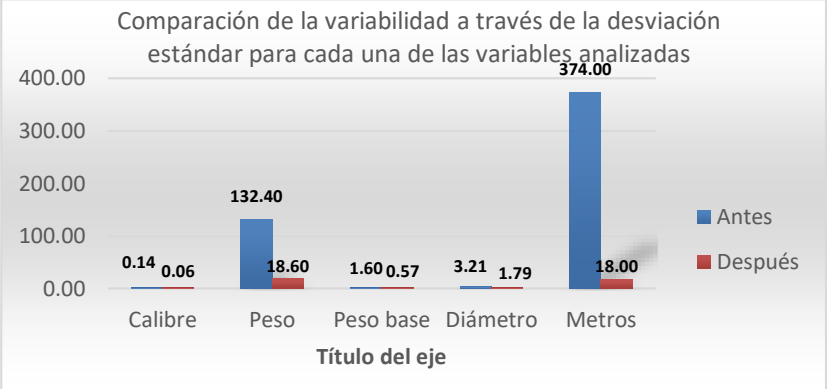
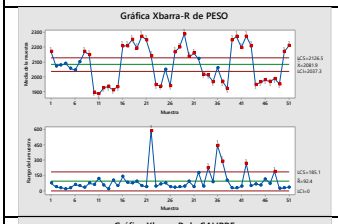
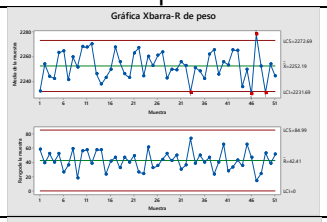
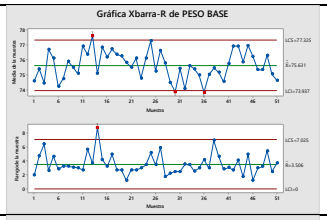
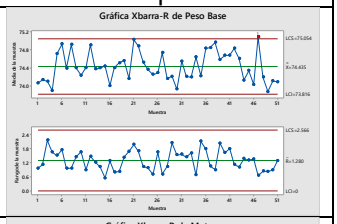
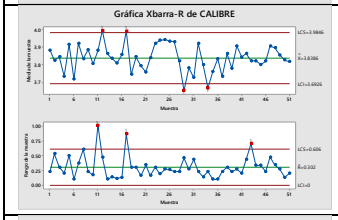
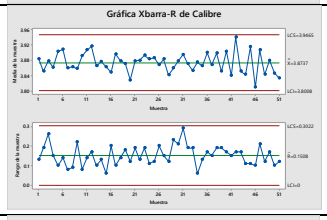
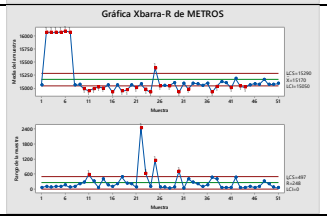
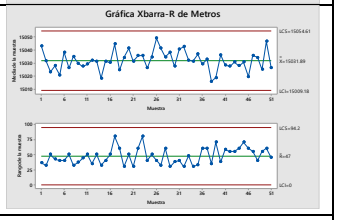
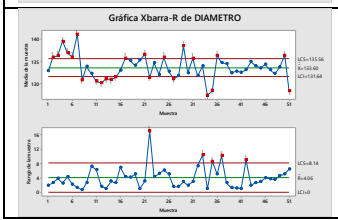
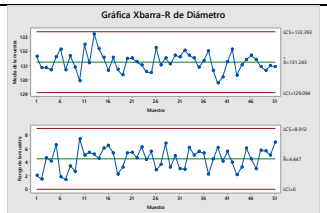


Figura 3 Comparación de la desviación estándar de las variables.

La Figura 3 muestra las gráficas donde se compara la desviación estándar de cada una de las variables en los diferentes periodos analizados, se observa un cambio significativo en la variabilidad de los datos con respecto al promedio, derivado de éstos resultados, se logró reducir la merma por producto no conforme, que originaban el calibre, el peso, el diámetro, el peso base y lo metros, así mismo, las gráficas de control estadístico, evidencian el impacto de las mejoras, la Tabla 4 presenta el comportamiento de las variables antes y después de las acciones implementadas.

Tabla 4. Comparación de gráficas de control

Antes	Después	Antes	Después
			
			
			

En general los resultados impactaron favorablemente en el proceso de la máquina de corte, se logró mejorar la variabilidad de cada una de las variables analizadas, lo que originó la disminución de producto no conforme como consecuencia de la falta de control de las mismas, sin embargo, se detectó que el problema no estaba en la máquina, sino en su forma de operarla, por ello se elaboraron procedimientos y se establecieron parámetros de operación principalmente de las variables tiempo y velocidad, cabe mencionar que no se utilizó una técnica de optimización, por lo que los valores establecidos son susceptibles de mejora.

Trabajo a futuro

Existen aún numerosas áreas de oportunidad, por ejemplo, aplicar diseño de parámetros y tolerancias para el establecimiento de parámetros de operación que minimicen el producto no conforme; también es importante realizar un análisis estadístico de los atributos, que son otra causa del incremento de producto no conforme y de la misma manera que las variables, proponer acciones de mejora para disminuir su presencia en el producto final. Se considera necesario, establecer en la organización un sistema de mejora continua, y buscar que la empresa logre crear una cultura laboral que implique a la personas de manera activa en la búsqueda de actividades de mejora en el desempeño de los procesos, las actividades y los servicios.

Conclusiones

Se utilizaron herramientas para el control de procesos en la optimización del funcionamiento de una máquina cortadora de papel, el diagnóstico inicial de los datos emitió un comportamiento excesivamente variable y fuera de control estadístico, mismo que fue mejorado a través de la implementación de acciones propuestas por el personal involucrado en el área; para la administración de las acciones se hizo uso de la herramienta de 5W + 1H, que funcionó adecuadamente para la organización de las actividades implementadas. Cabe mencionar, que dentro de las acciones realizadas, se utilizaron herramientas de ingeniería industrial, principalmente, estudio de métodos y determinación de tiempos estándares, así como también procedimientos de trabajo y planeación de los requerimientos de materiales. Con la metodología propuesta, se logró optimizar la operación de la máquina cortadora con respecto a la cantidad de producto no conforme, se espera que la organización opte por una herramienta para la mejora continua no sólo para el proceso de corte sino para el resto de procesos que se llevan a cabo en la industria del papel.

Referencias

1. Pierdant Rodríguez, A. I., & Rodríguez Franco, J. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas X y R. Scielo, 151-169.
2. Proaño Villlavicencio, D. X., Gisbert Sole, V., & Pérez Bernabeu, E. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. 3C Empresa, 50-56.
3. Cuesta Viltres, M. M., & Godinez Isaac, C. L. (2008). Metodología para la mejora de los procesos del sistema de gestión de la calidad de la gerencia de proyectos de ECTESA. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 1-7.
4. López Abellán, J. (31 de Julio de 2019). Economipedia. Obtenido de https://economipedia.com/definiciones/teorema-central-del-limite.html
5. Pérez Guerra, Y. (2016). La mejora continua de los procesos en una organización fortalecida mediante el uso de herramientas de apoyo a la toma de decisiones. Revista Empresarial, ICE-FEE-UCSG, 9-19.
6. Romero Bermúdez , E., & Díaz Camacho, J. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 127-142.
7. Sociedad Latinoamericana para la Calidad. (2000). Histograma.
8. Trías, M., González , P., Fajardo, S., & Flores, L. (2009). Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos. INN TEC GESTION, 20-27.

Optimización de servicio mediante simulación de eventos discretos.

M. Pérez Castañeda[*1], *E. Berra Villaseñor*[1], *J. F. González Cortés*[1].
Universidad del Valle de Puebla. División de investigación. Calle 3 sur 5759, Col. El Cerrito, C.P. 72440 Puebla, México.
*monica.perez@uvp.edu.mx

Área de participación: Ingeniería industrial.

Resumen

El presente proyecto muestra el análisis y optimización de servicio en una cafetería universitaria, a través del uso de simulación de eventos discretos. El análisis indicó que el proceso con mayor tiempo de espera se encontraba en la preparación de alimentos, a partir de estos datos se realiza el diseño de un escenario incluyendo un recurso adicional con lo que disminuye el tiempo de espera y se optimiza el proceso asociado.

Palabras clave: *Simulación de eventos discretos, Arena, Optimización, Servicio.*

Abstract

This project shows the analysis and optimization of service in a university cafeteria through the use of event discrete simulation. The analysis indicated that the process with the longest waiting time was in food preparation. From these piece of information, the design of a scenario is performed including an additional resource with which decreases the waiting time and optimizes the associated process.

Key words*: Event discrete simulation, Arena, Optimization, Service.*

Introducción.

El sector de servicios en México actualmente es de gran relevancia debido a su contribución en la economía nacional, ya que tan solo en el primer trimestre del 2019 los servicios de alojamiento y preparación de alimentos contribuyeron con alrededor del 2.4% del total del PIB. (INEGI, 2019)
En la actualidad, los procesos de servicio al cliente deben realizarse con la mayor eficiencia en los tiempos de atención y recursos utilizados, con el fin de mantenerse en una posición competitiva en el mercado. Sin embargo, en ocasiones los servicios relacionados con la atención a clientes provocan tiempos de espera prolongados, debido a la cantidad limitada de servidores en funcionamiento, el método de procesamiento de la solicitud realizada o incluso la hora del día, es entonces que para optimizar estos procesos se requiere del uso de técnicas de análisis que permitan observar el comportamiento del sistema a través del tiempo.
Es entonces que el diseño y análisis del servicio utilizando un enfoque de ingeniería puede ser una buena opción, ya que esta ha demostrado tener buenos resultados en su aplicación, entre las técnicas que permiten realizar este análisis se encuentra la simulación de eventos discretos, ya que a través de ella es posible obtener un conocimiento profundo de un sistema para optimizar su desempeño, además de permitir someterlo a escenarios reales sin necesidad de tener una implementación real y de esta forma visualizar los parámetros críticos involucrados. (Kelton, Sadowski, & David t., 2008) (Hatami, Zahraee, Ahmadi, Golroudbary, & Mohd Rohani, 2014)
El presente artículo presenta el análisis del funcionamiento de una cafetería universitaria, en la cual se observan tiempos de espera prolongados, con el fin de realizar un análisis de escenarios para optimizar el proceso.

 ISSN 2007-8102

Método.

Para este estudio se utiliza la metodología de simulación descrita en la figura 1, basada en la propuesta por García Dunna, García Reyes, Cárdenas Barrón (2013).

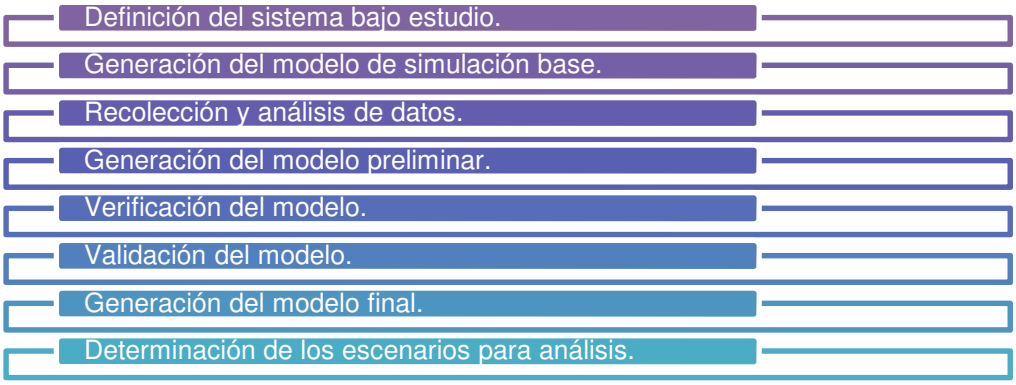


Figura 1. Metodología de simulación.

Resultados y discusión

- **Definición del sistema bajo estudio.**

La cafetería universitaria tiene un horario de funcionamiento de las 8:00 am a las 8 pm de lunes a viernes, debido a que el día sábado el horario de funcionamiento cambia se decide descartarlo para este estudio. Cada uno de los procesos cuenta con un solo recurso. El proceso de atención se ilustra en la figura 2.

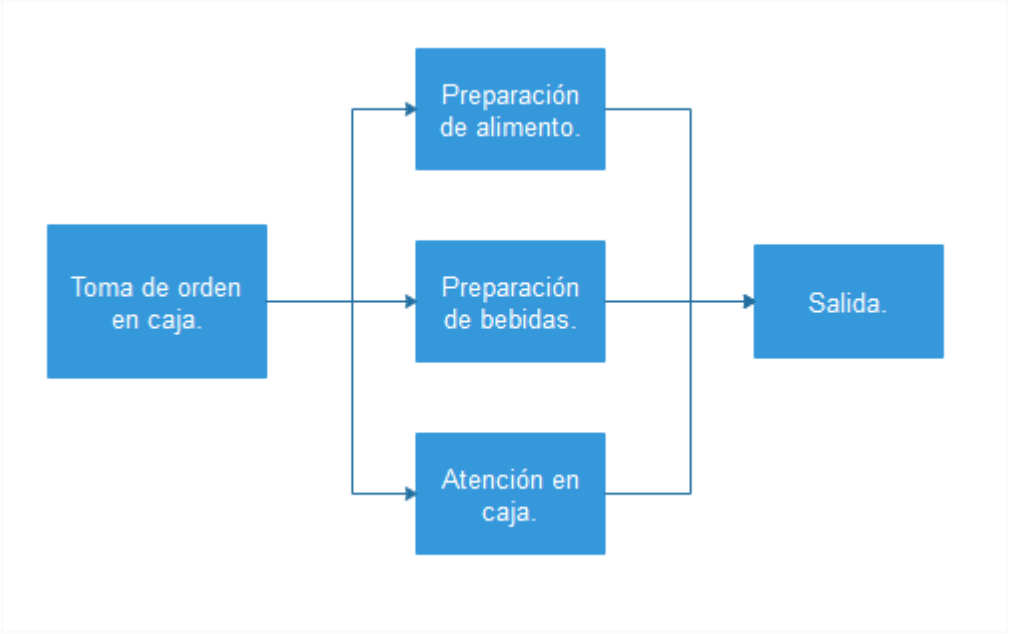


Figura 2. Definición del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

- **Recolección de datos**

Se realiza una recolección de datos del número total de clientes atendidos en el periodo de enero a marzo 2018 durante los 5 días de la semana, los resultados se muestran en la figura 3.

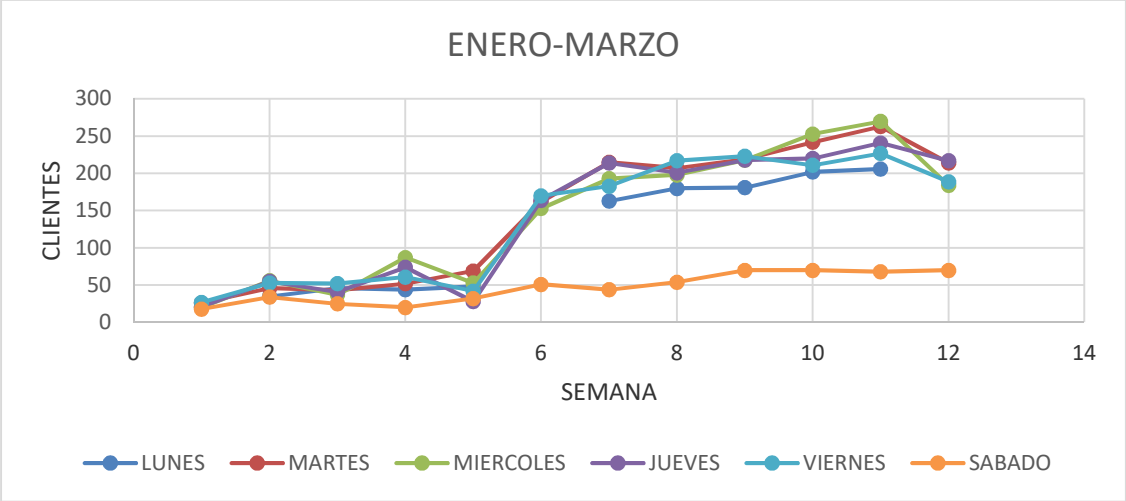


Figura 3. Recolección de datos.
Fuente: Elaboración propia.

Se realiza una prueba no paramétrica para determinar si existen diferencias en la demanda entre los días de atención o se mantiene constante durante el transcurso de la semana, los resultados se muestran en la tabla 1, estos suponen que puede seleccionarse cualquier semana de trabajo en la cafetería y se obtendrán resultados que permitirán la validación del modelo.

Tabla 1. Resumen prueba de hipótesis para días de atención.

	Hipótesis Nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de los clientes es la misma en todas las categorías del día.	Pruebas Kruskal-Wallis de muestras independientes.	,843	Mantener la hipótesis nula.
Se muestran significancias asintóticas. El nivel de significancia es de 0.05				

A partir de los datos anteriores se realiza una toma de datos de la cantidad de clientes por hora (tabla 2) y el tiempo de atención por cada proceso, a partir de ello se realiza una prueba no paramétrica (tabla 3) para determinar si existe variación entre la cantidad de clientes por hora de atención, con el fin de establecer el patrón de llegada. Los resultados demuestran que existe diferencia entre horarios por lo que se realiza el modelo de simulación tomando en consideración estos resultados, utilizando el método incluido en el software de simulación para llegadas no estacionarias (Rossetti, 2016).

Tabla 2. Clientes por hora.

Horas\Días	26	27	28	1	2
8 a 9	18	19	18	17	9
9 a 10	8	21	18	22	26
10 a 11	18	25	30	17	21

 ISSN 2007-8102

11 a 12	14	10	16	12	19
12 a 13	11	8	19	12	22
13 a 14	14	15	11	18	11
14 a 15	23	32	26	25	38
15 a 16	22	19	20	25	23
16 a 17	17	26	17	18	17
17 a 18	13	13	19	18	22
18 a 19	17	23	19	25	11
19 a 20	8	8	5	9	4

Tabla 3. Resumen prueba de hipótesis para las horas de atención

	Hipótesis Nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de los clientes es la misma en todas las categorías de hora.	Pruebas Kruskal-Wallis de muestras independientes.	,002	Rechazar la hipótesis nula
Se muestran significancias asintóticas. El nivel de significancia es de 0.05				

Se realiza una toma de datos con los tiempos de atención en cada parte del sistema, con estos se realizan las pruebas de bondad de ajuste para determinar las distribuciones asociadas, los resultados se indican en la tabla 4.

Tabla 4. Distribuciones asociadas.

Variable	Parámetros de distribución
Tiempo toma de orden	Triangular (0.07, 2.72, .431)
Tiempo de servicio en cocina	Gama (3.47, 1.81)
Tiempo de servicio bebidas	-0.5 + Exponencial (3.79)
Tiempo de servicio actividades de cajero	Uniforme (0.5,11)

Fuente: Elaboración propia

- ## Generación del modelo preliminar

Con los datos recabados se realiza el modelo tomando como base una tasa de tiempos no estacionarios. En la figura 4 se muestra la secuencia del modelo de simulación, esta se ejecutará en el software de simulación Arena realizando 200 réplicas del experimento. En la tabla 5 se muestran los resultados preliminares.

 ISSN 2007-8102

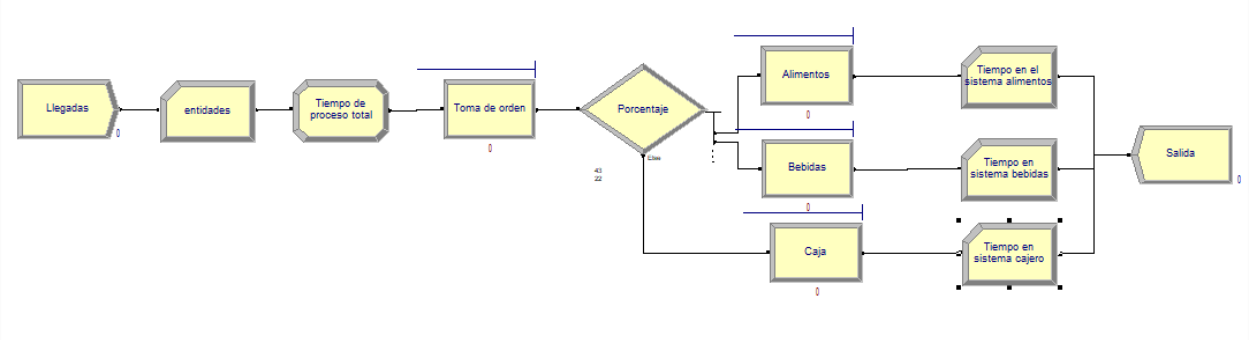


Figura 4. Modelo preliminar.
Fuente: Elaboración propia**.**

Tabla 5. Tiempo promedio de espera por proceso.

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Toma de orden	5.13	<0.40	1.28	21.79
Preparación de Alimentos	16.25	<1.39	3.04	71.79
Preparación de bebidas	3.11	<0.27	0.72	14.38
Atencíon de cajero	4.3	<<0.40	0.87	18.44

- ## Validación del modelo.

Se realizan la validación del modelo con una prueba no paramétrica tomando como referencia los clientes atendidos a lo largo del día (tabla 6), los resultados obtenidos en la tabla 7 muestran que el modelo cuenta con un 95% de confiabilidad, por lo que a partir de esto se realiza el diseño de escenarios.

Tabla 6. Clientes por día.

Clientes reales	Clientes simulados
181	217
219	234
218	223
218	210
223	233
202	225
242	201
253	242
220	209
211	217

Tabla 7. Resumen prueba de hipótesis para las horas de atención.

Tabla 7. Resumen prueba de hipótesis para las horas de atención.				
	Hipótesis Nula	**Test**	**Sig.**	**Decisión**
1	La distribución de los datos es la misma en todas las categorías de identificador.	Pruebas Kruskal-Wallis de muestras independientes.	,940	Retener la hipótesis nula

 ISSN 2007-8102

Se muestran significancias asintóticas. El nivel de significancia es de 0.05

- **Determinación de escenarios.**

En la figura 5, se ilustra a manera de ejemplo el comportamiento del tiempo promedio de espera para cada uno de los procesos, se observa que el área que tiene mayor tiempo de espera es la de preparación de alimentos, y este inicia su incremento a partir de la hora 4 de funcionamiento (figura 5), por lo que con esta información se procede a realizar un escenario con un recurso adicional que inicie labores a partir de esa hora.



Figura 5. Tiempo promedio de espera por proceso.
Fuente: Elaboración propia.

Con la adición del recurso adicional el tiempo promedio de espera se reduce en el proceso seleccionado, los resultados se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Tiempo promedio de espera por proceso.

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Toma de orden	4.80	<0.32	1.52	13.68
Preparación de Alimentos	5.57	<0.46	0.69	20.72
Preparación de bebidas	3.22	<0.28	0.39	15.69
Atencíon de cajero	4.3	<<0.40	0.87	18.44

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se espera, además de incluir este recurso en la operación de la cafetería, el análisis de la estación y los métodos de trabajo con el objetivo de optimizar la operación al ejecutar las tareas.

Conclusiones.

La simulación de eventos discretos es una herramienta que permite crear escenarios a través de la manipulación de variables para obtener el proceso óptimo. En el análisis objeto de este estudio, fue posible realizar la simulación de un proceso de servicio en una cafetería universitaria, en donde, a partir de los datos recolectados se obtuvo que el proceso con mayor tiempo de espera se encuentra en el área de preparación de alimentos, a partir de esta información se diseña un escenario incluyendo un recurso adicional en las horas donde se observa mayor tiempo de espera, con la consecuente disminución del mismo.

Referencias

1) García Dunna , E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel.* México: Pearson.
2) Hatami, M., Zahraee, S., Ahmadi, M., Golroudbary, S., & Mohd Rohani, J. (2014). Improving Productivity in a Bank System by Using Computer Simulation. *Applied Mechanics and Materials*, 259-263.
3) INEGI. (24 de Mayo de 2019). *INEGI*. Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/notasinformativas/2019/pib_precr/pib_precr2019_05.pd f
4) Kelton, W., Sadowski, R., & David t., S. (2008). *Simulación con softwarare Arena.* México: McGraw-Hill.
5) Rossetti, M. (2016). *Simulation modeling and Arena.* Hoboken, New Jersey: Wiley .

Implementación de una línea de producción de overoles industriales utilizando herramientas de la Ingeniería Industrial

C. Y. Delgadillo Ramirez[1], A. E. Poblano Ojinaga[2], E. R. Pineda Armendáriz[2], B. Pedroza Figueroa[4], K. V. Montejano Ávila[5].*
[1.3.4.5] Departamento de Ingeniería Industrial, TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO. Instituto Tecnológico de la Laguna, Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de la Laguna s/n C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México
[2] Departamento de Ciencias Económico Administrativas, TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO. Instituto Tecnológico de la Laguna, C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México
**Christian.delgadillo@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen.

Se diseñó e implementó una línea de producción para un nuevo modelo de overoles industriales en una empresa textil de la ciudad de Torreón, Coahuila, aplicando herramientas de la Ingeniería Industrial, como: estudio de tiempos y movimientos, balanceo de líneas, pronóstico de ventas, distribución de planta y ergonomía.

Una vez instalada la línea de producción, se analizaron nuevamente las operaciones, con la finalidad de optimizarlas a través de diferentes estrategias que resultaron ser muy efectivas para eliminar algunos tipos de desperdicios, que en este caso fueron transportes y movimientos innecesarios, tiempos muertos y defectos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se lograron reducir los costos operativos, alcanzando la eficiencia requerida por la empresa y cumpliendo con la entrega de pedidos del cliente en tiempo y forma, manteniendo siempre la calidad del producto. Por razones de confidencialidad, se omiten datos y se cambian los nombres de ciertos productos, diseños y operaciones.

***Palabras clave**: Estandarización, mejora continua, productividad.*

Abstract

A production line was designed and implemented for a new model of industrial coveralls in a textile company in the city of Torreon, Coahuila, applying Industrial Engineering tools, such as: study of times and movements, line balancing, sales forecast, plant layout and ergonomics.

Once the production line was installed, the operations were analyzed again, in order to optimize them through different strategies that proved to be very effective in eliminating some types of waste, which in this case were unnecessary transport and movements, dead times and defects.

According to the results obtained, the operating costs were reduced, reaching the efficiency required by the company and complying with the delivery of customer orders in a timely manner, always maintaining the quality of the product. For confidentiality reasons, data is omitted and the names of certain products, designs and operations are changed.

***Key words:** Standardization, continuous improvement, productivity*

Introducción

Recientemente, la empresa textil lagunera, adquirió una conocida marca de overoles industriales que debía ser fabricada dentro de sus instalaciones. Sin embargo, la implementación de una nueva línea de producción representaba un reto para la empresa debido a la falta de espacio dentro de la planta, además de las diferencias con el diseño de los overoles que inicialmente se fabricaban. El tiempo contemplado para lograr el proyecto, fue de 36 semanas, iniciando en Octubre de 2018 y terminando en Julio de 2019, considerando que para el término de ese periodo se debía haber alcanzado una eficiencia del 70%.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

En este trabajo se presentan las actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto para lograr los objetivos propuestos de calidad y producción. El punto de partida inició con el análisis de las especificaciones de calidad del nuevo modelo de overol, el cual arrojó que el modelo recién adquirido es más complejo que los que se fabricaban comúnmente en la empresa. Enseguida, se realizó un balanceo de líneas para equilibrar las actividades del proceso y determinar el número de máquinas y operadores necesarios, considerando la demanda estimada a partir del mes de Mayo de 2019, fecha en la que se iniciaría con la entrega de producto al cliente.

Debido al espacio tan reducido de la planta, fue necesario hacer una reestructuración de las áreas de trabajo para generar el espacio requerido por la nueva línea de producción, eligiendo una distribución por producto debido a las características del flujo de las operaciones del proceso.

Una vez instalada la línea de producción, se llevaron a cabo estudios de tiempos para determinar los tiempos estándar de todas las operaciones y enseguida se llevó a cabo un monitoreo de dichos tiempos para confirmar que fueron estimados correctamente.

Finalmente, se realizó un análisis general de la línea de producción ya implementada y se aplicaron diferentes estrategias para mejorar las áreas de oportunidad detectadas.

Metodología

Análisis de especificaciones de calidad

Se llevó a cabo un análisis de las especificaciones de calidad, comparando las características de la nueva línea de overoles contra la línea que ya se fabricaba en la planta, esto con el objetivo de saber cuáles operaciones se harían diferente para determinar su tiempo estándar y la cantidad de máquinas o herramientas que se iban a requerir.

Balanceo de líneas.

El balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso. Para realizar el balanceo de la nueva de línea de producción se considera el pronóstico de producción anual en docenas y el número de minutos y operarios disponibles al año. De acuerdo con esta información la capacidad de producción de overoles por semana es de 450 docenas y considerando que el nuevo modelo representa un 45% de la demanda total de overoles, la capacidad de producción de ese modelo en específico sería de 203 docenas por semana. Desglosando la lista de operaciones con los tiempos estándar brindados por el fabricante anterior, fue posible determinar un estimado de la cantidad de máquinas necesarias para las operaciones diferentes de la nueva línea de producción. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Descripción	Tiempo total en minutos	Cantidad de máquinas
Operación B	1113	0.5000
Operación G	1074	0.9730
Operación N	194	0.6000
Operación O	396	0.6517
Operación R	2207	2.3788
Operación T	1548	1.9028
Operación W	2410	1.5690

Tabla 1. Determinación de cantidad de máquinas para operaciones nuevas

 ISSN 2007-8102

Diseño del layout

En la Figura 1 se muestra el layout inicial de la planta, el cual fue analizado detenidamente para determinar el lugar óptimo donde se instalaría la nueva línea de producción. Teniendo como referencia la cantidad de máquinas necesarias para la fabricación de overoles industriales, se diseñó el layout más conveniente de la nueva línea de producción, modificando y ajustando los elementos que contribuyen para obtener un proceso de fabricación eficiente, como la eliminación de actividades que no añaden valor al producto y la optimización del uso de los recursos escasos, que en este caso fueron los espacios tan reducidos del área de producción. El diseño correcto de la línea de producción permitió instalar los equipos en los lugares óptimos, generando un flujo más rápido de material, al menor costo y con la mínima manipulación posible durante toda la línea de producción.

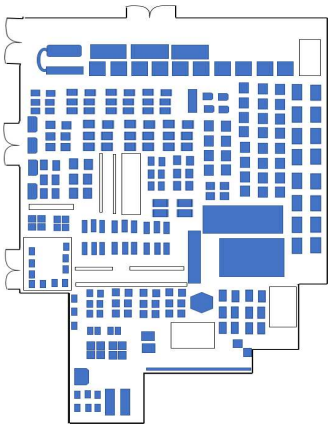


Figura 1. Layout inicial de la planta

La planta se divide en cuatro áreas de trabajo y el flujo de trabajo es el siguiente:

a. Partes chicas: Es el área donde se maquilan todos los pequeños componentes de los overoles.
b. Preensamble: Es el área donde se realiza el ensamble de algunos subcomponentes.
c. Ensamble: Es el área donde se realiza en ensamble de los componentes principales.
d. Inspección: Es el área donde se verifica la calidad de cada una de las piezas realizando inspección del 100% de las unidades.

De acuerdo a las características del flujo de las operaciones, el tipo de distribución más conveniente fue la distribución por producto. De esta manera, el proceso de producción de la nueva línea de overoles iniciaba en el área común de Partes Chicas de la planta (por falta de espacio) y continuaba enseguida por su propia línea de producción.

Estudio de métodos y medición del trabajo

Una vez que arrancó la línea de producción y que lo operadores llevaban a cabo las actividades de manera más normalizada, se realizaron estudios de tiempos y movimientos, con la finalidad de identificar las operaciones más lentas y buscar la manera de reducirlas o eliminarlas. En este caso vale la pena recordar que el Estudio de Métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación, a su vez que la Medición del Trabajo se relaciona con la investigación de tiempos improductivos asociados a un método en particular.

Se realizaron mediciones de tiempo a 50 ciclos de cada una de las actividades del proceso de producción de los overoles, asignándoles un 10% de suplementos por descanso y determinando de esta manera el tiempo estándar de cada operación.

Monitoreo de los nuevos tiempos

Para asegurar que los tiempos estándar fueron determinados correctamente, se realiza un "estudio de bultos" sobre una muestra de las actividades del proceso productivo. Dicho estudio determina el tiempo que se tarda un operario en procesar un bulto desde que lo toma hasta que lo despoja y de esta manera es posible obtener el tiempo por bulto y por pieza, así como la eficiencia con la que el operario está trabajando. De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 2, todas las operaciones analizadas sobrepasan el 82% de eficiencia (indicador mínimo aceptable para la empresa). Por lo que se concluye que los tiempos estándar determinados son admisibles.

Operación	Piezas por bulto	Bultos estudiados	Promedio eficiencia
353	18 piezas	4 bultos	86%
453	18 piezas	5 bultos	96%
769	36 piezas	4 bultos	110%
448	36 piezas	6 bultos	98%
199	18 piezas	7 bultos	120%
766	18 piezas	8 bultos	97.87%
331	18 piezas	8 bultos	85.25%
724	18 piezas	4 bultos	110%
353	36 piezas	4 bultos	98%
455	18 piezas	4 bultos	93%
312	18 piezas	3 bultos	82%
761	18 piezas	3 bultos	116%
660	18 piezas	8 bultos	130%
027	18 piezas	3 bultos	96%
762	36 piezas	5 bultos	88%
443	36 piezas	3 bultos	95%

Tabla 2. Estudio de bultos

Adicionalmente, se elaboraron y colocaron ayudas visuales para cada operación, describiendo las características con las que se deben recibir y entregar los productos en cada estación de trabajo. Dichas ayudas visuales resultaron de gran utilidad durante la capacitación de los operadores y actualmente sirven de referencia para evitar errores.

Mejoras implementadas en la nueva línea de producción

Al evaluar el desempeño general de la nueva línea de producción, se detectó que se estaban presentando defectos de calidad al inicio del proceso; es decir, en el área de Partes Chicas, debido a las diferencias en los diseños de los overoles y a la textura un poco diferente del material. Otro problema detectado en esta misma área fue la pérdida constante de piezas maquiladas durante el recorrido que realizan para ser entregadas en las áreas de Pre-ensamble y Ensamble, lo que generaba tiempos muertos y costos excedentes al buscar dichas piezas e incluso tener que manufacturarlas nuevamente.

Además de que al haber variación natural en los tonos del color de las telas, las uniones de las piezas no siempre coincidían y eran rechazadas en el área de Inspección por ser consideradas defectos de calidad. Inicialmente, se solicitó a los operadores que identificaran las piezas manualmente con un marcador; sin embargo, el problema continuó debido a que ellos mismos omitían dicha actividad. Por estas razones, se decidió generar una pequeña celda de manufactura para fabricar los componentes pequeños de los nuevos overoles, ubicándola al inicio del área de Pre-ensamble.

 ISSN 2007-8102

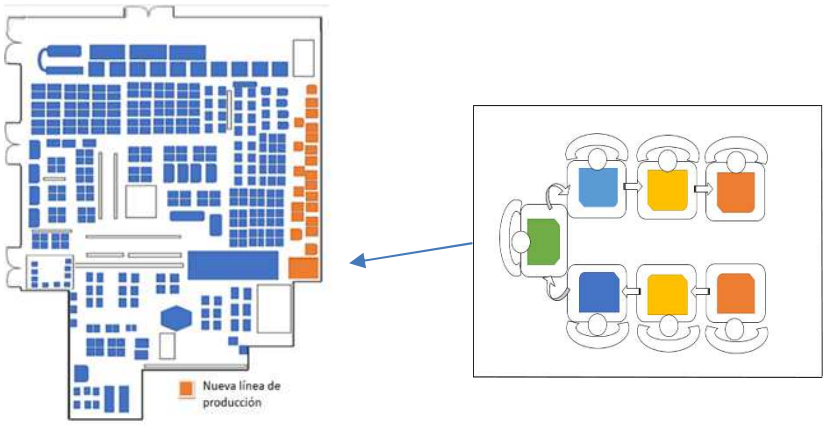


Figura 2. Layout final integrando la celda de manufactura

En la Figura 2, se puede observar que dicha medida, además de contribuir a eliminar los defectos de calidad en las partes chicas de los overoles, fue de gran ayuda para eliminar los transportes innecesarios, por lo que se optimizó el flujo en el proceso de fabricación y generó mayor flexibilidad.

Adicionalmente, se observó que había seis operaciones de pegado de etiqueta que estaban consumiendo un tiempo considerable para realizarse, en comparación con las mismas operaciones en los diseños convencionales de overoles, por lo cual se evaluó la alternativa de automatizarlas. Se asignaron dos máquinas para realizar las operaciones antes mencionadas de manera automática y se diseñó el herramental necesario para cada etiqueta, de tal manera que dependiendo de la pieza que se va a colocar, únicamente se cambia la configuración de la máquina para que se activen las coordenadas predeterminadas correspondientes a dicha etiqueta.

Método	Operación	Descripción	Tiempo estándar
Manual	446	Etiqueta espalda	0.7909
Automático	446	Etiqueta espalda	0.4058

Método	Minutos/pieza	Minutos/docena	Hrs/Doz	Costo/ Doz
Manual	0.7909	9.4908	0.15818	$15.19
Automático	0.4058	4.8696	0.08116	$7.79

Tabla 3 Comparación de método manual y método automático de pegado de etiqueta

En la Tabla 3 se muestra la diferencia de los tiempos generados para realizar la operación manual y la operación automática de pegar una etiqueta; en este caso, en la parte posterior del overol. De acuerdo con dichos resultados, en la operación 446 se ahorra un 51.30% del tiempo si se realiza de manera automática y tal ahorro se replica en las seis actividades de pegado de etiqueta, por lo cual se elimina la operación manual y se normaliza el uso de las máquinas para realizar dicha actividad.

Continuando con el análisis de las operaciones, se identificaron actividades posibles de mejorar, reduciendo o eliminando movimientos innecesarios. Como la operación 456 (Figura 3) que consistía en unir una franja de tela al pantalón a través de un método que implicaba realizar giros de torso muy repetitivos, además de que el operador debía levantarse de su asiento, inclinarse y levantarse nuevamente para cortar el excedente de costura en cada pieza.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 4, se observa cómo la operación se mejoró diseñando e instalando una mesa de trabajo continua con una prensa que sostiene la pieza, además de integrar a la máquina de coser un sensor que detecta el espacio entre una pieza y otra cortando en automático el excedente de costura en dicho lugar. De esta manera se eliminan los giros recurrentes del cuerpo y se evita que el operario deba pararse, tomar las tijeras y cortar pieza por pieza.

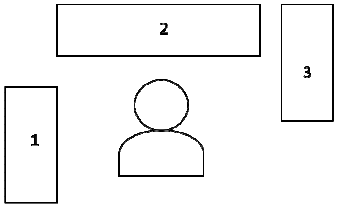


Figura 3. Layout de la operación inicial

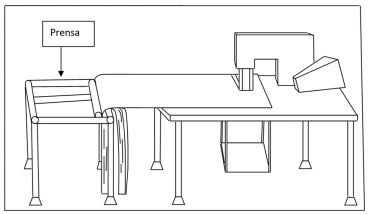


Figura 4. Layout de la operación mejorada

Resultados y discusión

En la Tabla 4 se puede observar que en general, el porcentaje de eficiencia en la línea de producción fue aumentando, aunque en algunas ocasiones, el avance no fue muy notorio debido a la curva de aprendizaje que implicaba el estar capacitando e incorporando a los operadores para fabricar el nuevo modelo.
Sin embargo, considerando que la elaboración de los overoles inició dos meses después de habilitarse la línea de fabricación, se observa que el objetivo de la empresa; de alcanzar un 70% de eficiencia al concluir el proyecto, se logró desde la semana 32; es decir, 4 semanas antes de la fecha límite.

# SEMANA	PZ PRODUCIDAS POR SEMANA	STD. SEMANAL ACEPTABLE	% EFICIENCIA
9	290	1705	17%
10	477	1705	28%
11	563	1705	33%
12	733	1705	43%
13	784	1705	46%
14	835	1705	49%
15	853	1705	50%
16	853	1705	50%
17	563	1705	33%
18	870	1705	51%
19	921	1705	54%
20	972	1705	57%
21	972	1705	57%

# SEMANA	PZ PRODUCIDAS POR SEMANA	STD. SEMANAL ACEPTABLE	% EFICIENCIA
22	1023	1705	60%
23	1040	1705	61%
24	1057	1705	62%
25	1159	1705	68%
26	1176	1705	69%
27	1159	1705	68%
28	1176	1705	69%
29	1159	1705	68%
30	1125	1705	66%
31	1176	1705	69%
32	1211	1705	71%
33	1211	1705	71%
34	1211	1705	71%
35	1211	1705	71%

Tabla 4. Eficiencia semanal durante el proyecto

Nota.- Para obtener el porcentaje de eficiencia, la empresa considera como un estándar aceptable la cantidad de 1705 piezas de producción por semana, lo cual sirvió de referencia para calcular dicho indicador semanal.

A través de las herramientas aplicadas para el desarrollo del proyecto fue posible lograr la implementación exitosa de la línea de producción, superando los diferentes retos que se fueron presentando, como el espacio limitado en la planta de fabricación, los tiempos más elevados en algunas de las operaciones, la pérdida de materiales en proceso por los traslados de un área a otra, etc.

Así mismo, dichas áreas de oportunidad permitieron generar soluciones que resultaron muy efectivas y que se reflejaron a través de la reducción de traslados innecesarios, optimización de espacios, reducción de defectos y desperdicios, reducción en el tiempo de preparación, flexibilidad de la producción, reducción de movimientos, aumento de la eficiencia del operario, entre otras, lo cual finalmente se ve manifestado a través de la disminución de los costos operativos de la empresa y por consecuencia, mayor productividad.

Trabajo a futuro.

Las actividades programadas del proyecto culminaron satisfactoriamente; sin embargo, la empresa desea replicar algunas de las acciones implementadas en la nueva línea de producción, a las demás líneas ya existentes, buscando generar mejoras significativas en el desempeño de las mismas.

Conclusión.

El proyecto realizado ha sido de suma importancia, ya que, los resultados obtenidos se ven reflejados en toda la empresa de manera favorable, las innovaciones realizadas durante la implementación de la línea de producción del nuevo modelo de overoles industriales, demuestra que siempre es posible mejorar haciendo uso de la gran cantidad de herramientas que ofrecen la Ingeniería Industrial.

Referencias.

1. Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros.* México, D.F.: McGrawHill.
2. Chiavenato, I. (1995). *Introducción a la teoría general de la administración.* McGrawHill.
3. Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación.* Obtenido de http://www.leanproduction.co/biblioteca-lean/descargar-libro-lean-manufacturing-conceptos-tcnicas-e-implantacion.html
4. Krajewiski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor.* Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
5. Mundel, M. (1984). *Estudio de tiempos y movimientos.* Continental.
6. Niebel, B. W. (1996). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y estudio del trabajo.* Alfa Omega.
7. Niebel, B. W. (2014). *Ingeniería Industrial.* McGrawHill.
8. Rossetti, G. (2009). Pronóstico de la demanada de una nueva línea de productos. *Ingeniería Industrial*, 103-120.

Diagnóstico y mejora del proceso de Metalizado en una empresa productora de esferas

J.C. Martínez Hernández[1], E.J. Cruz Solís[1], M. Cruz Luna[3], V. Cuatenco Hernández[1] y D. J. Cruz Márquez[2]*
[1] Profesor investigador de la división de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango,
[2] Alumna de la división de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango,
[3] Profesor investigador de la división de Ingeniería Informática, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango,
**jc.martinez@huauchinango.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Los continuos cambios en la preferencia del cliente, así como las exigencias de un mercado cambiante y competitivo, obligan a todas las empresas independientemente de su giro comercial o industrial a diseñar y fabricar productos que los sigan manteniendo dentro de un género competitivo. Este proyecto se desarrolló en una empresa dedicada a la manufactura artesanal de esferas de vidrio, derivado de su rápido y constante crecimiento ha tenido problemas en algunas de sus áreas, tal es el caso del proceso de metalizado, siendo fundamental para la producción de la esfera, el objetivo del proyecto es mejorar el proceso de metalizado, mediante herramientas estadísticas, administrativas y estudio del trabajo, con la finalidad de estandarizar las actividades y disminuir la rotura de esferas en esa área.

***Palabras clave**: Manufactura, Proceso, Estandarizar.*

Abstract

The continuous changes in customer preference, as well as the demands of a changing and competitive market, oblige all companies, regardless of their commercial or industrial turn to design and manufacture products that continue to maintain them within a competitive genre. This project was developed in a company dedicated to the handmade manufacture of glass spheres, derived from its rapid and constant growth, has had problems in some of its areas, such is the case of the metallization process, being essential for the production of the sphere, the objective of the project is to improve the metallization process, through statistical, administrative and work study tools, in order to standardize the activities and reduce the breakage of spheres in that area.

***Key words**: Manufacturing, Process, Standardize.*

Introducción

El origen de la esfera navideña surge a partir de la sequía en el invierno de 1858 de manzanas rojas, fruto que decoraba a los árboles de navidad en Alsacia (comunidad perteneciente a Francia) junto con hostias no consagradas. Debido a que la decoración sobre el árbol de navidad era una tradición, y ante el riesgo, un soplador de vidrio de Goetzenbruck, pueblo montañés ubicado en Francia y dedicado a la elaboración de vidrios para relojes desde 1721, fabricó algunas bolas de vidrio. A partir de esta situación, la fábrica de vidrio en Goetzenbruck, comenzó a producir hasta 250,000 bolas de vidrio al año, exportando a todo el mundo.

La empresa en estudio está ubicada en Chignahuapan, Puebla, es totalmente mexicana y una de las principales empresas que se dedican a la fabricación artesanal de esferas navideñas de vidrio y plástico, siendo una de las más grandes productoras y distribuidoras a nivel nacional e internacional, caracterizada por su originalidad y diversidad de productos. La manufactura de la esfera inicia en el área de globeo, en esta se determina el tamaño y la forma de la esfera trabajando a temperaturas mayores a 200 grados centígrados; posteriormente son llevadas al área de metalizado donde se aplica una capa de tungsteno o aluminio para generar resistencia en el producto; enseguida son trasladadas a través de un elevador para que en el área de pintura se pueda colocar un color base sobre la esfera; después pasan al proceso de decorado en el que se detallan y dan origen a un diseño artesanal, posteriormente se coloca un casquillo y una argolla a la esfera dentro de la zona de encasquillado, finalmente son empaquetadas en cajas de diferentes cantidades para su distribución y entrega. El principal insumo para la elaboración de esferas es tubo de vidrio neutro con una longitud de 1.5 metros de calibre 12 importado desde

 ISSN 2007-8102

Alemania, por cuestiones de calidad, precio y accesibilidad, este material llega en paquetes de 24 unidades con un peso aproximado de 17 kilogramos y un valor estimado de $952 pesos por paquete. El proyecto tiene como objetivo mejorar el proceso de metalizado, mediante herramientas estadísticas, administrativas y estudio del trabajo, con la finalidad de estandarizar las actividades y disminuir la rotura de esferas en el área de metalizado. El proceso de metalizado es fundamental en la manufactura de la esfera, actualmente se presenta un cuello de botella en esta actividad, esto derivado de que los trabajadores no tienen tareas específicas, es decir, no existe un procedimiento de trabajo para esta área, así mismo no cuentan con un tiempo establecido para realizar sus actividades, como consecuencia se tienen pérdidas significativas en los tiempos de producción y altos desperdicios de materia prima. En la industria es de gran importancia la organización, estandarización y control de los procesos, esto para conseguir las metas u objetivos establecidos, como son; la calidad, la precisión, la velocidad, entre otros aspectos, con la finalidad de cumplir con requerimientos y satisfacer a los clientes.

Metodología

Para la ejecución del proyecto se contemplan tres etapas fundamentales, diagnóstico, medición/análisis y finalmente la mejora del proceso a través de las técnicas y herramientas utilizadas en el presente trabajo.



Figura 1. Metodología propuesta.

Diagnóstico inicial

De acuerdo con Pérez (2019), en esta etapa se debe identificar y validar oportunidades de mejora, definir los requerimientos críticos para el cliente y preparar el equipo de mejora, a su vez definir los indicadores y las metas que medirán el éxito del proyecto. Actualmente la empresa esta integrada por las siguientes ares: globeo, metalizado, pintura, decorado, encasquillado y empaquetado; en esta etapa se realizó la recopilación de información de cada una de las áreas mencionadas, en la figura 2 se presentan las problemáticas por cada área. Dentro de la empresa uno de los problemas principales es la rotura de esferas, originada por la falta de organización y seguimiento del proceso.

Globeo	• Producto no conforme • Desperdicio de materia prima
Metalizado	• Rotura de esferas • Falta de estandarización en actividades
Pintura	• Producto no conforme • Falta de organización
Decorado	• Irregularidades del decorado por error humano
Encasquillado	• Rotura de esferas
Empaquetado	• Falta de conciencia en el manejo y cuidado del producto terminado

Figura 2. Problemáticas detectadas por área.

 ISSN 2007-8102

Posteriormente se realizó un diagrama de flujo de proceso para visualizar cada una de las actividades necesarias para la manufactura de esferas, en la tabla 1 se muestra de manera representativa el llenado del formato, esta herramienta sirve para identificar y reducir operaciones que no agregan valor al proceso, este diagrama es necesario para poder comprender las diferentes fases de cualquier proceso y su funcionamiento, por tanto, permite estudiarlo para mejorar sus procedimientos.

Tabla 1. Flujo general del proceso representativo.

DIAGRAMA, 1 HOJA, 1	ACTIVIDAD		ACTUAL
	Operación	○	9
OBJETO: Análisis del proceso de producción de la esfera artesanal 3.5	Transporte	⇨	11
	Demora	D	3
ACTIVIDAD: Elaboracion de esferas navideñas 3.5	Inspección	□	2
	Almacenamiento	▽	1
MÉTODO ACTUAL	Inspección de operación	◘	7
	DISTANCIA (metros)	100.92	
	TIEMPO (horas)	295.39	33
LUGAR: Línea de produccion en la empresa ANVISA			

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	SÍMBOLO
6	Prepararción de estructura de araña	1 pieza		1.17	
7	Colocar racks en bases de arañas	6 racks		2.10	
8	Limpieza de esferas	200 piezas		0.33	
9	Transporte de esferas a bases del área de metalizado	200 piezas	1.32	0.38	
10	Colocar esferas en arañas (racks)	144 piezas		4.48	
11	Espera de arañas en bases	6 arañas		3.60	
12	Traslado de arañas a planetario	6 arañas	7.00	2.00	
13	Colocar aluminios en planetario	18 aluminios		1.00	
14	Transporte de planetario a máquina de metalizado	6 arañas	1.00	1.13	
15	Metalizado de esferas	6 arañas		30.00	
16	Salida de planetario de máquina de metalizado	6 arañas	1.00	1.25	
17	Verificación visual de esferas	1 araña		0.08	
18	Descarga de esferas metalizadas	6 arañas		3.60	
19	Transporte de esferas metalizadas al área de pintado	792 piezas	23.00	0.83	

Medición y análisis

Los problemas de calidad de tipo estratégico requieren del uso de herramientas administrativas de calidad, las cuales en términos generales son de tipo cualitativo, para esta fase se elaboró una hoja de verificación para las áreas de globeo, metalizado, pintura y secado, cabe mencionar que estas áreas son críticas para el proceso de manufactura para cualquier tipo de esfera. La finalidad de la hoja de verificación es fortalecer el análisis y la medición del desempeño de los diferentes procesos de la empresa, a fin de contar con información que permita orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente (Gutiérrez, 2013). Con esta herramienta se detectaron defectos predominantes y si están relacionados con algún factor en particular.

Tabla 2. Hoja de verificación general del proceso.

TABLA DE CODIFICACION DE PROBLEMAS	
CÓDIGO	PROBLEMAS
✸	ROTURA DE ESFERAS
x	DIMENSIONES DE ESFERAS MAYORES A LAS ESPESIFICACIONES
✦	DIMENSIONES DE ESFERS MENORES A LAS ESPESIFICACIONES
0	FALLA EN EL METALIZADO
•	PARTICULAS EN LAS ESFERAS COMO, POLVO, BASURA, ETC.
✓	ESCURRIMIENTO EN LA ESFERA
◈	MAL DECORADO
★	DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA

HOJA DE VERIFICACION PARA DEFECTOS EN ESFERAS				
ESFERAS (MAS COMERCIALES)	ÁREAS DEL PROCESO			
	GLOBEO	PINTURA	METALIZADO	SECADO
ESFERA FANTASIA NO. 3.5	✸✸✸xxx xxx✦✦ ✦✸✸✸✸ ✸✸✸	✸✸✸✸✸✸ ✸✸✸✸✸✸ ✸	✸✸✸✸✸✸✸ ✸✸✸✸✸✸✸ ✸✸✸✸✸✸✸ ✸✸✸✸✸✸✸	✸
ESFERA 6	xxxxx✦ ✦✦✦✦✦ ✦✦✦✸✸	✸✸✸✸✸✸ ✸	✸✸✸✸✸✸✸ ✸✸✸✸✸✸✸ ✸✸✸✸✸✸✸ ✸✸✸✸✸✸✸	✸

Para visualizar el impacto de los defectos en cada área se elaboran histogramas para los modelos más comercializados el 3.5 y 6 respectivamente como se muestra en la figura 3, para la obtención de la información se realizó un muestreo aleatorio simple de dos lotes de 100 piezas cada uno, cabe señalar que el uso de

 ISSN 2007-8102

histogramas, fue de utilidad al hacer evidente las causas de los defectos por cada área de estudio, de acuerdo con la figura 3 el área de metalizado tiene la mayor cantidad de defectos para ambos modelos.

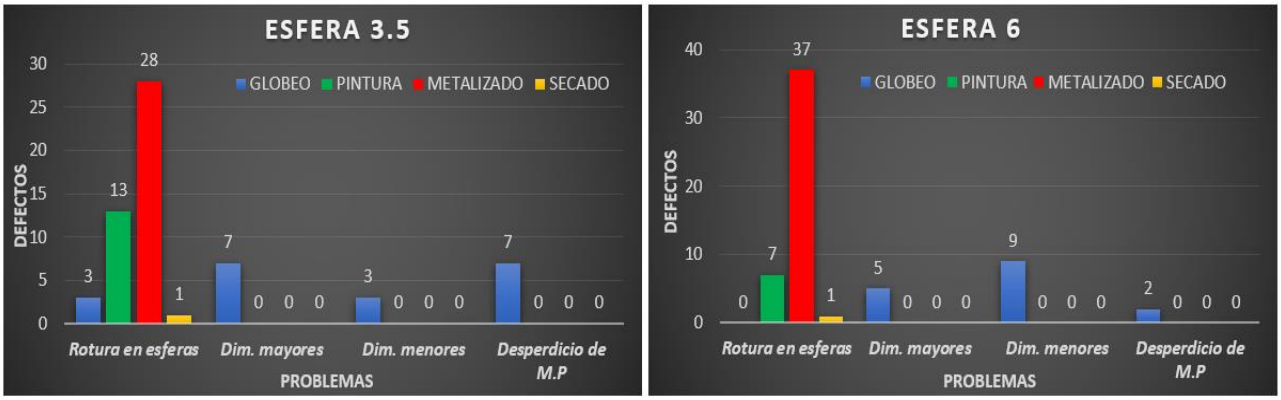


Figura 3. Histogramas de defectos para distintas áreas de la empresa.

En la figura 4 se muestran los diagramas de Pareto para cada modelo de esfera, con la finalidad de jerarquizar los defectos de mayor a menor, así mismo se puede priorizar y mejorar la calidad de los productos realizados.

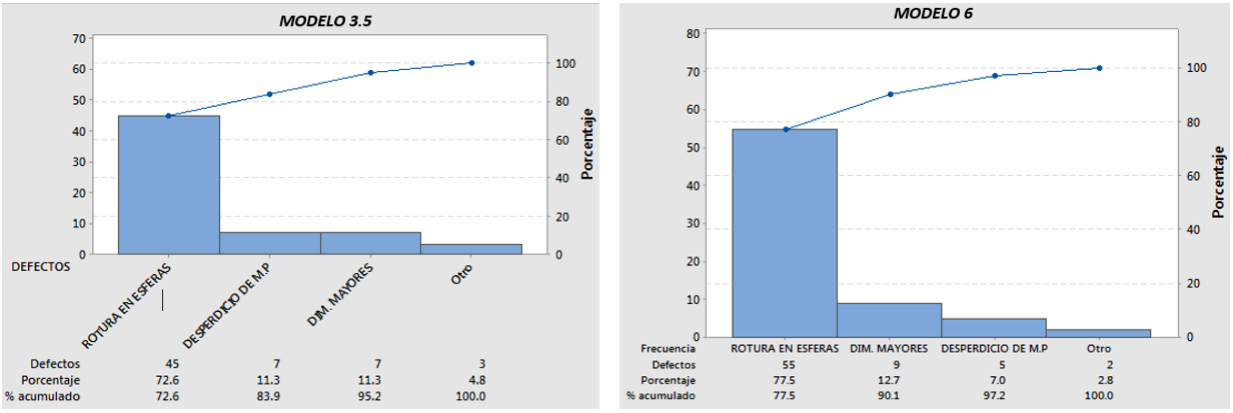


Figura 4. Diagramas de Pareto para los defectos presentes en el modelo 3.5 y 6.

En la figura 5, se confirma que el área de metalizado presenta defectos predominantes por lo que es necesario aplicar acciones de mejora de manera inmediata, actualmente este proceso se ha convertido en un cuello de botella, ocasionando que el sistema productivo de la empresa sea ineficiente.

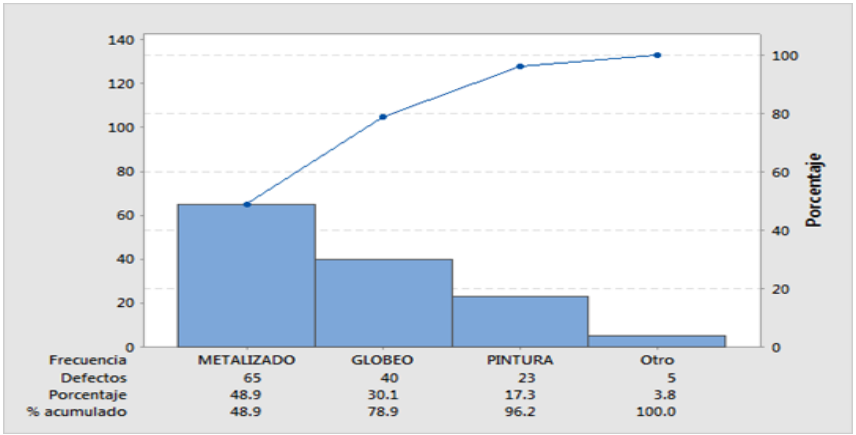


Figura 5. Diagramas de Pareto para defectos totales por área.

 ISSN 2007-8102

Para conocer la causa raíz del defecto predominante (rotura de esfera), se realizó un diagrama Ishikawa por el método de las 6 M (Medio ambiente, Maquinaria, Mano de obra, Medidas, Metodología y Materia prima) como se aprecia en la figura 6, con el objetivo de analizar e identificar los posibles factores que originan el problema. De acuerdo con Gutiérrez (2013) menciona que la importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas.

.

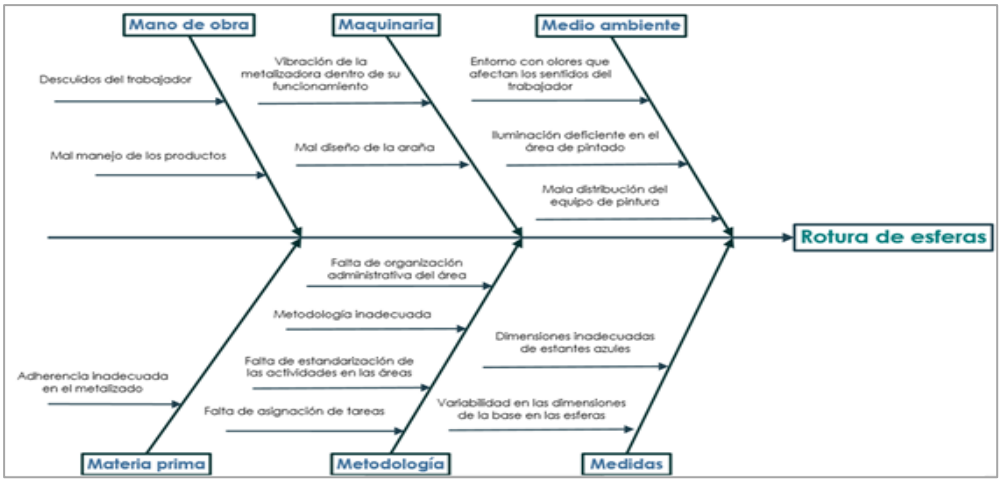


Figura 6. Diagrama de Ishikawa para la rotura de esferas

Resultados y discusión

La metodología propuesta permitió desarrollar el proyecto de manera eficaz y con los impactos esperados por la empresa, se planteo desde el inicio una metodología flexible y coherente con respecto a las problemáticas existentes. De acuerdo con el diagrama Ishikawa se determinó que la causa principal de la rotura de esfera esta asociada con la mano de obra debido a que los operadores no cuentan con actividades específicas, es decir, que las realizan de manera emergente y no con base a un procedimiento de trabajo; no existen tiempos establecidos, ocasionando constantes tiempos de espera entre actividades y descontrol en el sistema de manufactura de la empresa. La investigación de campo permitió conocer las fortalezas y debilidades del área de metalizado, se realizó por primera vez el diagrama de flujo dentro de esta área como se muestra en la figura 7, anteriormente los operadores realizaban de manera empírica estas tareas, se obtuvo un impacto positivo al lograr organizar las actividades en esta área, así como la reducción de tiempos de espera a causa del factor humano.

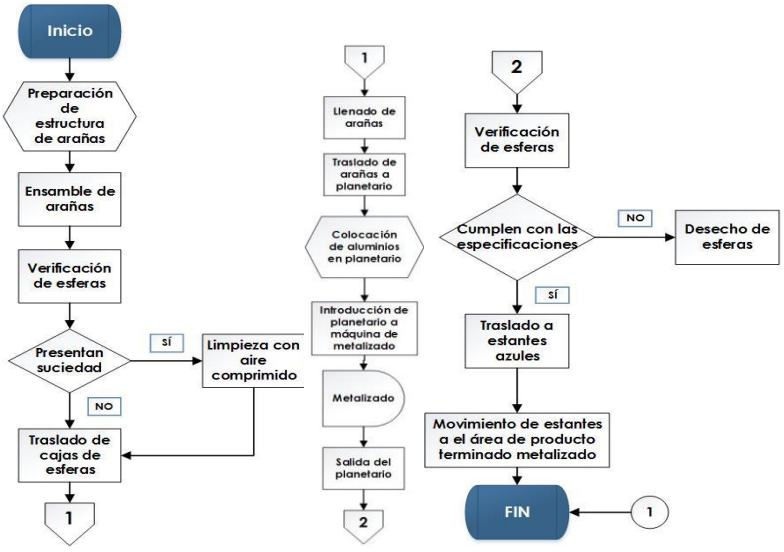


Figura 7. Diagrama de flujo para el proceso de metalizado.

 ISSN 2007-8102

Otra aportación para la mejora del proceso de metalizado fue la elaboración del lay-out mediante el software Visio del área, figura 8.

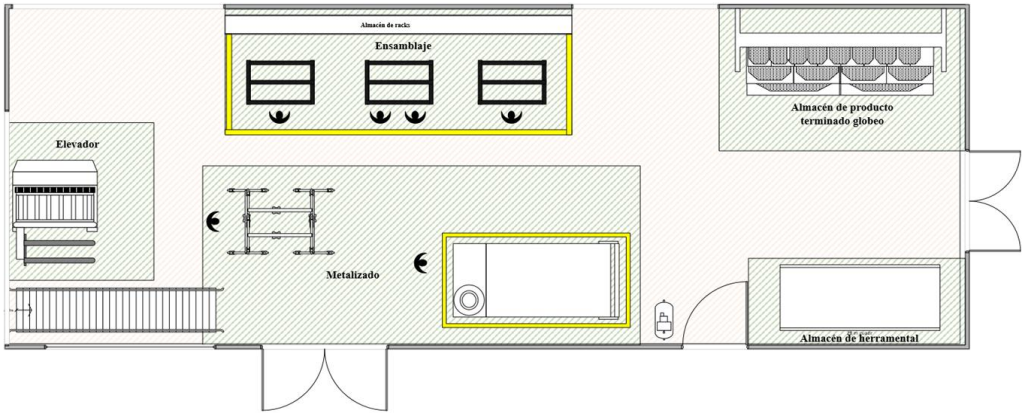


Figura 8. Layout del área de metalizado

Posteriormente se procedió a realizar la zonificación de actividades como se aprecia en la figura 9, con la finalidad de organizar y estandarizar las actividades que intervienen en este proceso.

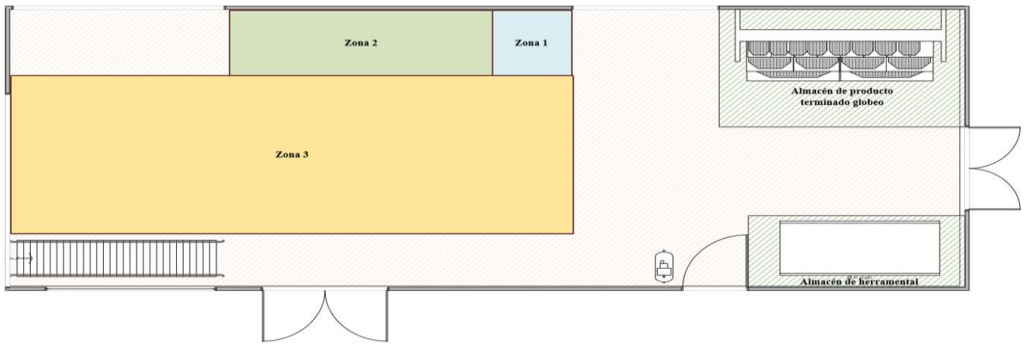
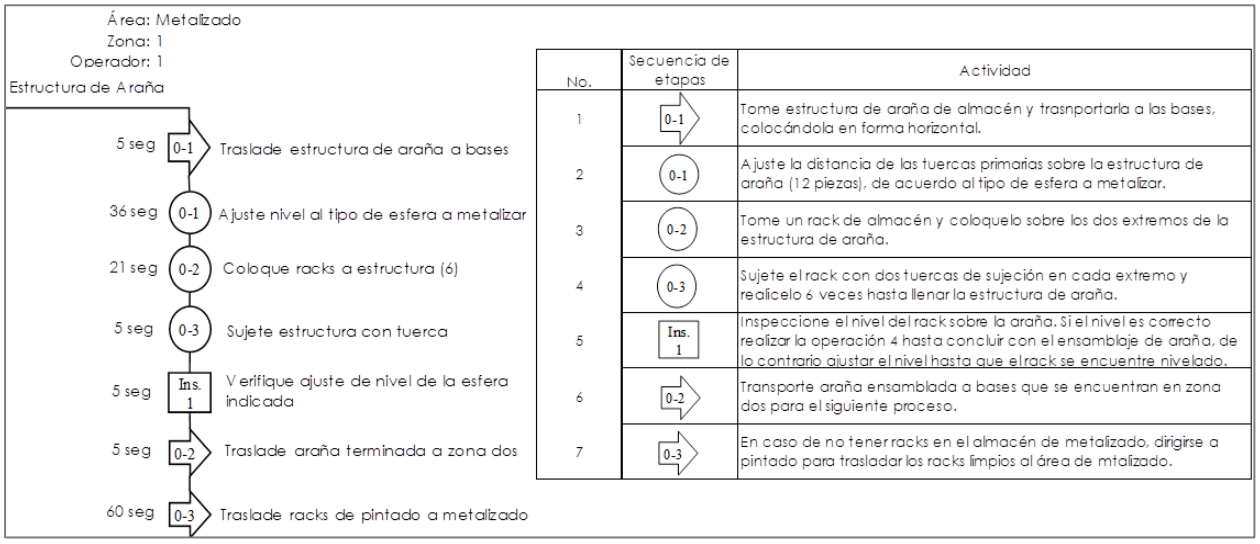


Figura 9. Zonificación del área de metalizado

La figura 10, muestra el diagrama de operaciones para la zona 1 así como la descripción y tiempos para la ejecución de cada actividad.



No.	Secuencia de etapas	Actividad
1	0-1	Tome estructura de araña de almacén y trasnportarla a las bases, colocándola en forma horizontal.
2	0-1	Ajuste la distancia de las tuercas primarias sobre la estructura de araña (12 piezas), de acuerdo al tipo de esfera a metalizar.
3	0-2	Tome un rack de almacén y coloquelo sobre los dos extremos de la estructura de araña.
4	0-3	Sujete el rack con dos tuercas de sujeción en cada extremo y realicelo 6 veces hasta llenar la estructura de araña.
5	Ins. 1	Inspeccione el nivel del rack sobre la araña. Si el nivel es correcto realizar la operación 4 hasta concluir con el ensamblaje de araña, de lo contrario ajustar el nivel hasta que el rack se encuentre nivelado.
6	0-2	Transporte araña ensamblada a bases que se encuentran en zona dos para el siguiente proceso.
7	0-3	En caso de no tener racks en el almacén de metalizado, dirigirse a pintado para trasladar los racks limpios al área de mtalizado.

Figura 10. Zonificación del área de metalizado

 ISSN 2007-8102

Después de implementar la metodología propuesta a través de la aplicación de las técnicas y herramientas mencionadas , se realizó la evaluación de la misma, después de tres meses de aplicación del proyecto se tomaron nuevos datos relacionados con los defectos registrados por cada área y así medir el impacto del proyecto, en la figura 11 se muestran los histogramas comparativos para los modelos 3.5 y 6, se realizó un muestreo aleatorio simple de un lote de 100 piezas para cada modelo de esfera, de acuerdo con los resultados presentados se pudo lograr una disminución del significativa de la rotura de esfera en el área de metalizado, así mismo se incremento la productividad en este proceso.

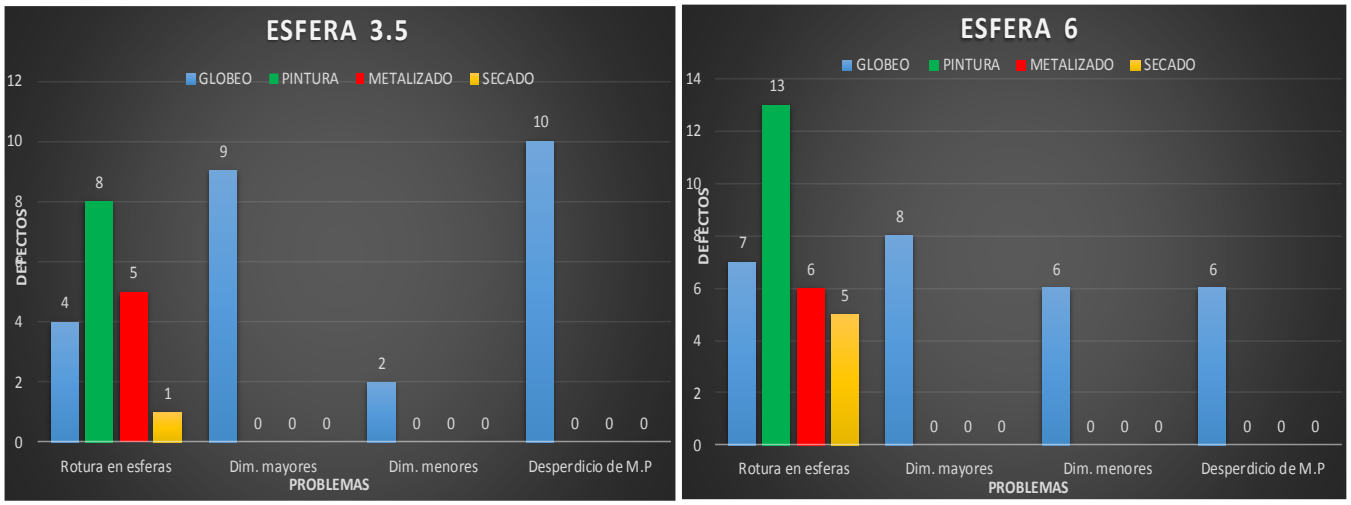


Figura 11. Histograma de defectos después de la mejora.

La mejora en le área de metalizado tuvo un impacto positivo en el compromiso de los operadores, ya que el orden y la asignación de actividades influyeron en la eficiencia y eficacia de cada uno de ellos, logrando un incremento en la productividad de la empresa.

Trabajo a futuro

Dentro de los trabajos realizados se pudo apreciar algunos problemas con algunas herramientas o dispositivos que son utilizados para la manipulación de esferas para después realizar el metalizado, se propone realizar el diseño y manufactura del sistema de sujeción del rack en la araña, esto relacionado con los problemas presentados para la manipulación, además reduciría considerablemente los tiempos en el metalizado, con base en el trabajo realizado la empresa ha solicitado el análisis del área de pintura, con la finalidad de incrementar la productividad, esto debido a que la empresa está comprometida con la mejora continua.

Conclusiones

Este proyecto fue desarrollado empleando herramientas de estudio del trabajo y control estadístico de la calidad dentro del área de metalizado, debido a las problemáticas presentadas en el proceso de producción de las esferas de vidrio, motivo por el que se identificó la causa raíz de uno de los problemas más críticos (rotura de esfera), correspondieron a la falta de organización y la ausencia de un instructivo de trabajo en el área, para ejecutar adecuadamente las operaciones. El problema de la rotura de esferas impide una producción constante ocasionando retrasos en los pedidos de los clientes al igual que inversiones adicionales en capital humano y materia prima, para cumplir con los pedidos establecidos.

El proyecto tuvo un impacto social relacionado con el desarrollo de una nueva cultura laboral dentro de la empresa, elevando su calidad y continuar trascendiendo a nivel nacional e internacional, desde la perspectiva económica, la mejora del proceso genero ahorros aproximados del orden de los $ 700 pesos por lote, por otra parte, el operador puede ser más productivo e irse especializando en un área específica.

Desde la perspectiva ambiental, se logró reducir el consumo de los energéticos y el desperdicio de materia prima, situación que afecta el entorno natural ya sea con el reproceso del producto o con el consumo desmedido de los recursos energéticos vinculados al proceso.

Así mismo se lograron las siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar herramientas administrativas para la representación y análisis del proceso de producción de la empresa en general.
- Definir variables críticas en el proceso de producción.
- Conocer y definir el proceso de metalizado.
- Elaborar procedimientos de trabajo específicos.
- Clasificar y designar actividades específicas dentro de las zonas definidas en el área de metalizado.
- Incrementar la eficiencia y eficacia en la utilización de los tiempos del trabajador.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior Huauchinango por su apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto, a las academias de Ingeniería Industrial e Informática, a su vez este artículo fue realizado por el cuerpo académico Tecnología Aplicada del ITSH.

Referencias

1. (AEC), A. E. (2018). Diagrama SIPOC. Obtenido de https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc
2. Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). Administración y control de la calidad. México, D.F.: CENGAGE Learning.
3. García Criollo, R. (s.f.). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo. Mc Graw Hill.
4. Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de calidad y seis sigma. México, D.F.: Mc Graw Hill.
5. Gutiérrez, M. (2004). Administrar para la calidad: Conceptos administrativos del control total de calidad. México: LIMUSA.
6. Institute, L. A. (s.f.). Nosotros. Obtenido de http://www.laqi.org/nosotros.php
7. Kalpakjian, S., & R. Schmid., S. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología. Edo. de México: Prentice Hall.
8. Kanawaty, G. (1998). Introducción al estudio del trabajo. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
9. Manene, L. M. (28 de Julio de 2011). Los diagrama de flujo: su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones. Obtenido de http://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_mdl/lic/AE/EA/AM/07/Los_diagramas_de_flujo_su_definicion_objetivo_ventajas_elaboracion_fase.pdf
10. Marcelino Aranda, M., & Ramírez Herrera, D. (2012). Administración de la calidad; nuevas perspectivas. México: Grupo Editorial Patria.
11. Pérez Vergara, Ileana G., & Rojas López, José A. (2019). Lean, Seis Sigma y Herramientas Cuantitativas: Una Experiencia Real en el Mejoramiento Productivo de Procesos de la Industria Gráfica en Colombia//Lean, Six Sigma and Quantitative Tools: A Real Experience in the Productive Improvement of Processes of th. Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, 27, 259-284.

Implementación Six Sigma (DMAIC) para REDUCIR la fracción disconforme en procesos de extrusión de cobre

Y. Soto Leyva[1, 2], A. Santos Osorio[1], R. Bones Martínez[1], E. Mora Castañeda[3]*
[1]Departamento de Ingenieria Industrial, Instituto Tecnologico Superior de Huauchinango, Rafael Cravioto Numero 17 Col. Centro Huauchinango Puebla.
[2]Departamento de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnologico Superior de Huauchinango, Av. Tecnologico Col.5 de Octubre Huauchinango Puebla.
[3] Departamento de Ingenieria Forestal, Instituto Tecnologico Superior de la Sierra Norte de Puebla, Av. Jose Luis Martínez Vázquez No.2000 Jicolapa, Zacatlán, Puebla
**ni_m_say88@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El proceso de extrusión de cobre para el ramo automotriz, genera la producción de cable PVC de distintos calibres donde la identificación de colores determina la calidad del producto final, siendo de vital importancia el control riguroso del 0.10 índice de fracción disconforme asignado internamente, si el indicador sobrepasa origina un problema de variación de color que ocasiona devoluciones, perdidas de clientes potenciales, puesto que los colores en tonalidades ideales identifican el lugar exacto de colocación para el armado de las piezas automotrices.

Si la diferenciación es la variación de color del cable, no son permitidos reprocesamientos, se desecha totalmente (scrap) el producto, ocasionando pérdidas que oscilan entre el 8-15% de la producción anual que presentan las empresas de éste ramo.

Para eliminar las fuentes que ocasionan la variabilidad especial se implementara Six Sigma (DMAIC) siendo una pauta de cambio integrando a los operadores, sistemas de calidad y productividad organizacional.

***Palabras clave**: Fracción Disconforme (FD), Six Sigma.*

Abstract

The copper extrusion process for the automotive industry generates the production of PVC cables of different sizes where the identification of colors determines the quality of the final product, the rigorous control of the 0.10 non-conforming fraction index assigned internally being of vital importance, if the Indicator exceeds it causes a problem of color variation that causes returns, losses of potential customers, since the colors in ideal shades identify the exact place of placement for the assembly of the automotive parts.

If the differentiation is the color variation of the cable, reprocessing is not allowed, the product is completely scrapped (scrap), causing losses ranging from 8-15% of the annual production presented by companies in this field.

To eliminate the sources that cause special variability, Six Sigma (DMAIC) will be implemented as a pattern of change integrating operators, quality systems and organizational productivity.

***Key words**: Nonconforming Fraction (FD), Six Sigma.*

Introducción

Six Sigma es una filosofía y estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente con un manejo eficiente de los datos metodológicos y diseños para disminuir la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3.4 defectos por millón lo que equivale a un nivel de calidad del 99.9997%, entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente. (Jiju Antony 2008). Entre los beneficios de esta metodología Lean se encuentra la reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes.
Esta filosofía inicia en los años 80´s como una estrategia de negocios y de mejoramiento de calidad, introducida por Motorola y adoptada por otras empresas. Su aplicación requiere el uso intensivo de herramientas y metodologías estadísticas para eliminar la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con el mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente, la variación en los procesos constituye una de las fuentes principales de la insatisfacción en los clientes, si se encuentra la causa raíz y se eliminan los consumidores sentirán la diferencia.

La variación (común/ especial) en un proceso productivo está presente cuando la calidad no se puede obtener como un atributo conforme ya que es imposible eliminarla al 100%, generando así que las industrias la denominen como fracción disconforme cuando esta pasa a ser del tipo especial ya que se acepta o se rechaza el lote de producción si el atributo a controlar es fácil de observar durante el proceso de inspección (“Pruebas Munsell”). El caso presentando e implementado en el área de extrusión de cobre en una empresa productora de cables de PVC, nos indica que su variabilidad es del tipo especial (Ver Gráfico 1: “Análisis de variabilidad Prueba Munsell”), que genera una fracción disconforme ideal de 0.10 (Ver Gráfico 2: “Chart of fracción disconforme Periodo 2018”), pero para el periodo 2018-2019 ha sobrepasado el índice permitido 0.10, arrojando un valor de 0.159 originando déficit económico a la empresa.
Con el objetivo de disminuir el índice de la FD se desarrolló la metodología DMAIC : Definir, medir, analizar, mejorar y controlar , enfocada en la mejora y la reducción de la cantidad de scrap/devoluciones (incidencias) que se tienen de manera interna y externa en el proceso de extrusión de acero para la obtención de cable PVC, implementando un enfoque de gestión empresarial basado en la mejora de procesos, usando el conocimiento derivado del proceso estadístico de datos, para definir las fuentes que ocasionan el problema, recolectar datos, medir, analizar la información, emprender mejoras, controlar el proceso, rediseñar los procesos de los productos nuevos y existentes para alcanzar el índice optimo, generando así un ciclo de mejora continua.
Las empresas que utilizan Six Sigma son empresas comprometidas con la satisfacción de los clientes en la entrega oportuna de los productos o servicios libres de defectos y a costos razonables, algunas organizaciones son: Motorola, Sony, Bombardier, Toshiba, Black & Decker (Socconini, 2008).

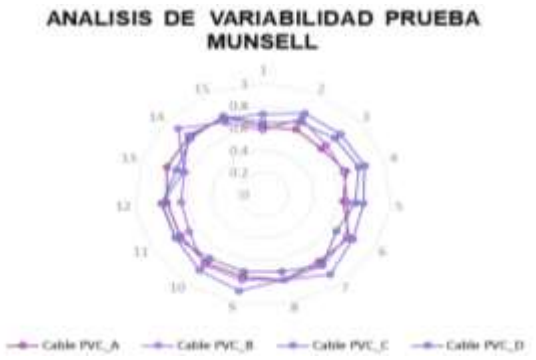
Metodología

En la realización de esta investigación se utilizó la metodología DMAIC, la cual se compone por los siguientes puntos:

Definición

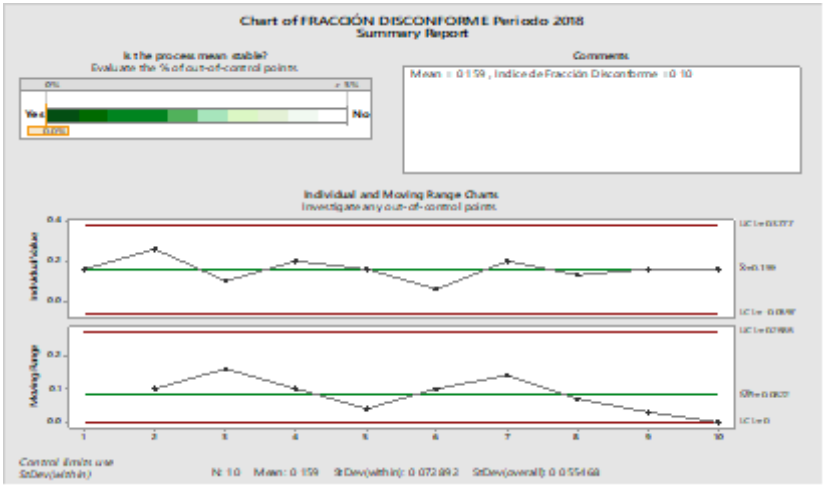
Se aplicó un proceso estadístico inicial con la finalidad de definir e identificar el estatus actual de la empresa, evaluando las dos variables siguientes: 1) Tipo de variabilidad (Ver Gráfico 1: “Análisis de variabilidad Prueba Munsell”) indicando que el proceso de extrusión de cobre para cable presenta una variabilidad especial, 2) Índice de Fracción Disconforme actual FD (Ver Gráfico 2: “Chart of fracción disconforme Periodo 2018”), evaluando un índice de FD de 0.159.

		RESULTADOS PRUEBA MUNSELL; VALORES DE COLORIMETRIA			
		Cable PVC_A	Cable PVC_B	Cable PVC_C	Cable PVC_D
Turno 1	Inspector_1	0.61	0.58	0.722	0.65
	Inspector_2	0.64	0.74	0.799	0.712
	Inspector_3	0.615	0.665	0.81	0.755
	Inspector_4	0.68	0.664	0.84	0.788
	Inspector_5	0.63	0.662	0.79	0.72625
Turno 2	Inspector_1	0.78	0.755	0.8111	0.66
	Inspector_2	0.741	0.788	0.888	0.788
	Inspector_3	0.788	0.788	0.7888	0.7111
	Inspector_4	0.754	0.788	0.888	0.7111
	Inspector_5	0.76	0.779	0.84	0.7111
Turno 3	Inspector_1	0.744	0.6664	0.7888	0.7888
	Inspector_2	0.755	0.644	0.799	0.7888
	Inspector_3	0.788	0.6455	0.655	0.7111
	Inspector_4	0.777	0.8887	0.788	0.7555
	Inspector_5	0.766	0.7111	0.75	0.7666



Soto Leyva Yasmin, B. Martínez Rosalía (2019), Grafico 1: “Análisis de Variabilidad Prueba Munsell”, Laboratorio de Control de Calidad LC.

 ISSN 2007-8102



Soto Leyva Yasmin, B. Martínez Rosalía (2019), Grafico 2:“Chart of fracción disconforme Periodo 2018”, Depto. Control de Calidad LC.

Medición

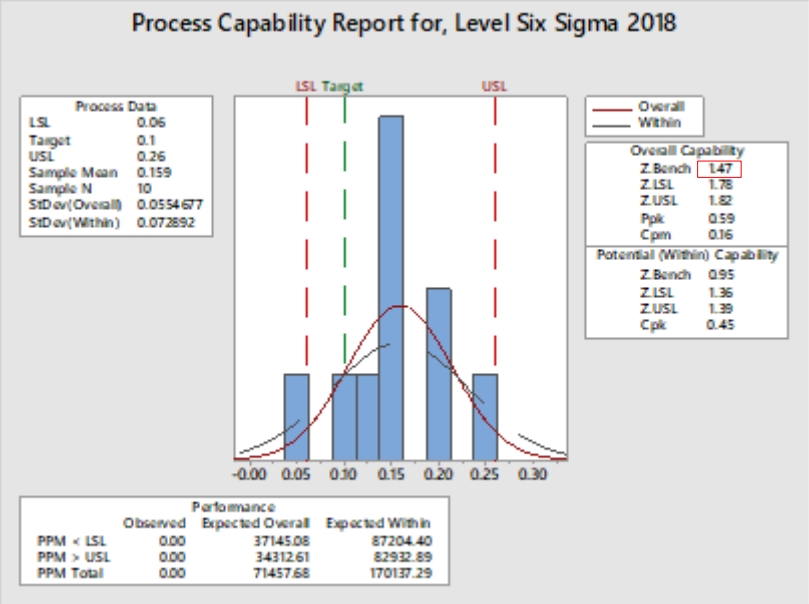
El problema que origina el alto índice de fracción disconforme es la variación de color en el proceso de extrusión de cobre, el método de medición aplicado está determinado por la cantidad de defectos presentados en el producto , contabilizados mensualmente mediante el cual se calculó la correlacional, vinculando la cantidad de cable producido con el cable entregado al cliente (no defectuoso/ defectuoso por variabilidad de color), los resultados se muestran en la siguiente tabla (Ver tabla 1: “Control de scrap anual”), la cual nos indica que de un total de **11,116,230** metros producidos **1,226,407** metros son scrap representado el **11%** de la producción anual.

	Mes_1	Mes_2	Mes_3	Mes_4	Mes_5	Mes_6	Mes_7	Mes_8	Mes_9	Mes_10	Mes_11	Mes_12	Totales
Rollos Totales por Turno	111123	21000	56600	110000	112500	87800	124100	74500	102500	87000	124500	100000	1111623
Metros de cable producido	1111230	210000	566000	1100000	1125000	878000	1241000	745000	1025000	870000	1245000	1000000	11116230
Variabilidad Especial Detectada	25	28	27	27	25	29	25	25	26	25	28	30	320
Scrap por variación	11000	19000	25600	89700	89320	55600	290000	96587	198500	42300	290000	18800	1226407
Costo de Scrap	$ 7,700.00	$ 13,300.00	$ 17,920.00	$ 62,790.00	$ 62,524.00	$ 38,920.00	$ 203,000.00	$ 67,610.90	$ 138,950.00	$ 29,610.00	$ 203,000.00	$ 13,160.00	$ 858,484.90
Metros Defectuosos	1%	9%	5%	8%	8%	6%	23%	13%	19%	5%	23%	2%	
Metros sin Defecto	99%	91%	95%	92%	92%	94%	77%	87%	81%	95%	77%	98%	

Soto Leyva Yasmin, S. Osorio Arturo (2019), Tabla 1:“Control de scrap anual”, Depto. Producción LC.

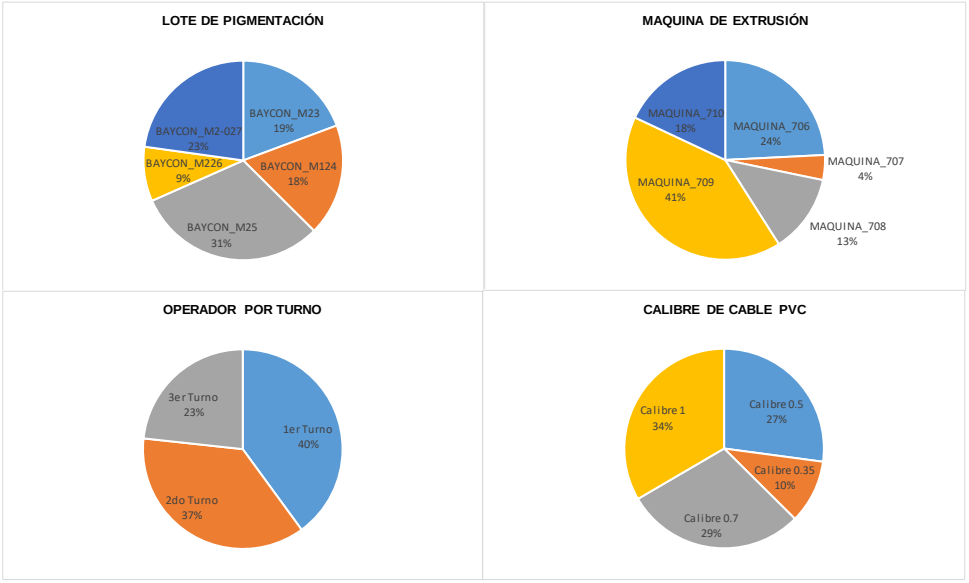
El total de variabilidades registradas es de 320 en el periodo monitoreado es decir casi una variación de color por día, la proporción de producción de scrap con picos más altos es del 23% de metros de cable con defecto de variación de color y un correlacional de rendimiento del 77% del total de la producción (Ver tabla 1: “Control de scrap anual”), el análisis descrito nos permite determinar el nivel sigma actual =**1.47** que se muestra en el Grafico 3: (“Process Capability Report For, Level Six Sigma 2018”) indicando que el proceso tiene un desempeño malo o no aceptable de acuerdo a los parámetros exigidos por Six Sigma.

 ISSN 2007-8102



Soto Leyva Yasmin, S. Osorio Arturo (2019), Grafico 3: (“Process Capability Report For, Level Six Sigma 2018”) Depto. Control de Calidad LC.

Para una medición precisa se analizaron aquellos puntos máximos con mayor cantidad de defectos siendo los meses 7, 11 los que aportaron el estadístico para determinar las fuentes de origen, lote de pigmentación, maquina en la cual se realizó el proceso de extrusión, operador, calibre de PVC.(Ver Gráfico 4; “Medición de variables Puntos Máximos”).



Soto Leyva Yasmin, S. Osorio Arturo (2019), Grafico 4:“Medición de variables Puntos Máximos”, Depto. Control de Calidad LC.

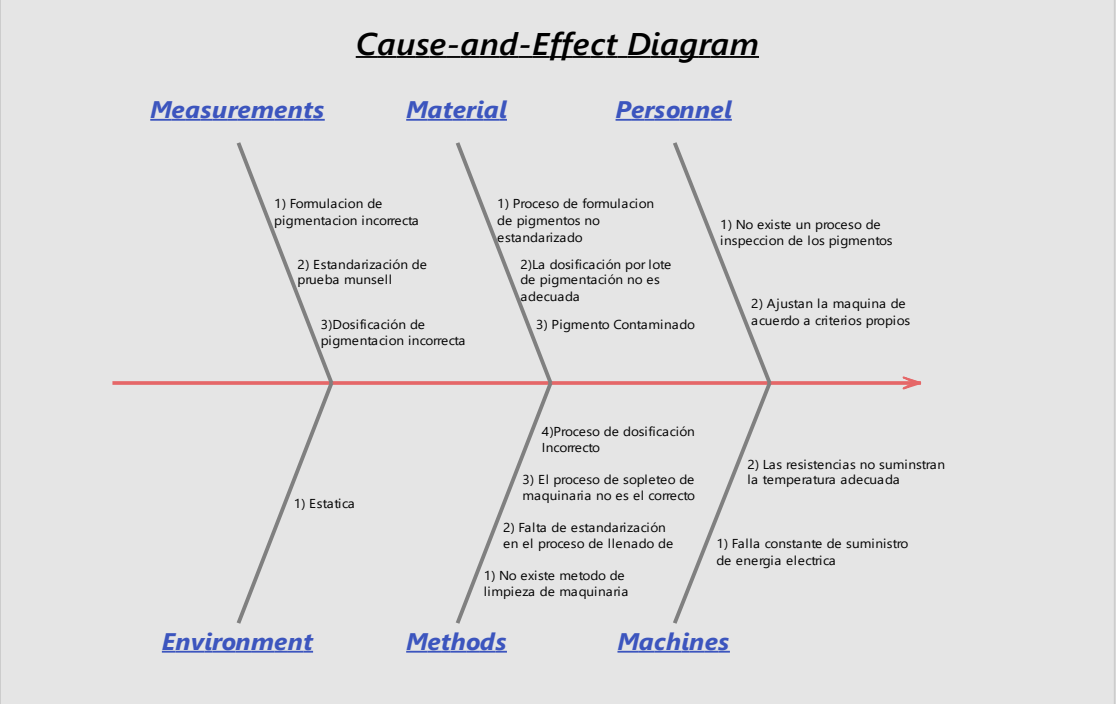
Para finalizar la etapa de medición se recabaron los datos que contabilizan la cantidad de contenedores que fueron detectados con revolturas, mostrando que las líneas de pallets con mayor incidencia son: Linea_201=33% de incidencia, Linea_208=25% de incidencia, Linea_108=25% de incidencia, Linea_708=17% de incidencia. La medición inicial presentada visualiza un proceso de mejora en la variabilidad de color permitiendo observar lo siguiente: Las revolturas se presentan con mayor incidencia en la Linea_201, el calibre 1 de cable PVC es el que aporta mayor cantidad de metros defectuosos, así como el operador de primer turno presenta un 40% de material defectuoso, la máquina_709 aporta un 41% del total de metros que se extruyen en ella, y el lote de pigmentación que presenta mayor variabilidad es el lote Baycon_M25, se evaluará mejor esta información en el

 ISSN 2007-8102

paso de análisis de la metodología DMAIC, que es una herramienta propia de Six Sigma enfocada en la mejora de procesos .

Análisis

Se analizó de forma más profunda los resultados obtenidos en la etapa de medición haciendo uso del diagrama de Causa-Efecto (



Soto Leyva Yasmin, S. Osorio Arturo (2019), Figura 1:(" Cause-and-Effect Diagram ") Depto. Control de Calidad LC.

Mejorar:

En esta etapa se utilizó un mapeo de variables críticas, herramienta de control integral del proceso (CIP) mediante la cual se realizó un empate de variables principales y secundarias resultado de esta técnica se implementaron las siguientes estrategias:

1. Formulación de receta estándar para la dosificación del pigmento.
2. Procedimientos de trabajo para la limpieza de maquinaria.
3. Pruebas RyR cruzadas en la inspección de materia prima y laboratorios de control de calidad.
4. Sistema de validación de inspecciones para los lotes de pigmentación.
5. Políticas de adquisición para los lotes de materia prima.

Controlar:

En la fase de control las acciones inmediatas que se tomaron son:

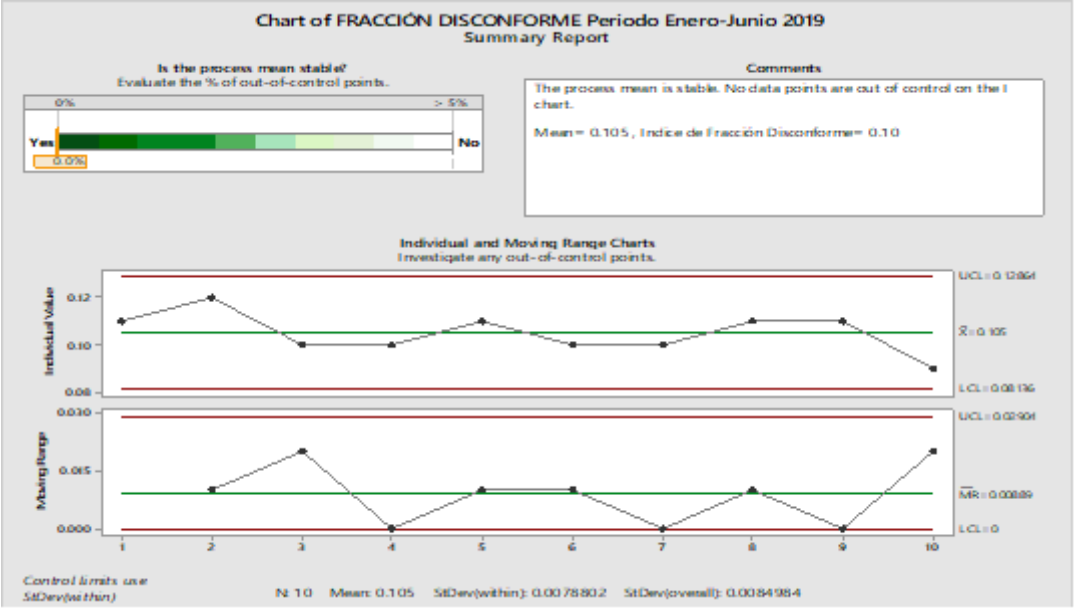
1. Divulgación/capacitación a personal (laboratoristas) de las recetas estándares establecidas.
2. Plan de auditorías a las metodologías de trabajo implementadas (Frecuencia de aplicación mensual).
3. Plan de muestreo considerando un nivel de inspección rigurosa.
4. Revisión/actualización/evaluación de proveedores.
5. Check-List.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

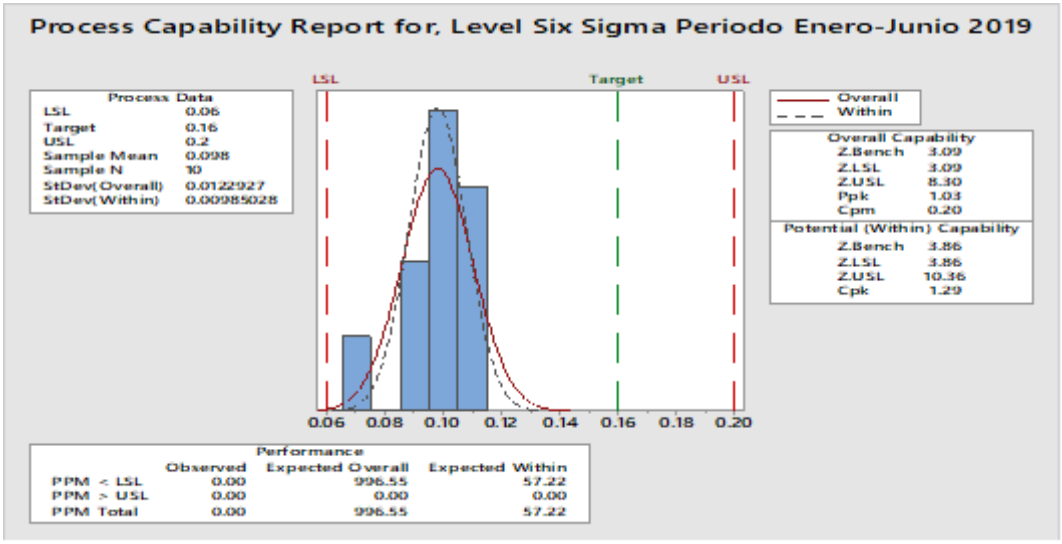
Con la implementación Six Sigma (DMAIC), se obtuvieron resultados medibles en los siguientes módulos:

1. Disminuir el índice de fracción disconforme: Al inicio del proceso la empresa presentaba un índice de fracción disconforme de 0.159 valor resultante del análisis estadístico del periodo 2018, este excedía en un 59% el parámetro establecido el cual es de 0.10 ocasionando un 11% de scrap anual proveniente de la variabilidad del color de cable PVC, que se produce en el proceso de extrusión del acero, al finalizar la aplicación se realizó nuevamente el análisis estadístico obteniendo un índice de 0.105 (Ver Gráfico 5: "Chart of fracción disconforme Periodo Enero-Junio 2019"), excediendo el índice exigido en un 5%, disminuyendo en un 54% la proporción de defectos por variabilidad de color.



Soto Leyva Yasmin, S. Osorio Arturo (2019), Grafico 5:"Chart of fracción disconforme Periodo Enero-Junio 2019", Depto. Control de Calidad LC.

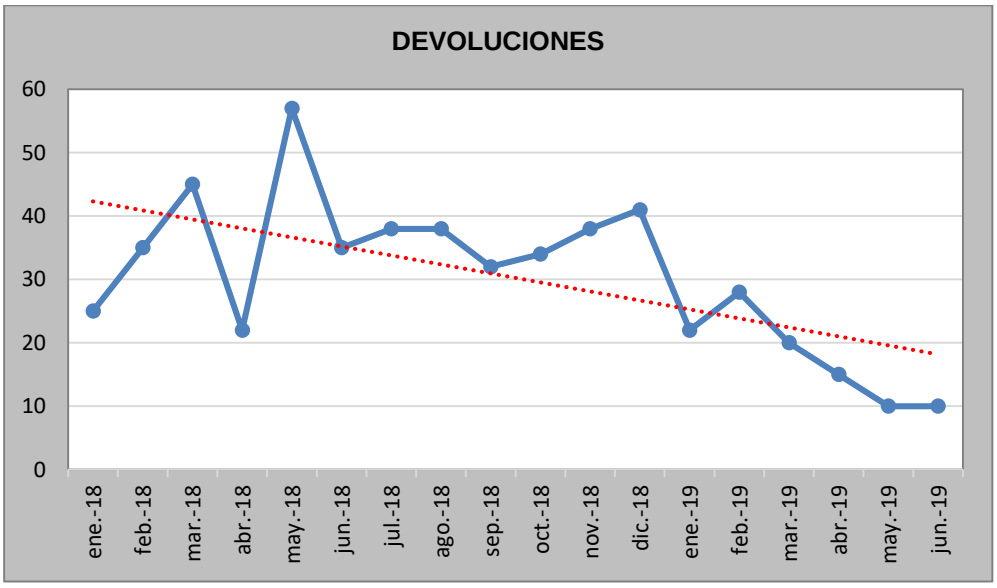
2. Mejoramiento del nivel sigma del proceso: El nivel sigma inicial era de **1.47**, indicando que el rendimiento en el proceso era MALO, al disminuir la fracción disconforme resultado de la implementación de técnicas y estrategias antes mencionadas el nivel tuvo un notable mejoramiento alcanzando aumentar 1.62 sigma, finalizando con un nivel sigma de **3.09** pasando hacer un rendimiento BUENO (Ver Gráfico 6: "Process Capability Report For, Level Six Sigma Periodo Enero-Junio 2019").



Soto Leyva Yasmin, S. Osorio Arturo (2019), Gráfico 6: "Process Capability Report For, Level Six Sigma Periodo Enero-Junio 2019"), Depto. Control de Calidad LC.

 ISSN 2007-8102

3. Disminuir devoluciones por parte de los clientes: El análisis de devoluciones se realiza mensualmente en la empresa, anteriormente se mantenía incertidumbre en la tendencia para esta variable, en el grafico 7 (Ver gráfico 7: "Análisis de tendencia devoluciones"), se muestra la medición del periodo 2018 y periodo 2019 evidenciando el beneficio que se obtuvo con la implementación de Six Sigma (DMAIC), notando que ene-2018 a dic-2018 se visualiza un crecimiento anormal , mientras que a partir del periodo de implementación 2019 en los meses que van de ene-2019 a jun-2019 se generó una tendencia de disminución que beneficiara directamente a la organización.



Soto Leyva Yasmin, S. Osorio Arturo (2019), Gráfico 7: "Análisis de tendencia devoluciones"), Depto. Control de Calidad LC.

4. Impacto monetario: La empresa disminuyo cuantiosamente el promedio de pérdida económica por scrap, de una pérdida de $858,484.90 en 2018 ahora presenta un déficit monetario de $42,924.245 para el primer semestre de Evaluación (enero-junio 2019).

Trabajo a futuro

Como se pudo observar el índice establecido por la empresa de fracción disconforme ideal es 0.10, se obtuvo un resultado de 0.105 siendo este mayor al requerido, de tal manera que se debe seguir monitoreando la metodología establecida para lograr reducir el FD a la menor expresión cuantitativa solicitada.

El nivel sigma alcanzado 3.06 nos ubica como un proceso con rendimiento bueno, pero para empresas de este giro el nivel óptimo exigido se encuentra en un nivel sigma de 4, por lo que se debe establecer un sistema de mejora que rastree y de un seguimiento continuo a todas las acciones implementadas, con la finalidad de que en un futuro se puedan descartar aquellas que no agreguen un valor real significativo al proceso y se desarrollen nuevas estrategias de calidad conforme a los requerimientos.

De igual manera se recomienda la elaboración de un SAC (Sistema de aseguramiento de la calidad), para la toma de acciones de contención en la mejora del proceso.

Conclusiones

La implementación del método Six Sigma permitió aplicar técnicas y estrategias estadísticas para la reducción de costos por desperdicio de materiales (Scrap), la fase inicial contempló la disposición de cambio que posean los directivos de la organización, posteriormente se utilizó un sistema de información fiable mediante el cual se obtuvo el nivel sigma actual sin ningún tipo de sesgamiento, se definieron los requisitos o necesidades de los clientes e inmediatamente se aplicó la metodología de DMAIC considerando las variables críticas que se presentaron en el análisis estadístico , una vez implementada se comprobó si las mejoras producidas en el proceso son efectivas en la organización, evaluando nuevamente el nivel sigma y el índice de fracción disconforme.

La aplicación mejoró notablemente el nivel de desempeño del proceso de extrusión de acero para la obtención de cable, disminuyendo los defectos que ocasiona la variabilidad de color (menor índice de fracción disconforme) de un índice FD inicial de 0.159 se disminuyó a 0.105 siendo un 54% la proporción de diminución obtenida, aumentando el nivel sigma de 1.47 a 3.09 sigma, disminuyendo las devoluciones mensuales por parte de los clientes.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnologico Superior de Huauchinango y a la división de Ingenieria Industrial las facilitaciones prestadas para la elaboración del artículo presentado.

Referencias

1. Duncan Acheson, J. (1996). Control de Calidad Y Estadística Industrial. Editorial Alfaomega. México.
2. Duncan Acheson J. (1989). Control de calidad y Estadística Industrial. Editorial Alfa Omega S.A., México.
3. Fuchs C. & Benjamini Y. (1994). Multivariate Profile Charts for Statiscal Process Control. Technometrics, 36 pp. 182 - 195.
4. Jackson, J.E & Bradley, R.A., (1966). Sequential Multivariate Procedures with Quality Control Applications, Multivariate Analysis I, P.R. Krishnaiah, Editor, New York: Academic Press, 507-519
5. Montgomery, D. C. (1991). Control estadístico de la calidad. Iberoamérica, México.
6. Pande, P. S., Neuman, R. P., Cavanagh, R. R. The Six Sigma W ay Team Field book An Implementation Guide for Process Improvement Teams. McGraw-Hill.
7. Peña Sánchez de Rivera, D. (1988). Estadística Modelos Y Métodos. Editorial Alianza Editorial textos, México.
8. Yang, C. C. (2004). Multivatiate statiscal methods and Six Sigma. Volumen uno. Número uno.

Mejora de la calidad en el servicio de restaurante de comida tradicional mexicana

B. B. Villegas Malagón[1], L. A. Quiroz Granados[2], J. J. Maldonado García[1], Y. E. Reyes Martínez[1], J.C. Pérez Mora[1]*
[1]División de Ingeniería industrial, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo, Av. Ing. Carlos Rojas Gutiérrez 2120, Fracc. Valle de la herradura, C.P. 61100, Cd. Hidalgo Mich., México
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Av. Tecnológico 186, Manzanillos C.P. 61534, Zitácuaro, Michoacán, México
Área de participación: Ingeniería industrial

Resumen

Se aborda los factores que más influyen en la calidad de servicio al cliente en un restaurante de comida tradicional mexicana ubicado en Ciudad Hidalgo, Michoacán. Se pretende que, mediante la mejora del servicio al cliente, la empresa logre diferenciarse de su competencia y desarrolle ventaja competitiva sostenible. En el presente estudio, se presentan los factores que influyen en la calidad del servicio al cliente, para de esta forma atender estos factores y así disminuir los niveles de insatisfacción de los clientes. Además, se busca optimizar tiempos, reducir costos, así como también hacer más con menos, por lo que esta investigación se sirve de algunas herramientas de la ingeniería industrial para mejorar la calidad del servicio y en el diseño de estrategias de mejora de calidad que permitan generar valor para el restaurante.

***Palabras clave**: Mejora de la calidad, Servicio al cliente, Servqual,*

Abstract

The factors that most influence the quality of customer service in a traditional Mexican food restaurant located in Ciudad Hidalgo, Michoacán are addressed. It is intended that, by improving customer service, the company can differentiate itself from its competition and develop sustainable competitive advantage. In the present study, the factors that influence the quality of customer service are presented, in order to address these factors and thus reduce the levels of customer dissatisfaction. In addition, it seeks to optimize times, reduce costs, as well as do more with less, so this research uses some industrial engineering tools to improve service quality and in the design of quality improvement strategies that allow generate value for the restaurant.

***Key words**: Quality improvement, Customer service, Servqual.*

Introducción

Desde tiempos remotos, el ser humano siempre ha buscado satisfacer sus necesidades mediante lo que produce. La competencia ha incrementado al grado que la calidad del producto ya no es suficiente. Es por ello que surge un nuevo enfoque en la venta del producto, que en la actualidad recibe el nombre de servicio al cliente. Hoy día, existen poderosas herramientas que nos permiten llegar de una manera más eficiente hacia nuestros clientes, de modo que se logre su fidelización (Chirinos, C., 2015).

Tanto el servicio como la calidad tienen sus orígenes desde la aparición del hombre sobre la tierra, con las necesidades básicas de alimentación, abrigo, seguridad, educación y vivienda y las primeras formas elementales de satisfacerlas que evolucionaron a lo largo del tiempo llegando a tener una gran importancia socioeconómica. La calidad en el servicio al cliente no es un tema reciente dentro de las empresas, ya que desde siempre los clientes han exigido el mejor trato y la mejor atención al adquirir un producto o servicio, seguido de la confiabilidad,

calidad, tiempos razonables, precios, y constante innovación por parte de las mismas, por lo cual cada una de las organizaciones se han visto a la tarea de buscar diversas alternativas para enriquecer dichas exigencias. Cada empresa debe darse a la tarea de conocer temas estratégicos sobre la calidad del servicio al cliente, para poder desempeñarla correctamente dentro de la misma y ampliar su cartera de clientes, gracias a la creación de una imagen óptima y seguido del aumento de recomendaciones, desarrollando un ambiente más confortable tanto para sus empleados, clientes actuales y futuros clientes (Peppard, J. y Rowland, P.,1995).

Durante los años sesenta, las empresas comenzaron a desarrollar un servicio de venta, es decir fue la época de los vendedores y las escuelas de venta. En los años setenta las empresas comienzan a tener conciencia de la importancia de los servicios postventa por lo que se comienza a trabajar los siete días de la semana. En los años ochenta surgen los servicios de excelencia, algunas empresas incorporaron consultores en busca de la calidad perdida.

Según Dominguez (2006), los atributos que más valoran los clientes de un restaurante son: el precio, el tiempo de atención, la localización, el ambiente y la calidad de la comida. En el mercado de los restaurantes, al igual que en otros mercados, la alternativa de modificar los precios para ajustar la oferta a la demanda, como una forma de racionar la demanda, tiende a ser más costosa que hacerlo mediante colas de espera. En los restaurantes, el tiempo de espera se encarga de ajustar el exceso de demanda hasta equilibrarlo con la oferta del servicio, racionando a los consumidores en vez de aumentar los precios.

Metodología

La presente investigación es de naturaleza cuantitativa porque se hace uso de diagramas estadísticos obtenidos de las encuestas aplicadas. Es de tipo descriptivo, explicativo y correlacional ya que se presentará el estado actual del sistema de atención al cliente y como el tipo de atención influye en la calidad del servicio.

Herramientas

El modelo Servqual es una técnica de investigación comercial, que permite realizar la medición de la calidad del servicio, conocer las expectativas de los clientes, y cómo ellos aprecian el servicio (Matsumoto, 2014). Dicho modelo considera la evaluación de cinco dimensiones: Elementos tangibles, fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad y empatía.

Se pretende mediante el uso de la herramienta Servqual, que contiene 22 reactivos, y la aplicación de una encuesta de identificación del cliente, determinar los factores que influyen en la calidad del servicio y después llevar a cabo la implementación de herramientas de ingeniería industrial como lo son 5'S, eventos Kaizen así como el uso de la herramienta Check list para en un futuro, volver a aplicar las encuestas de satisfacción para ver si mejoró la calidad del servicio mediante los resultados de satisfacción del cliente.

Población y cálculo de la muestra

Con base en datos proporcionados por la empresa, sobre el promedio de clientes que asisten diariamente, se tiene la cantidad de 25 personas, por ende, para fines prácticos de estudio se realizó una multiplicación obteniendo la cantidad de 175 clientes atendidos semanalmente.
Se implementó la fórmula para conocer el número de la muestra, a continuación, se presenta su desarrollo:
Formula:

$$n = \frac{S^2}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$$

Donde:
n = Tamaño recomendado de la muestra
Z = Margen de confiabilidad
Para nivel de 95% de confianza: Z = 1.96
Para nivel de 99% de confianza: Z = 2.58
S = Desviación estándar de la población

 ISSN 2007-8102

N = Tamaño de la muestra
E = Error o diferencia permitida entre la media de la población. (5% Máximo)

Utilizando el tamaño de la población de clientes semanales que visitan el restaurante, y aplicando la fórmula con un nivel de confianza del 95%:

$$n = \frac{0.5^2}{\frac{0.05^2}{1.96^2} + \frac{0.5^2}{175}} = 121$$

Se obtuvo como resultado a analizar una cantidad de 121 clientes para las encuestas de satisfacción.

Resultados y discusión

Descripción del servicio

Con la finalidad de poder proponer estrategias de mejora al servicio proporcionado por el restaurante, se inició la descripción del servicio de manera gráfica mediante el siguiente flujograma.

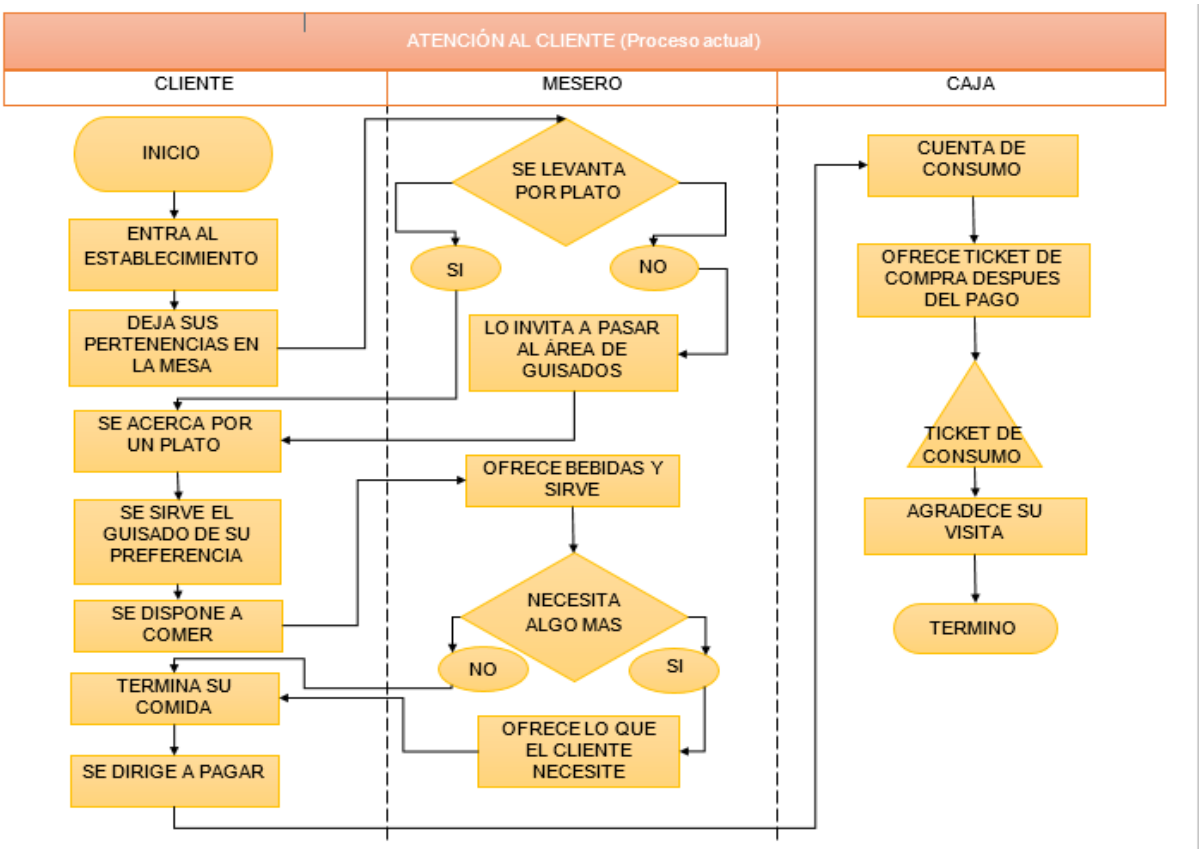


Imagen 1. Flujograma de actividades del restaurante de comida tradicional mexicana.

 ISSN 2007-8102

Análisis de los resultados obtenidos

Se procedió al análisis de las dimensiones del modelo Servqual, para el cual se realizó un graficó por cada una de ellas, con el fin de valorar las preguntas mejor y peor calificadas por los clientes e identificar oportunidad de mejora.

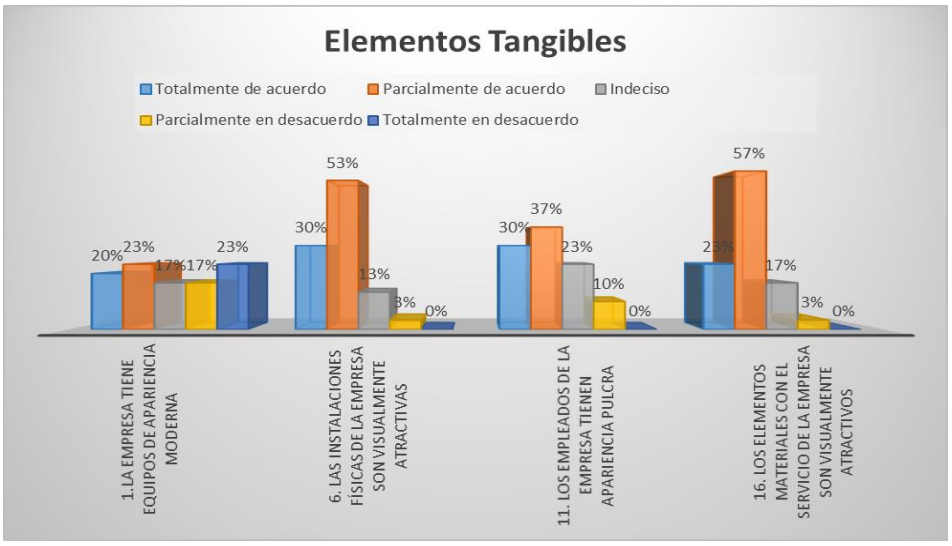


Gráfico 1. Se muestran los resultados referentes a los reactivos 1, 6,11 y 16 respecto a los elementos tangibles de la empresa.

Esta dimensión contempla los enunciados:

1. La empresa tiene equipos de apariencia moderna.
2. Las instalaciones físicas de la empresa son visualmente atractivas.
3. Los empleados de la empresa tienen apariencia pulcra.
4. Los elementos materiales con el servicio de la empresa son visualmente atractivos.

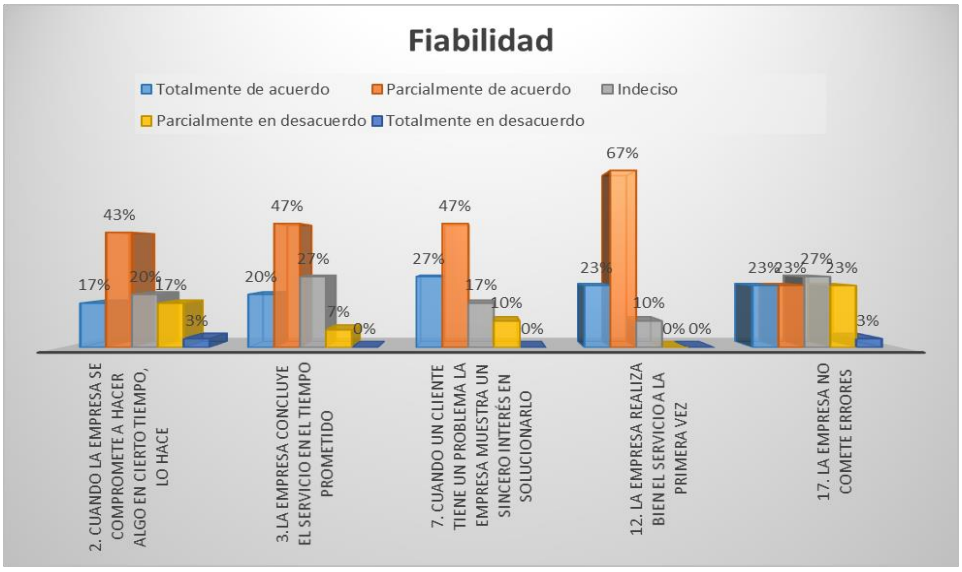


Gráfico 2. Se muestran los resultados referentes a los reactivos 2, 3, 7, 12, y 17 respecto a la fiabilidad de la empresa.

 ISSN 2007-8102

Esta dimensión se compone de los enunciados:

1. Cuando la empresa se compromete a hacer algo en cierto tiempo, lo hace.
2. La empresa concluye el servicio en el tiempo prometido.
3. Cuando un cliente tiene un problema la empresa muestra un sincero interés en solucionarlo.
4. La empresa realiza bien el servicio a la primera vez.
5. La empresa no comete errores.

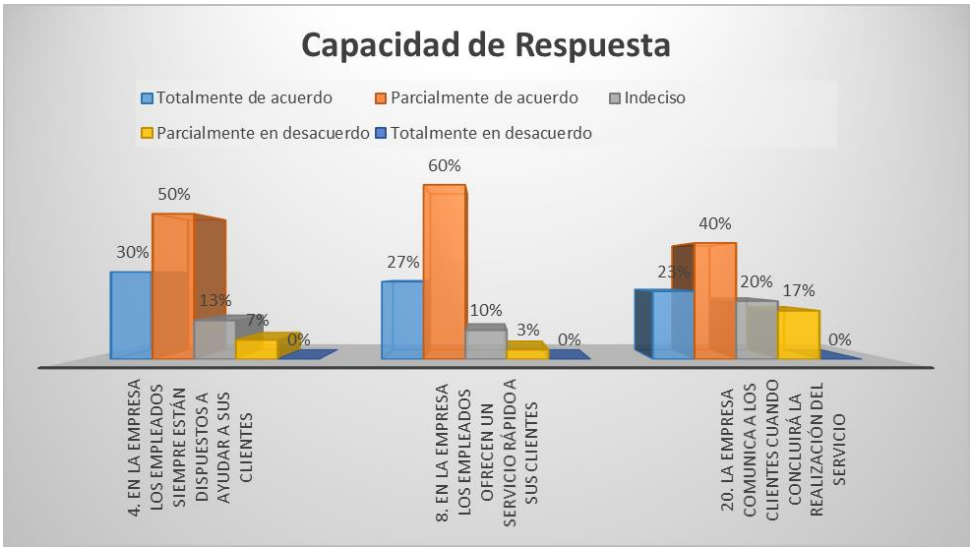


Grafico 3. Se muestran los resultados referentes a los reactivos 4, 8, y 20 respecto a la capacidad de respuesta de la empresa.

Esta dimensión está conformada por los enunciados:

1. En la empresa los empleados siempre están dispuestos a ayudar a sus clientes.
2. En la empresa los empleados ofrecen un servicio rápido a sus clientes.
3. La empresa comunica a los clientes cuando concluirá la realización del servicio.

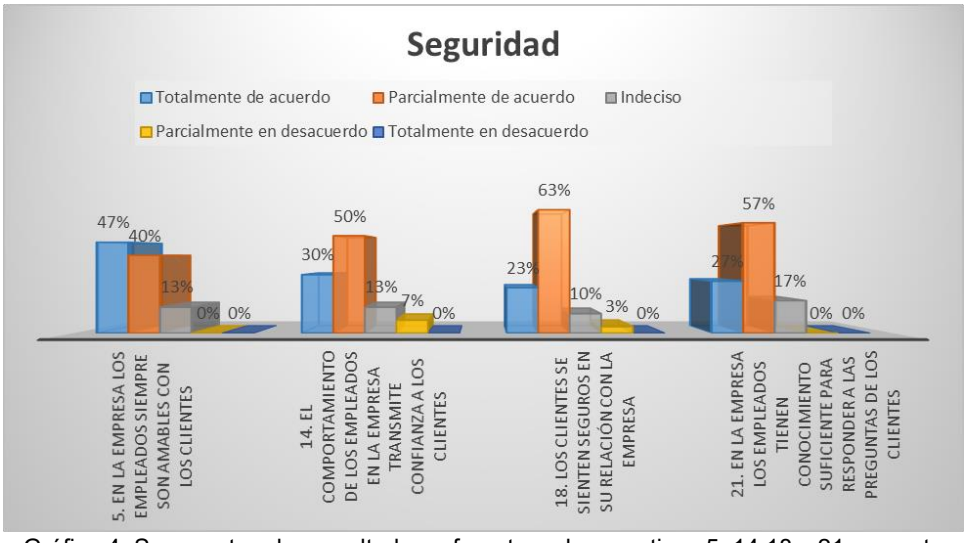


Gráfico 4. Se muestran los resultados referentes a los reactivos 5, 14,18 y 21 respecto a la seguridad de la empresa.

 ISSN 2007-8102

Esta dimensión se conforma por 4 enunciados:

1. En la empresa los empleados siempre son amables con los clientes.
2. El comportamiento de los empleados en la empresa transmite confianza a los clientes.
3. Los clientes se sienten seguros en su relación con la empresa.
4. En la empresa los empleados tienen conocimiento suficiente para responder a las preguntas de los clientes.

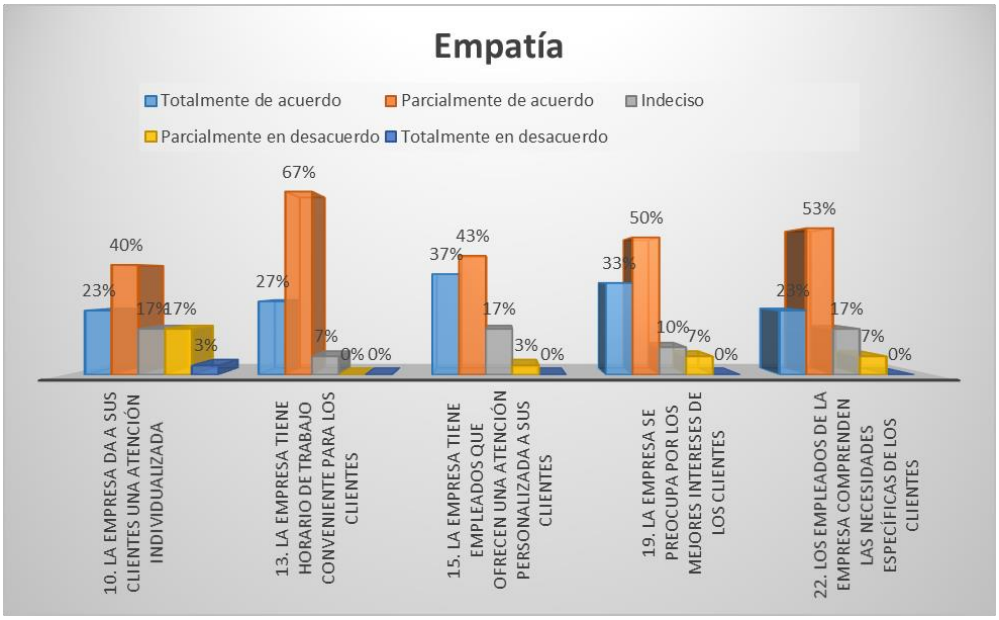


Gráfico 5. Se muestran los resultados referentes a los reactivos 10, 13, 15, 19 y 22 respecto a la empatía de los trabajadores.

Son 5 los enunciados que componen esta dimensión:

1. La empresa da a sus clientes una atención individualizada.
2. La empresa tiene horario de trabajo conveniente para los clientes.
3. La empresa tiene empleados que ofrecen una atención personalizada a sus clientes.
4. La empresa se preocupa por los mejores intereses de los clientes.
5. Los empleados de la empresa comprenden las necesidades específicas de los clientes.

El grado de satisfacción de los clientes con respecto a la primera dimensión del Servqual referente a los elementos tangibles de la empresa es aceptable ya que ya que más del 60% de los clientes se encuentra satisfecho. En el aspecto de la fiabilidad los resultados son favorables ya que las encuestas arrojan que alrededor del 70% de los clientes está conforme. Referente a la capacidad de respuesta el resultado arrojado por las encuestas fue que más del 75% de los clientes está de acuerdo. En la siguiente dimensión el 80% de los clientes están satisfechos con seguridad que existe entre empleado y comensal. Referente a la empatía alrededor 80% de los clientes están conformes con este factor. Tomando en cuenta lo anterior se puede decir que en general el grado de satisfacción de los clientes referente al servicio, es considerado como aceptable.

Trabajo a futuro

Con la aplicación de herramientas como 5's, círculos de calidad, check list y el diseño de un flujograma de proceso adecuado, se mejorará el tiempo de atención de respuesta por parte de los empleados y la atención personalizada hacia los clientes, mejorando el grado de satisfacción.

Además de lo anterior, una vez implementados los cambios de mejora en el proceso de servicio y atención al cliente, se hace necesario una segunda medición del grado de satisfacción del cliente para verificar el incremento en la satisfacción y diseñar estrategias adecuadas incrementar el número de clientes y su fidelización.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos para las cinco dimensiones del modelo Servqual se determinó que la primera dimensión de este modelo referente a los factores de elementos tangibles influye en poca medida para la calidad de servicio, ya que no es un factor determinante en la atención directa entre comensal y empleado. Los resultados de la segunda dimensión referente a la fiabilidad arrojan que la mayor parte de las veces se realiza bien el servicio a la primera, siendo influyente el factor de cumplimiento del pedido en cierto tiempo dentro de la dimensión de fiabilidad.

En la tercera dimensión del modelo sobre la capacidad de respuesta del servicio, nos podemos dar cuenta que un factor importante es la disponibilidad de los empleados para atender a los clientes y el tiempo de respuesta de atención, en este caso el resultado de la encuesta resultó positiva pero no totalmente favorable, por lo que se debe ver por medio de cuáles herramientas se pueden aplicar para mejorar este factor y por ende la calidad del servicio. La siguiente dimensión es sobre la seguridad de los clientes con respecto a la relación empleado-comensal, aquí un factor importante e influyente es que los empleados sean amables con los clientes ya que, gracias a esto, en la parte de la encuesta donde se plantea si los clientes se sentían seguros a cerca de la relación con la empresa, hubo un resultado favorable. Por esto se considera que se debe de mantener e incluso mejorar la amabilidad con la que se trata al cliente. La última dimensión es la de empatía donde los factores más importantes son los de la atención personalizada e individualizada de los empleados hacia los clientes, estos aspectos salieron con resultados negativos por lo que se deben mejorar para incrementar la calidad del servicio en cuanto la empatía.

Finalmente, la mejora de la calidad en los servicios, es una labor metódica y constante. Para que se logre retener y atraer nuevos clientes no basta con brindar una atención adecuada, lo que se conoce como atención al cliente, sino que la mejora en los procesos mediante el rediseño o ajuste de los mismos, se convierte en elemento fundamental para elevar el grado de satisfacción de los consumidores y el logro de los objetivos de cualquier organización.

Referencias

1. Arangua, M. (2017). LAS “5S” Mejorando la calidad de vida en la organización. Recuperado el 27 de septiembre de 2017 de: http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=31&edi=2
2. Chirinos, C. (2015). Componentes de un modelo orientado a la satisfacción del cliente. [online]. Recuperado el 27 de septiembre de 2017. de: https://www.gestiopolis.com/componentes-modelo-orientado-la-satisfaccion-del-cliente/#autores.
3. Dominguez C., Humberto. (2006.) EL Servicio Invisible. Fundamento de un buen servicio al cliente. Universidad Sergio Arboleda.
4. Galindo, C.R, y Villaseñor, A. (2009) Manual de Lean Manufacturing; Guía básica. México: Limusa.
5. Gómez M, Acevedo J. (2007) La Logística Moderna en la Empresa Cuba La Habana.
6. Madison, (2016). La importancia de medir y controlar la satisfacción del cliente. Consultado 15 de abril (2017). Recuperado de: http://www.madisonmk.com/es/blog/la-importancia-de-medir-y-controlar-la-satisfaccion-del-cliente.
7. Matsumoto, N, R. (2014) Desarrollo del Modelo Servqual para la medición de la calidad del servicio en la empresa. Recuperado el 23 de Agosto de 2017 de: http://www.redalyc.org/pdf/4259/425941264005.pdf
8. Mira, J.J., Gómez, J. M. (S/A). Criterio, Indicador y Estándar. Universidad Miguel Hernández de Elche.
9. OHSAS 18001 (2007). Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. España, AENOR ediciones.
10. Peppard, J. y Rowland, P. (1995) The essence of business process re-engineering. Hemel Hempstead: Prentice Hall.
11. Sejzer, R. (2016). Calidad Total Como Filosofía de Mejora Continua. Consultado el 15 de Abril de 2017, de: http://ctcalidad.blockspot.mx/2016/06/el-metodo-de-las-5s-Ekaizen-Check-list-una-sencilla-y.html?m=1.

Formación de panel sensorial para el control de calidad en industria de lácteos

C.A. Hernández Juárez[1], H.J. Juan Santiago[2], L.A. García García[3], U. Cortés Silva[4], G. García Solis[5]
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, [2]Departamento de posgrado, Maestría en Ingeniería Industrial, [3]Departamento ciencias básicas, [4]Departamento de Ingeniería en sistemas computacionales, [5]Departamento de contabilidad. Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica, Luis Donaldo Colosio Murrieta, s/n, CP 93230, Poza Rica, Veracruz, México
cristobal.hernandez@itspozarica.edu.mx
Área de participación: Ingeniería industrial

Resumen

Con la finalidad de reforzar y estandarizar el control de calidad de quesos mexicanos como producto terminado, se reclutó a un grupo de candidatos para la realización de análisis sensoriales. El objetivo principal de reclutar a estos individuos, fue el de formar un panel sensorial con personas que tienen la capacidad de utilizar las sensaciones como reglas de medición. Para la selección de integrantes, se realizaron pruebas de ordenamiento y de análisis secuencial para determinar qué participantes eran idóneos. Como resultado se logró la formalización de un panel sensorial en el departamento de control de calidad. Por último, se realizó el análisis y calificación a 3 marcas diferentes de queso Oaxaca y Panela, para determinar sus atributos de calidad. También fue posible analizar cambios en los atributos de calidad del Queso Oaxaca durante el almacenamiento previo a su distribución.

Palabras clave*: sensorial, análisis, calidad, estandarización*

Abstract

With the aim to reinforce and standardize the quality control of some Mexican cheeses of commercial value in a company, a group of co-workers was recruited to be trained on sensorial analysis. The main objective was to detect those persons with the ability to use their senses as a ruler in order to measure - and eventually - control their quality attributes
First, each candidate was subjected to an ordering test and second to a sequential test to screen out those suitable for such endeavor. As a result, a sensorial panel was formed with the aim to carry on quality control to each batch of Panela and Oaxaca cheeses manufactured from then on. Finally, 3 different trademarks of Panela and Oaxaca cheeses were analyzed and their attributes qualified qualitatively by this sensorial panel. It was also possible to detect some changes to quality attributes of Oaxaca cheese during refrigerated storage.

Key words*: sensorial, test, quality, standardization.*

Introducción

La evaluación sensorial es una disciplina científica que trabaja con la percepción del sentido de los jueces como instrumento de medición, es empleada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones ante características de los alimentos o sustancias para definir cómo son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Montero, 2005).

La aceptación de los alimentos por los consumidores, puede relacionarse con atributos de tipo organoléptico, factores nutricionales e higiénicos (Echeverria et al., 2008). La evaluación sensorial, puede permitir la comparación entre alimentos competidores del mercado, la detección de las preferencias del consumidor o establecer criterios de calidad, control del proceso de fabricación, el desarrollo del producto, su vida útil, etc.
El objetivo principal es identificar qué características del queso le confieren cierto grado de atractivo en el mercado para asegurar su control como atributos de calidad en el producto final.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Inicialmente, la empresa invirtió en la construcción de instalaciones para realizar el análisis sensorial (Figura 1). Cada cubículo puede cerrarse y es espacialmente independiente, cuenta con una mesa amplia, una silla de acero inoxidable, una tarja, recambio constante de aire limpio presión positiva, control de temperatura (22 +/- 2°C) y humedad (65 +/-10% H.R.), con iluminación natural difusa principalmente pero suplementada con luz artificial, las paredes son de un color blanco mate con acabado higiénico y epóxico.

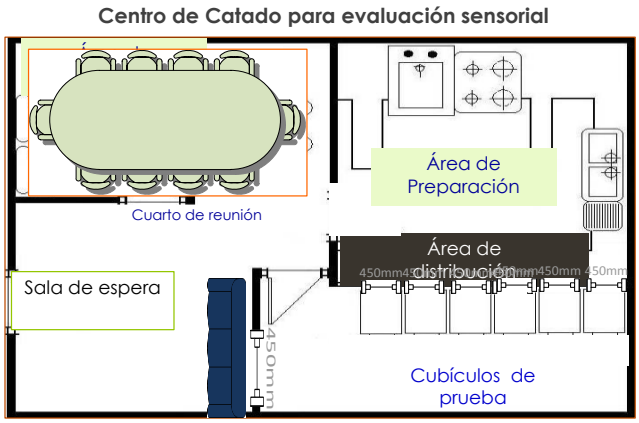


Figura 1. Distribución del Centro de Catado para realizar el análisis sensorial

Las pruebas sensoriales se realizaron en un horario entre las 9 y 11:30 a.m. en las instalaciones del centro de catado

1. Primera etapa: Capacitación

1.a. Reclutamiento de panel de jueces

Se reclutaron a 24 de 90 (26.6%) integrantes de una empresa de lácteos productora de quesos, estos candidatos no tenían antecedentes declarados de enfermedades crónico degenerativas, no fuman, no consumen café ni picantes o bebidas alcohólicas.

1.b. Entrenamiento de panel de jueces

Se elaboró un Manual de Evaluación sensorial de quesos para la capacitación interna de la empresa, acerca de cómo realizar la detección, el reconocimiento visual, la descripción del olor y aroma, sabor, textura, de cada queso analizado hasta lograr homogenizar los criterios de calificación,

1.c. Reconocimiento visual:

Se analizaron 3 quesos Oaxaca de las marcas (Los Volcanes, Pilarica y Cataviña) y 3 marcas de queso Panela (Chilchota, Sello de Oro y Cataviña), que son consideradas como competencia directa. Se les pidió a los candidatos que calificaran haciendo uso de una escala específica, mostrada parcialmente, por confidencialidad de la empresa (Figura 2).

Tono Blanco									Beige
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luminosidad									
Opaco									Brilloso
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Forma									
Mala									Buena
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Textura									
Rugosa									Lisa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Figura 2. Escala de calificación para los aspectos visuales de quesos estudiados. (fragmento del manual)

1.d. Reconocimiento de olor y aroma:

El sistema olfativo percibe las señales químicas, las cuales son interpretadas por el cerebro y la memoria del individuo. Se presentaron 10 estímulos odoríficos (inhalados por la nariz) y 10 aromáticos (inhalados por la boca) (Tabla 1). Las muestras se prepararon en frascos coloreados de 10 a 30 mL de capacidad con tapón de rosca, e inodoros. Los candidatos inhalaron lo suficiente en el espacio de cabeza del interior de cada frasco para comprobar el olor y el aroma (AENOR, 2010).

1.e. Reconocimiento de sabor

Se presentaron 8 muestras codificadas con los 5 sabores básicos (dulce, ácido, salado, amargo y umami), y 3 sabores trigeminales (considerados como irritantes o agresivos a la cavidad bucal y que son detectados por el nervio trigémino) (Tabla 2) y pidiéndoles a los candidatos probar en orden indiferente las muestras para identificar el sabor (Vázquez, 2011).

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Sustancias olfativas y aromáticas para prueba de olor y aroma con sus respectivos códigos

Olor		Aroma	
Clave	Identificación	Clave	Identificación
380	E. Rosas	091	E. Menta
251	E. Menta	273	E. Clavo
174	E. Pimienta	637	E. Plátano
469	E. Limón	819	Cebolla
732	E. Manzana	455	Leche
845	Ajo	546	Yogurth
503	Mantequilla	900	Queso maduro
916	Miel	728	Café
627	Ácido acético	364	Queso fresco
078	Estiercol	182	E. Manzana

Tabla 2. Codificación de muestras con los distintos sabores.

Clave	Sabor	Compuesto	Concentración (%)
395	Dulce	Sacarosa	2.5
783	Ácido	Ácido láctico	0.4
421	Salado	Cloruro de sodio	0.02
674	Amargo	Cafeína	0.6
238	Umami	Glutamato mono sódico	0.6
152	Astringente	Ácido tánico	0.6
547	Refrescante	Esencia de menta	0.4
916	Picante	Capsaicina	06

1.f.Reconocimiento de textura

En ésta prueba se presentaron a los candidatos una serie de productos (Tabla 3), en un orden aleatorio pidiéndoles que describieran sus propiedades de textura (AENOR ,2010).

Tabla 3. Productos utilizados en cada uno de las diferentes texturas.

Rugosidad	Humedad superficial	Elasticidad	Friabilidad	Firmeza	Adherencia	Humedad en boca	Granulosidad
Piel manzana durazno bizcochado	Piel de nuez plátano naranja	Zanahoria Aceituna Salchicha	Clara de huevo Mantecada Pan bizcochado	Queso fundido Flan Salchicha Zanahoria Caramelo	Clara de huevo Yema de huevo Queso fundido	Yema de huevo Clara de huevo Kiwi	Flan Yema de huevo Pan bizcochado

Al final de cada prueba los participantes establecieron criterios de homogenización de calificación para cada atributo estudiado, lo cual permitió estandarizar una escala numérica específica (no mostrada por confidencialidad de la empresa)

Segunda Etapa:

2. Conformación del Panel Sensorial

2.a. Prueba de ordenamiento

Posteriormente se realizaron pruebas de ordenamiento y análisis secuencial en orden aleatorio con diferentes muestras. En esta prueba se presentó a los candidatos, en un orden aleatorio, 5 muestras que tuvieron el mismo sabor, pero intensidad (concentración) diferente (Tabla 4) y se les pidió que las clasificaran en orden de intensidad creciente (AENOR, 2010).

Tabla 4. Codificación y concentración de muestras utilizadas en la prueba de ordenamiento.

	Dulce (Sacarosa)		Ácido (Ácido láctico)		Salado (Cloruro de sodio)	
Concentración	Clave	Concentración (%)	Clave	Concentración (%)	Clave	Concentración (%)
1	904	2	182	0.025	732	0.25
2	554	3	643	0.03	273	0.30
3	362	4	033	0.04	198	0.35
4	376	5	821	0.05	910	0.40
5	091	6	287	0.06	465	0.45

2.b. Análisis Secuencial

Para realizar la selección de jueces se aplicó un método estadístico, el análisis secuencial, por medio de la aplicación de diez pruebas discriminativas triangulares (Tabla 5) con 2 sets cada una. Con esto se calificó la capacidad de los jueces para detectar diferencias entre muestras a bajas concentraciones (Figura 3).

 ISSN 2007-8102

Tabla 5. Preparación de sets

Sets	Prueba
1-2	Leche
3-4	Queso Oaxaca
5-6	Yogurth natural
7-8	Queso panela
9-10	Mantequilla
11-12	Queso manchego
13-14	Crema
15-16	Queso canasto
17-18	Bebida láctea

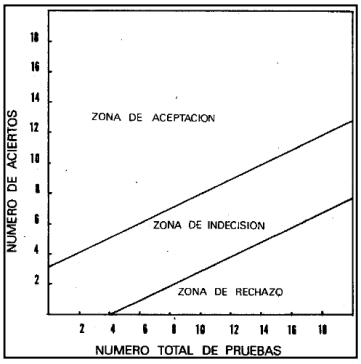


Figura 3. Método secuencial para la prueba triangular

De acuerdo al análisis secuencial se determinó que solamente 10 de 24 asistentes, eran aptos para formar parte del Panel Sensorial.

Tercera etapa:
3. Prueba de preferencia:
Una vez formado el panel sensorial, se prosiguió a que evaluara por triplicado y aleatoriamente, 3 marcas diferentes de queso Oaxaca y Panela que la empresa considera como competencia directa. Se consideró una escala hedónica de 7 puntos (Figura 4), donde se evaluaron los atributos de calidad con mayor interés en cada queso.

Para determinar los atributos con efecto significativo se usó el ANOVA de un factor (Marca), tomando el valor de Fisher como índice de poder discriminante y ($p< 0.05$) como efecto de significancia (Delarue y Siefferman, 2004).

Atributo	Muy mala 1	Mala 2	Regular 3	Aceptable 4	Buena 5	Muy buena 6	Excelente 7
Color							
Humedad							
Rugosidad							
Tenacidad							
Elasticidad							
Hebra							
Olor							
Sabor salado							
Sabor ácido							
Sabor dulce							
Humedad							
Friabilidad							
Firmeza							
Adherencia							

Figura 4. Escala hedónica de preferencia para la valoración de quesos.

Resultados y discusión

Primera etapa: Capacitación, reconocimiento visual

Si la apariencia crea una mala impresión, los otros sentidos no pueden entrar en juego de ninguna forma.

En la Figura 5A se puede apreciar algunos aspectos de reconocimiento visual en el queso Oaxaca, por ejemplo hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el tono, siendo el mejor calificado el de los Volcanes (promedio 7.4), seguido por Cataviña (promedio 5.2), la menor calificación la obtuvo el queso de La Pilarica (promedio 3.3).

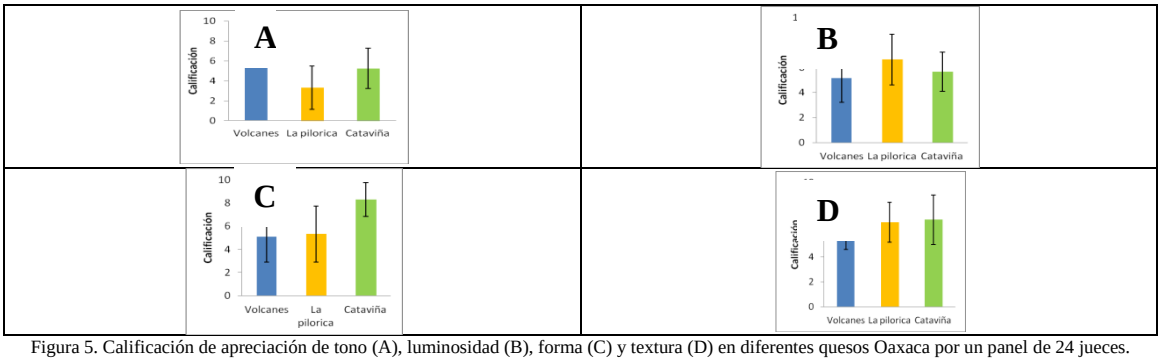


Figura 5. Calificación de apreciación de tono (A), luminosidad (B), forma (C) y textura (D) en diferentes quesos Oaxaca por un panel de 24 jueces.

 ISSN 2007-8102

Figura 5B, referente a la luminosidad y la textura no se observaron diferencias significativas entre las marcas de quesos analizadas.
Figura 5C, respecto a la forma, Cataviña fue significativamente mejor, aunque para Volcanes y Pilarica la impresión fue similar.

Reconocimiento de olor y aroma

La descripción de los olores y aromas es una de las fases más delicadas de la degustación, ya que es la segunda razón para que un consumidor adquiera algún alimento, hay que tener en cuenta la intensidad, calidad y clase del aroma (Aleixandre, 1999).

La prueba discriminativa olfativa (Figura 6), mostró el porcentaje de reconocimiento de los asistentes

96%	Esencia de limón
92%	Ácido acético
68%	Esencia de menta
64%	Esencia de ajo y miel
48%	EstiércolFlor y
28%	manzana

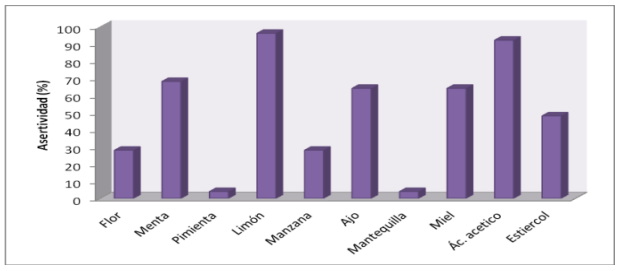


Figura 6. Asertividad de la prueba de reconocimiento de olores aplicado a un panel de 24 jueces.

La prueba discriminativa de aromas (inhalada por la boca), fue una de las que más trabajo le costó al panel en el entrenamiento (Figura 7)

Las respuestas obtenidas pueden deberse a la saturación olfativa-aromático de los participantes, debido a que los químicos aromáticos eran puros y fuertes.
La descripción de aromas es una de las fases más delicadas ya que está vinculada de forma muy especial a nuestra memoria olfativa.
Ningún juez fue capaz de detectar el aroma de plátano (Fig. 7), los demás porcentajes son:

83%	Esencia de menta
58%	Leche
37%	Café
33%	Cebolla
29%	Queso maduro
25%	Clavo
21%	Manzana
4%	Queso fresco

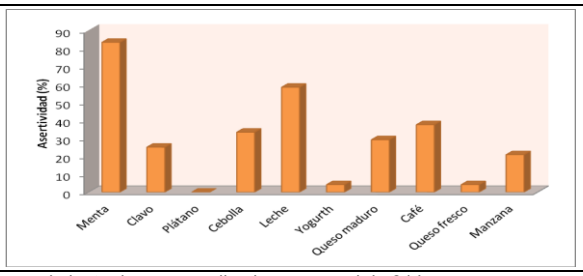
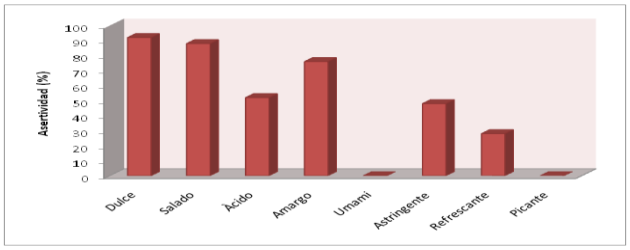


Figura 7. Asertividad de la prueba de reconocimiento de aroma aplicado a un panel de 24 jueces.

Reconocimiento de sabor

En la identificación de sabores básicos se obtuvo una respuesta satisfactoria siendo los porcentajes.

92%	Dulce
88%	Salado
76%	Amargo
52%	Ácido
48%	Astringente
28%	Refrescante
0%	Umami y picante



, Figura 8. Asertividad de la prueba de reconocimiento de sabor aplicado a un panel de 24 jueces.

 ISSN 2007-8102

El sabor umami (parecido al jugo Maggi, Fig. 8) no se reconoció debido a los jueces no lo habían consumido con anterioridad o no recordaron ese sabor. El picante, no se detectó, debido a que tal concentración no se considera como umbral para todos los participantes.

Reconocimiento de textura

La textura en alimentos, es otro aspecto de importancia, debido a que en cuanto el alimento entra en la boca para ser mordido o bien manipulado entre la lengua y el paladar, especialmente los compuestos volátiles que son influenciadas con el aumento de la temperatura, su descenso o la dilución asociada a la salivación.

El contacto con un alimento puede realizarse a través de la vista, las manos, los labios, la lengua, el paladar y los dientes, el panel no tuvo problemas en el reconocimiento de texturas (Figura 9), los porcentajes fueron

85%	Rugosidad
75%	Friabilidad
73%	Humedad de la boca
71%	Firmeza
69%	Elasticidad
59%	Adherencia

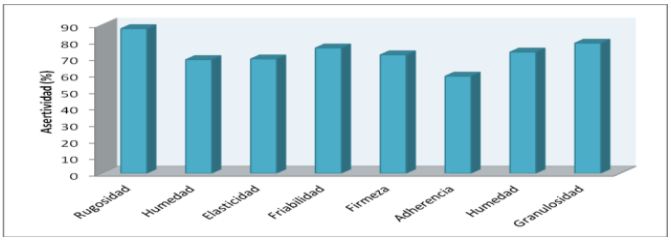


Figura 9. Asertividad de la prueba de reconocimiento de textura aplicado a un panel de 24 jueces.

Segunda etapa: formación del panel sensorial

Ordenamiento

El sabor salado, Fig. 10A, presentó el mayor reconocimiento, ya que el 83% de los jueces detectó las tres concentraciones más altas. Le siguió el sabor ácido, Fig. 10B, donde el 63% percibió la concentración más alta, así pues, en lo dulce Fig. 10C, se mostró que el 79% de los panelistas distinguió la concentración más alta.

De lo anterior se puede decir que los jueces fueron confiables para la identificación de umbrales en los intervalos analizados para los sabores ácido, dulce y amargo.

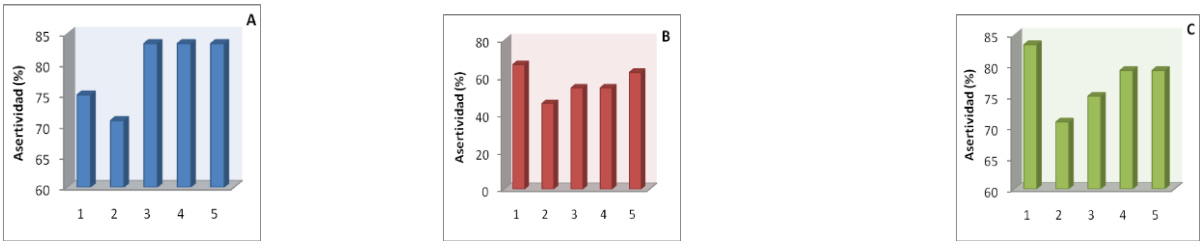


Figura 10. Asertividad de la prueba de ordenamiento realizado con 5 concentraciones de cloruro de sodio (A), ácido láctico (B) y sacarosa (C) aplicado a un panel de 24 jueces.

Análisis Secuencial

Se emplea con cierta frecuencia en la industria no sólo en los procesos de control de producción como criterio de aceptación o rechazo de lotes, sino así mismo en decisiones relacionadas con la comercialización de productos. (Calatrava, 2010).

En México pocas empresas lo hacen de manera sistemática y continua.

De acuerdo a los resultados, los jueces que se encontraron en la zona superior del medio fueron aceptados para formar el panel de evaluación sensorial (Figura 11).

 ISSN 2007-8102

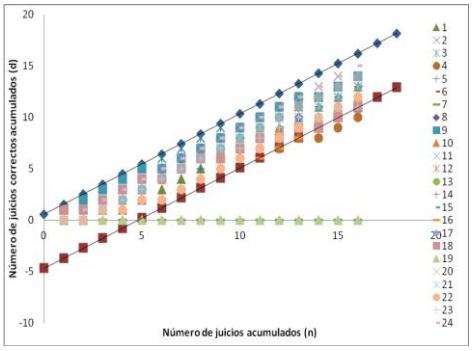


Figura 11. Análisis secuencial de los 24 jueces conformantes del panel sensorial, con las 3 zonas, en donde por arriba de la línea azul corresponde a la aceptación, la parte media a la indecisión y por último debaio de la línea roia el rechazo

Tercera Etapa:
Valoración de quesos

La valoración de quesos Oaxaca y Panela se realizó cualitativamente y de forma aleatoria utilizando la Escala hedónica de preferencia (Figura 4). Se utilizaron muestras por triplicado de 3 marcas diferentes, analizadas de forma aleatoria por cada panelista

Para determinar los atributos con efecto significativo se usó el ANOVA de un factor (Marca), tomando el valor de Fisher y ($p< 0.05$) como efecto de significancia (Delarue y Siefferman, 2004).

Queso Oaxaca

El panel mostró el siguiente perfil de preferencia como se puede observar en el análisis

La Pilarica > Cataviña > Volcanes

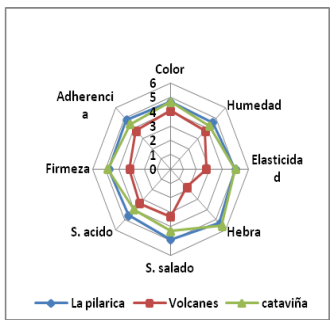


Figura 12. Análisis de preferencia de tres marcas de Queso Panela

Los atributos de calidad tomados en cuenta por el panel sensorial (Figura 12) como significativos fueron la humedad superficial, la forma de la hebra, el sabor salado, el ácido y la firmeza, que presentaron diferencias significativas entre las marcas ($p \leq 0.05$)

Queso Panela. Los panelistas fueron capaces de calificar los aspectos de sabor salado y sabor ácido que mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$), entre las marcas analizadas mientras los demás atributos no mostraron diferencia significativa (Figura 13).

El panel mostró el siguiente perfil de preferencia para el Queso Panela

Cataviña > Sello de Oro > La Villita

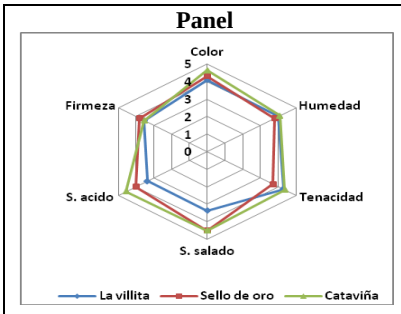


Figura 13. Análisis de preferencia de 3 marcas de queso Panela

De esta forma, se pudo constatar durante la Valoración de Quesos descrita arriba, que el panel sensorial está en condiciones de evaluar con un alto grado de confianza (95%), los cambios en los atributos de calidad del Queso Oaxaca y Panela como producto terminado.

Cuarta Etapa:
Impacto del almacenamiento refrigerado sobre el Queso Oaxaca

Con referencia al queso Oaxaca, que es el de mayor valor comercial y estratégico para esta empresa de lácteos. El

 ISSN 2007-8102

Panel Sensorial realizó en forma aleatoria el análisis sensorial por triplicado de dos muestras del mismo lote, pero a diferentes tiempos de almacenamiento refrigerado después de la fabricación. Día 5 y día 14, respectivamente. (Figura 14)
Los atributos de color, humedad, fundido y separación de grasa después de fundir, cambiaron significativamente de acuerdo al ANOVA de un factor (Tiempo de refrigeración después de fecha de fabricación), tomando el valor de Fisher como índice de poder discriminante y ($p < 0.05$). (datos parciales por confidencialidad de la empresa).

Caracteristicas	DIA 5	DIA 14
Color	4.7	3.5
Humedad	4.3	3.8
Tenacidad (Rebanado)	4.8	4.4
Fundido	3.8	2.2
Separación de grasa al fundir	3.8	3.3
Ojos	4.3	4.3

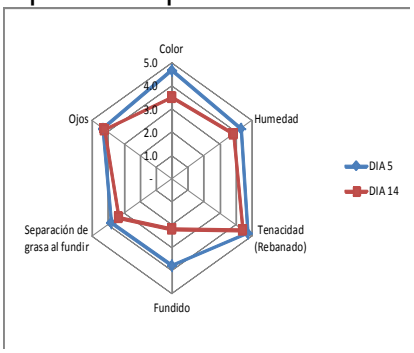


Figura 14. Análisis de atributos de calidad del Queso Oaxaca a diferentes tiempos de refrigeración después de la fecha de producción.

Conclusiones

- Se cumplió con el objetivo de Formar panel sensorial, con criterios homogéneos para detectar la calidad entre quesos Oaxaca y Panela de diferentes marcas
- El Panel sensorial está en condiciones de valorar y realizar el análisis sensorial a diferentes lotes de producto final, ya que puede vincular los atributos de calidad a las variaciones normales o especiales del proceso
- El panel sensorial fue capaz de detectar el cambio en los atributos de calidad del producto terminado del Queso Oaxaca que es el de mayor interés comercial, durante el periodo de almacenamiento normal antes de distribuirse completamente al mercado meta.
- Se tomó la decisión de invertir en la cadena de suministro que garantice la refrigeración y cadena fría del transporte que distribuye el producto, para prolongar la calidad y vida útil del Queso Oaxaca y queso Panela.

Referencias

1. Montero, H.; Aranibar G, Cañameras C., Castañeda R. (2005). Metodología para la caracterización sensorial de Quesos Argentinos. Jornadas de Análisis Sensorial, Tendencias actuales y aplicaciones " LASLIS 2005 " *INTI-Lácteos*, Buenos Aires, Argentina (2005)
2. Delarue,J.; Siefferman,J;Marc,J.: Sensory mapping using flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavor, of fruit diary products. *Food Quality and preference: 15:383-392.(2004)*
3. Mondino,M.; Ferrato,J.: El análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de calidad desde el consumidor. *Cátedra de Horticultura*. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional del Rosario. Agromensajes de la facultad No. 18 (2006)
4. Olivas R.;Nevarez, G.; Gastélum,M. Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua: Vol III,No. 1* Enero-Abril 2009
5. Percepnet,http://www.percepnet.com/ciencia/aroma_alimentos_consumo_cien1009.htm Estrategias en el estudio del aroma de los alimentos y su relación con la percepción del aroma María de los Ángeles del Pozo Bayón.

Producción de algún bien a partir del remanente de madera del proceso de producción de los muebles.

J. C. Pérez Mora[1], J. J. Maldonado García[1], Y. E. Reyes Martínez[1], B. B. Villegas Malagón[1], C. Primero Huerta[2]*
[1]División de Ingeniería industrial, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo, Av. Ing. Carlos Rojas Gutiérrez 2120, Fracc. Valle de la herradura, C.P. 61100, Cd. Hidalgo Mich., México
[2]Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Km. 30 de la carretera Federal Monumento – Valle de Bravo ejido de San Antonio de la Laguna, C.P. 51200, Valle de Bravo, México
Área de participación: Ingeniería industrial

Resumen

En el presente proyecto se muestra el resultado de una investigación realizada en la población de Ciudad Hidalgo, Michoacán; en la cual se estudió sobre el número de empresas que elaboran productos a través de los remanentes de madera, y del mismo modo, si es que existe un proceso de producción establecido. Con los resultados de la investigación se derivo un prototipo elaborado a partir de los remanentes.

***Palabras clave**: Remanente de madera, productos de aprovechamiento, aprovechamientos de madera, optimización*

Abstract

This project shows the result of an investigation carried out in the town of Ciudad Hidalgo, Michoacán; in which the number of companies that produce products through wood remnants was studied, and in the same way, if there is an established production process. With the results of the investigation a prototype derived from the remnants was derived.

***Key words**: Wood remnants, harvesting products, wood harvesting, optimization*

Introducción

En la localidad de Ciudad Hidalgo, Michoacán, se tienen una vocación netamente forestal, por los recursos naturales que se tienen alrededor de ella. Esta es la razón por la que una buena parte de su economía gira en torno a los recursos que se derivan de la madera, y de estos la actividad mas fuerte es la fabricación de muebles. Esta fabricación de muebles es algo rustica, a través del tiempo a cambiado muy poco, así como el uso de materiales, la innovación ha sido un proceso muy lento y no se diga la productividad (Silvestre, R. & Chauca, P., 2017).

De lo que se comenta anteriormente, una causa muy fuerte ha sido la práctica de competencia desleal, que se ha tenido desde hace varios años, esto generó que los dueños de los talleres o empresas vinieran a traer un sentimiento de subsistencia del ramo, por ello, mucho menos se pensaba en cambios, mejorar la productividad, realizar inversiones, desarrollar innovaciones, etcétera. En la actualidad se están haciendo esfuerzos aislados por revertir o cambiar la situación, también es importante mencionar que, el recurso natural también ha vendo mermando, por lo que los fabricantes de muebles comienzan a darle otro sentido a su actividad.

Este cambio de conciencia y la obligación, por las condiciones en las que actualmente se vive en nuestro mundo escaso de recursos, ha generado una preocupación por el mejor uso de los recursos, aunque lento y tarde, se ha venido dando.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

En este contexto es que surge una la inquietud, y a su vez, la idea de buscar alternativas para el uso de los remanentes de madera, tratando de aprovechar al máximo el recurso natural de nuestros bosques, con esta motivación en mente, se buscó acercamiento con los productores de muebles, primeramente, para conocer su sentir referente a este tema, identificar quienes estaban generando algún producto derivado de los remanentes de madera, pero también identificar el interés por realizar algo con ellos con la intención de buscar innovaciones en el uso de los recursos (Silvestre, R. & Chauca, P., 2017).

A lo anterior, con el desarrollo de la investigación, le dimos una respuesta, identificamos el interés de los productores por desarrollar un producto a base de remanentes de madera y elaboramos un prototipo, junto con su proceso de fabricación.

Metodología

Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación se definió como cualitativa, de campo, experimental y descriptivo; esto debido a la recolección de las impresiones y sentir de los duelos de empresas y muebles de la localidad, estas impresiones se capitalizaron con el objetivo de demostrar que se podía generar un producto, a lo cual se decidió experimentar en generación de un producto derivado de los remanentes, así como el análisis que se hizo de los tipos de remanentes de la madera.

Instrumentos de recolección de la información

Para la recolección de la información se requirió apoyo de las entrevistas abiertas, a los dueños de empresas, posteriormente, se buscó las similitudes, para poder graficar los resultados, de esta manera logramos se logró una síntesis de las respuestas y con ello el análisis de la información, pues fue de suma importancia buscar las coincidencias para partir a un objetivo. Se llevó a cabo una caracterización de los remanentes de madera del proceso de producción de los muebles en la localidad de Ciudad Hidalgo, con la intención de identificar el remanente mas importante. También se usó un cuaderno de notas para la recolección de datos que, ayudó, a describir el proceso de la elaboración de un producto resultante que se vio plasmado en un diagrama de proceso.

Resultados y discusión

Aplicación de entrevistas a dueños

Para las entrevistas que se aplicaron a los dueños, se elaboró una guía, en la cual se definieron 4 preguntas que marcarían el rumbo de la investigación, y la estrategia a seguir para elaborar un producto derivado de los remanentes.

La primera pregunta hace referencia a los tipos de madera que trabajan en la empresa, el objetivo aquí era tener el porcentaje de maderas que se usan, los resultados fueron:

 ISSN 2007-8102

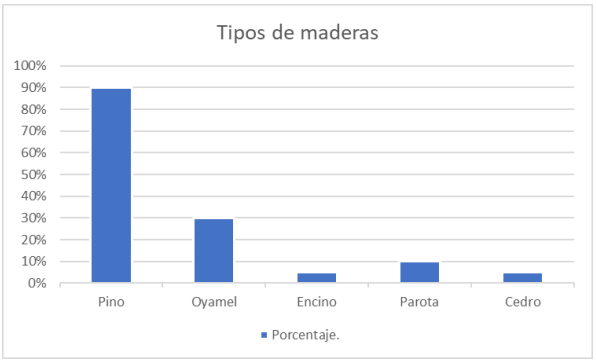


Ilustración 1. Tipos de madera

Del total de los dueños entrevistados, se detectó que la madera de mas uso es el pino, sin identificar alguna especie en específico.

En la pregunta dos, buscamos identificar cuales eran los tipos de sobrantes del proceso:

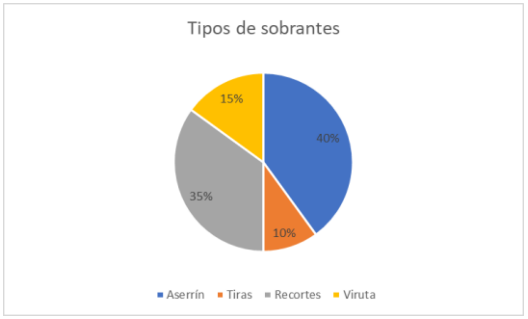


Ilustración 2. Tipos de sobrantes

Los resultados dan una clara idea de cuál es el sobrante que mas se genera, y como lo podemos ver el aserrín representa un 40%, seguido de los recortes con un 35%, esto a consideración de la percepción de los dueños de los negocios.

En la tercera pregunta, de las que consideramos trascendentes, era el conocer si es que utilizaban estos sobrantes o remanentes en algo, las respuestas fueron:



Ilustración 3. Remanente utilizado

 ISSN 2007-8102

Como se puede ver en la ilustración 3, nos damos cuenta que, los remantes generados en el proceso de fabricación del mueble, no se usan para generar otro producto, sino más bien para el secado de la madera esto es, queman el remanente para generar calor y secar la madera.

La cuarta interrogante que se considera de suma importancia, se preguntó a los empresarios si habían pensado utilizar este remanente para algún otro fin por lo que el 100% de ellos dijo que no.

Caracterización de los remanentes.

En esta parte se decidió utilizar una medida de volumen como base, para el análisis de este punto, para ello se usó una medida estándar utilizada en el sector, lo que es ft^3 (pie cubico). La caracterización, se realizó de la siguiente manera, se identificaron los tipos de remanentes del proceso, se buscó la manera de cubicar estos remanentes y se hicieron medidas, que nos llevaron a obtener porcentajes promedio de remanentes.

Para esta caracterización, se llevó a cabo en con el mismo número de muestra obtenido para la aplicación de las entrevistas, a lo cual se pidió permiso a los propietarios de las empresas para tomar una muestra y llevar a cabo la caracterización de los remanentes. Lo primero que se realizó es limpiar todas la áreas, de tal forma en que, no tuviéramos ningún remanente en cada espacio de trabajo, ya con ello se comienza la fabricación de 10 muebles que es el lote estándar de producción, se maquilan y se arman, se cubica la cantidad de madera utilizada, al finalizar de cada etapa del proceso se fue calculando los remanentes, el aserrín y la viruta, se juntaron en tambos de 200lts, se hacia el calculo del volumen y su respectiva conversión a ft^3, posteriormente los recortes se fueron apilando de tal manera que formaran un cubo de madera, se procedió a medir este cubo y hacer los cálculos de tal manera que pudiéramos tener los ft^3 de recortes; con un procedimiento simular a los recortes se hizo de la misma manera que con las tiras, se acumularon para formar un bloque y se midió, para obtener los ft^3. Con ello se suman las 4 cantidades y se obtenía un total, con este total se obtenía un porcentaje que posteriormente se promedio entre las diferentes muestras tomadas, con ello se tiene lo siguiente:

Madera en:	**Porcentaje promedio**
Mueble	88 %
Aserrín y viruta	4 %
Recortes	6 %
Tiras	2 %
Total	**100%**



Ilustración 4 Aserrín



Ilustración 5 Recortes



Ilustración 6 Tiras

Una vez analizados los datos de las entrevistas se identificó que la madera más factible para utilizar en la elaboración de algún producto a partir de esta, era la madera de pino debido a que, es la más usada en la región y con la que más trabajan los productores de mueble.

 ISSN 2007-8102

En cuanto al tipo de remanente a utilizar para producir algún producto a partir de este, se determinó mediante una caracterización, que los recortes de madera son los más adecuados para ser utilizados en la producción de algún bien tangible a partir de estos, debido a que, estos a diferencia de las tiras de madera o el aserrín tiene dimensiones apropiadas para generar un producto. Cabe resaltar que la percepción de los dueños fue diferente de los resultados obtenidos en la caracterización.

Por último, se identificó que los productores de mueble del municipio no han pensado en utilizar el remanente del proceso de producción de los muebles para algún otro fin que no sea venderlo, dejando así un amplio campo de posibilidades para utilizar el remanente de madera para generar algún producto a partir de este.

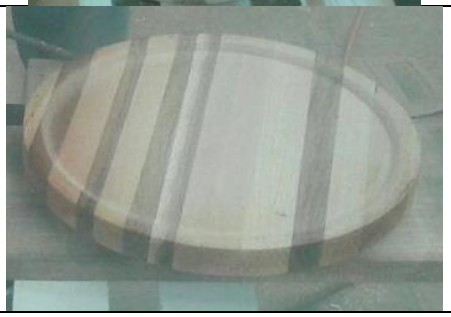
Proceso propuesto

Lo primero que se definió fue el producto que se elaboraría, identificamos dos tipos de recortes unos que consideramos largos de 45cm o más y los de menos de esta dimensión, se analizaron las opciones que existían para el uso de estos recortes y se decidió por la opción realizar piezas largas por medio de la adhesión de estas (Quevedo, V., s.f.), por las características y dimensiones de las maderas, esto es largo, ancho y alto, se decidió un producto de dimensiones pequeñas considerando las ventajas y las desventajas que da el troquelado de piezas con estas características, cortas dimensiones y recortes derivados de maderas sin estufar. En este momento se detectó un producto de dimensiones pequeñas que posibilitaría el troquelado sin alterar las características del producto, esto es que se llegará a deformar.

El proceso que se propuso para la elaboración de las piezas derivadas de los remanentes es el siguiente, se establecieron 7 fases para ello:

Fase	Nombre	Productos	Imagen
1	Selección de recortes	Recortes que cumplan con las indicaciones requeridas	
2	Pegado y prensado	Pieza prensada	
3	Marcado y corte de circunferencia	Pieza redonda de madera	

 ISSN 2007-8102

4	Desbaste de cara inferior e inferior	Pieza desbastada	
5	Rectificado, desbaste del centro de la pieza y lijado	Frutero en blanco	
6	Frutero en blanco	Frutero resanado y barnizado	
7	Terminado	Frutero terminado	

Trabajo a futuro

Se ha identificado que las piezas de madera elaboradas presentan una deformación, por lo que se deberá hacer un análisis de las condiciones y características ideales que se deben de tener para elaborar un producto de calidad que garantice un adecuado funcionamiento para el cliente, y así asegurar que se tendrá un producto adecuado.

Otra de las investigaciones a realizar es la adecuación de la maquinaria y procesos que faciliten la selección y procesamiento de los remanentes, de tal forma que se adapten a las condiciones de las empresas y al trabajo que se realiza en ellas, de tal forma que los productores puedan adoptarlo con facilidad y con baja inversión.

Una vertiente más es buscar una serie de productos que aseguren un buen funcionamiento a través del aprovechamiento de estos remanentes, pues se tiene la idea de que, no se puede usar este proceso bajo todas las condiciones, es decir, las piezas se verán afectadas a diferentes espesores y largos.

Conclusiones

Una vez realizada la presente investigación se puede concluir que las diferentes actividades aquí realizadas serán de gran ayuda para que el proceso de producción de los fruteros se realice correcta y ágilmente.

Se desarrolló un producto a partir del remanente de madera del proceso de producción de los muebles lo que permitirá aprovechar de mejor forma la madera, misma que es un recurso natural muy importante en muchos ámbitos.

Durante el desarrollo de la investigación se definieron los requerimientos de producción para poder documentar el proceso de los fruteros, se consiguió determinar y dejar claro todo lo que conforma el proceso de producción de este bien. Se establecieron fases y tiempos para determinar el ciclo del proceso y de cada actividad en particular para contemplar cuánto es lo que se puede producir en un día de trabajo normal.

Referencias

- Garza, Ario (2002). Manual de Técnicas de Investigación. (sexta edición). México. Biblioteca Daniel Cosío Villegas.
- Arias, Fernando (2001). Lecturas ara el Curso de Metodología de la Investigación (primera edición). México D.F. Editorial trillas S.A. de C.V.
- Mondelo, P., Gregori, E., Barrav, p., (2000). Ergonomía 1 Fundamentos. (tercera edición). México. Alfa omega grupo editorial S.A. de C.V.
- Martínez, F., Montro, J., Ruiz, L., (2002). Problemas de Probabilidad. (segunda edición). España. International Thomson editores spain paraninfo, S.A.
- Box, G., Stuart, J., Hunter, W., (2008) Estadística para Investigadores: diseño, innovación y descubrimiento (segunda edición). España. Editorial Reverte, S.A.
- Kanawaty, George. (2010). Introducción al Estudio del Trabajo (cuarta edición). México. Limusa.
- El Consejo Nacional de la Madera en la Construcción “COMACO” (S/F) normatividad vigente. Recuperado de: http://www.comaco.com.mx/normatividad.html
- Silvestre, R. & Chauca, P. (2017). La industria mueblera y su contribución al desarrollo territorial en Ciudad Hidalgo, Michoacán. Economía y Sociedad, Vol. XXI, pp. 15-34.
- Ishizaka, Y. (2014). Japan For Sustainability. Obtenido de Adachi de Tokio recicla residuos de madera voluminosos, primero en Japón: http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id034834.html&prev=search
- Newmedia (2017) Reciclaje y residuos de la madera. Recuperado de: http://infomaderas.com/2013/04/19/reciclaje-y-residuos-de-madera/
- Universia. (2007). Saben cómo aprovechar los residuos de madera. Recuperado de: http://noticias.universia.com.ar/ciencia-nn-tt/noticia/2007/08/03/366875/saben-aprovechar-residuos-madereros.html
- Quevedo, V.. (s.f.). Adherencia y adhesivos para madera. agosto 13, 2018, de Universidad de Alcalá Sitio web: https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG- 200637/TAB42359/ADHERENCIA%20Y%20ADHESIVOS%20PARA%20MADERA%20(V%20Quevedo) .pdf

La capacitación como factor determinante para impulsar la efectividad gerencial en las empresas artesanales textiles

S. Sarmiento-Paredes[1], J. Carro-Suárez[2*], J. George-Zecua[1], A. R. Méndez-Flores[1]*, G. Sánchez-Hernández[1]
[1]Facultad de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Avenida Ribereña S/N Tlaxcala, México.
[2]Universidad Politécnica de Tlaxcala, Programa Educativo de Ingeniería, Avenida Universidad Politécnica No. 1 San Pedro Xalcatzingo Tepeyanco Tlaxcala, México.

**sarmientosusana@yahoo.com.mx*
**jorge.carro@uptlax.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En la actualidad, la capacitación a través del desarrollo de competencias y el aprendizaje permanente son ejes prioritarios para impulsar la efectividad gerencial. Sin embargo, su falta de aplicación ocasiona una producción menos eficiente, productos de baja calidad y que sea más tardado el tiempo de fabricación. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo determinar cómo influye la capacitación en la efectividad gerencial, tomando como objeto de estudio a las empresas artesanales textiles de Contla de Juan Cuamatzi, Tlaxcala, México. La metodología consistió en aplicar los principios de capacitación de Silíceo y Bermúdez, y de efectividad gerencial de Hernández. Para ello, se diseñó un instrumento, se aplicó y se realizó un diagnóstico sobre la percepción de dichas variables, realizando un análisis estadístico inferencial. Los resultados revelaron la existencia de correlaciones significativas entre las variables estudiadas. Concluyendo que las empresas deben considerar a la capacitación en su planeación para alcanzar una mayor eficiencia en relación con sus recursos y objetivos.

***Palabras clave:** Dimensión social del desarrollo sustentable, capacitación, productividad, inversión en el capital humano, empresa artesanal textil.*

Abstract

At present, training through skills development and lifelong learning are priority axes to boost managerial effectiveness. However, the lack of training results in less efficient production, low quality products and longer manufacturing time. Therefore, this research aims to determine how training influences management effectiveness, taking as a study object the textile artisan companies of Contla de Juan Cuamatzi, Tlaxcala, Mexico. The methodology consisted in applying the principles of training of Silíceo and Bermúdez, and of managerial effectiveness of Hernández. For this purpose, an instrument was designed and applied. Subsequently, a diagnosis about the perception was made of these variables, performing an inferential statistical analysis. The results revealed the existence of significant correlations between the variables studied. Concluding that companies should consider training in their planning to achieve greater efficiency in relation to their resources and objectives.

***Key words**: Social dimension of sustainable development, training, productivity, investment in human capital, textile craft company.*

Introducción

La capacitación empresarial no sólo contribuye al beneficio privado, sino también al desarrollo social y económico, convirtiéndola en una prioridad social [Loubet y Morales, 2015]. En las organizaciones independientemente de su tamaño, giro y ubicación geográfica existe un bien intangible que le da vida al funcionamiento de los procesos internos, este bien es su capital humano, donde sin importar el proceso de selección que se aplique, siempre necesitará, de manera planeada, ser capacitado si se desea un mejor rendimiento y una mayor productividad en los puestos, sin importar si es personal de nuevo ingreso o si ya tienen cierta antigüedad en la empresa [Chávez, 2019; Cadalzo-Díaz y Becerra-Alonso, 2017; Diez & Abreu,

2009]. Además, el nuevo modelo de negocio que ha impuesto la globalización demanda a las empresas actualizar y fortalecer de manera continua los conocimientos, las habilidades y las actitudes de su capital humano, como una estrategia para mantenerse y ser competitivos en un mercado con altos niveles de inestabilidad e incertidumbre [Sánchez y col., 2013]. Asimismo, la American Society for Training and Development [2010], establece que los trabajadores competentes no lo son para siempre, las habilidades se deterioran y se pueden volver obsoletas, siendo necesario aprender nuevas [citado en Robbins y Judge, 2013]. La capacitación se puede entender en dos aspectos: La capacitación en aulas y la capacitación en el trabajo, la primera se imparte en un centro establecido a propósito y con un cuerpo de instructores especializados, y la segunda entendida como aquellas actividades que directamente relacionadas con el trabajo cotidiano pueden ser concebidas en forma sistemática y transformadas en un entrenamiento permanente en este caso la ayuda de los instructores del centro de capacitación es clave, pero es más importante aún el compromiso que el jefe debe tener al respecto [Siliceo, 2010].

La capacitación se convierte en un imperativo empresarial, porque permite mejorar el conocimiento del puesto en todos los niveles, ayuda al personal a identificarse con los objetivos, mejora la relación jefes-subordinados, contribuye a la formación de líderes, ayuda a mantener bajos los costos, elimina los costos de recurrir a consultores externos, habilita para solucionar problemas y tomar decisiones, aumenta la confianza, permite el logro de metas individuales, elimina los temores a la incompetencia o la ignorancia individual, permite a las empresas tener innovación, ayuda a que los trabajadores se sientan motivados para poder realizar su trabajo de forma correcta, con calidad y con un mejor entusiasmo impactando en una mayor productividad. Por ello, a la capacitación no debe visualizarse como una obligación que tiene la empresa con sus empleados porque lo manda la ley, es una inversión que trae beneficios a la empresa y al capital humano [Calvo, Giraldo_Omaira 2018; Cota y Rivera, 2017; López, 2013]. Bajo este mismo sentido, cabe resaltar lo que afirman Pardo y Díaz [2014], los costos del programa de capacitación superan los beneficios para las empresas y para el propio trabajador.

Por otra parte, en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en el objetivo cuatro se establece que la consecución de una educación de calidad es la base para mejorar la vida de las personas y el desarrollo sostenible. Planteando como una meta el aumento de jóvenes y adultos con las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, que les permitan acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento. Y en el objetivo ocho se indica que las sociedades deberán crear las condiciones necesarias para que las personas accedan a empleos de calidad, así como también se deben promover políticas que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, fomentando la formalización y el crecimiento de las empresas. Por ello, para que las empresas objeto de estudio, puedan generar las condiciones para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible, como una estrategia de competitividad, deben impulsar la efectividad de la capacitación distinguiendo como principios de este proceso los siguientes aspectos: debe ser una actividad planeada, basada en necesidades reales de la empresa y orientada hacia un cambio en los conocimientos, habilidades y actitudes de los colaboradores [Sarmiento y col., 2018; Chiavenato, 2014; Sapién y col., 2014; Silíceo, 2010; Siliceo, 2004].

El valor del conocimiento es insuperable y su direccionamiento y control son y serán prioridad en todas las organizaciones de todos los sectores productivos y de servicios [Benavides, R. y Pedraza-Najar, L., 2018]. Porque impactará en un mejor rendimiento y en una mayor productividad. De acuerdo con Siliceo [2004], la capacitación es una condición *sine-qua-non* para la productividad. En la Ley Federal del Trabajo [2019] se define a la productividad como el resultado de optimizar los factores humanos, materiales, financieros, tecnológicos y organizacionales que concurren en la empresa para la elaboración de bienes, con el fin de promover a nivel sectorial, estatal, regional, nacional e internacional, y acorde con el mercado al que tiene acceso, su competitividad y sustentabilidad, mejorar su capacidad, su tecnología y su organización, e incrementar los ingresos, el bienestar de los trabajadores y distribuir equitativamente sus beneficios. La Organización Internacional del Trabajo [OIT, 2016], establece que la productividad es el uso eficaz de la innovación y los recursos para aumentar el agregado añadido de productos y servicios. De acuerdo con Hernández [2011], la productividad es el reflejo de la eficiencia y de la eficacia que deben lograr la correcta administración y la gerencia de una empresa, donde eficiencia es el uso correcto de los recursos utilizados para lograr resultados; y la eficacia se mide por los resultados, sin importar los recursos ni los medios. Por lo tanto, la efectividad gerencial es lograr la eficiencia y la eficacia en relación con los resultados.

Con respecto a las empresas objeto de estudio, cabe destacar que las artesanías en México son muy importantes para la identidad del país, son emblema de tradición y arraigo, generan cultura, ocupan un lugar predominante en las actividades productivas del pueblo mexicano y contribuyen al desarrollo económico y social [Uwimabera y col., 2017; Alonso, 2015]. No obstante, en las empresas artesanales la capacitación no forma parte prioritaria de su proceso de gestión, el personal es guiado por los integrantes de la empresa [dueño o familiares del dueño] para realizar sus actividades, una artesanía es elaborada a mano, pero generalmente sólo les explican cómo hacerla una vez, en ocasiones no es suficiente, y cuando el trabajador empieza a realizar el producto tiende a equivocarse y a tener mermas en su producción ocasionando un gasto a la empresa por la realización de prueba y error durante la producción debido a que carecen de las competencias laborales adecuadas. Actualmente, el talento humano es una de las herramientas productivas más importantes que tienen las empresas dentro de un mundo económicamente globalizado y donde la educación se convierte en un imperativo para mejorar la productividad [Mejía-Giraldoy col., 2013; Chiavenato, 2010].

Cabe destacar, que estudios como los de Sapién y col., [2014] han analizado la capacitación en la industria mexicana aplicando un cuestionario estructurado, previamente validado por expertos y utilizando estadística descriptiva, con la finalidad de identificar en el sector industrial la forma en la que se definen las necesidades de capacitación y si este proceso es sistemático. En el mismo contexto, Pardo y Díaz [2014] retomaron un análisis descriptivo y lo llevaron a un alcance correlacional para comprender cómo los procesos de capacitación y de desarrollo de competencias se convierten en factores clave para la transformación organizacional en un grupo empresas de la ciudad de Bogotá, desde la visión de los líderes de Gestión Humana. Asimismo, Parra-Penagos y Rodríguez-Fonseca [2016] realizaron una revisión teórica sobre la capacitación y su efecto en la calidad dentro de las organizaciones. Con base en lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar cómo la capacitación influye en la efectividad gerencial, tomando como caso de estudio 25 empresas artesanales del municipio de Contla de Juan Cuamatzi, Tlaxcala, México, aplicando un instrumento de medición estructurado y validando sus resultados por medio de estadística inferencial.

Metodología

Diseño de la Investigación

En este estudio, se realizó una investigación de tipo mixto el cual es un proceso que implica la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos para lograr un mayor entendimiento de las variables de investigación analizadas [Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018]. Cabe destacar, que el enfoque cuantitativo fue el de mayor preponderancia en esta investigación.

Instrumento de evaluación y objeto de estudio

Las variables estudiadas fueron capacitación y efectividad gerencial. Con base en la teoría, en la primera variable, aplicando los principios de capacitación de Silíceo y Bermúdez, se analizaron las dimensiones conocimientos, habilidades, actitudes y proceso organizado y sistemático, también en esta variable tomando como base el criterio de productividad de la OIT [2016], además se analizó la dimensión aumento del valor agregado. En la segunda variable efectividad gerencial las dimensiones analizadas fueron eficiencia y eficacia, de acuerdo con Hernández [2011].

Se diseñó un cuestionario de 27 reactivos para identificar la percepción que tienen las empresas sobre las variables analizadas. Para la medición de cada ítem se aplicó la escala de medida métrica por intervalos, aplicando el método de escalamiento Likert, considerando una escala de cinco categorías de respuesta con unidades métricas del 1 al 5, en donde el 1 se especificó como nada determinante, 2 poco determinante, 3 indiferente, 4 determinante y 5 muy determinante.

El instrumento se validó por medio de juicio de expertos y se aplicó en las empresas artesanales textiles del municipio de Contla de Juan Cuamatzi, Tlaxcala, México. Para efectos de esta investigación, la población se conformó por 37 empresas artesanales del ramo textil de acuerdo con datos de un registro de empresas textiles proporcionado por el municipio. Considerando al 100% de la población para la aplicación del instrumento. La

confiablidad del instrumento se calculó empleando el índice de Alfa de Cronbach bajo el criterio de Hernández-Sampieri y Mendoza [2018].

Análisis e interpretación de datos

Con los datos recabados se realizó un análisis ANOVA con prueba de Tukey para identificar qué principios de la capacitación presentan diferencias significativas en la percepción de los encuestados. Posteriormente, se realizó un análisis de correlación Pearson para identificar la relación existente entre los principios de capacitación y las dimensiones de la variable efectividad gerencial. El análisis estadístico se realizó empleando Minitab 17® y SPSS 21®.

Resultados y discusión

Confiablidad del instrumento

El instrumento se aplicó en 25 empresas artesanales que aceptaron participar en la investigación, lo que representó el 67.56% de la población objeto de estudio. El resultado de su confiabilidad fue un Alfa de Cronbach de 0.833, lo que representa una confiabilidad elevada [Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018].

Análisis de varianza (ANOVA)

El resultado del análisis ANOVA demostró la existencia de diferencias significativas en la percepción de los principios de capacitación analizados al presentar un valor de $p<0.05$ (0.000). Asimismo, con la prueba Tukey se identificó qué principios presentaron dichas diferencias. En la tabla 1 se muestran los resultados.

Tabla 1. Prueba Tukey para principios de capacitación

Principio de capacitación	Nivel de determinación[1]		
Habilidades	4.88 ± 0.149	A	
Conocimiento	4.60 ± 0.149	B	
Actitudes	4.20 ± 0.149		C
Aumento del valor agregado	4.00 ± 0.149		C
Proceso organizado y sistemático	3.97 ± 0.149		C

[1] Los valores con letras iguales no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$)
Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos por Minitab 17®

El análisis Tukey reveló que los principios de capacitación habilidades y conocimiento presentan diferencias significativas con tendencia hacia muy determinante. Con respecto a habilidades los directivos de las empresas artesanales consideran que el proceso de capacitación es muy determinante para fortalecer o bien desarrollar nuevas habilidades para mejorar el desempeño laboral de los trabajadores. Con relación a conocimiento, este principio también presentó diferencias significativas porque los directivos perciben que es muy importante capacitar a todo el personal de la empresa, para que tengan los conocimientos necesarios y pertinentes con base en las actividades que desarrollan, para que realmente puedan mejorar su actividad laboral. Asimismo, consideran determinante que se realice sistemáticamente un diagnóstico para identificar objetivamente las necesidades de capacitación y esto impacte en la efectividad gerencial. En las empresas objeto de estudio aunque se reconoce a la capacitación como un factor importante manifestaron que no se destinan los recursos suficientes en este factor debido a que deben atender otras prioridades, esto coincide con los resultados de Bermúdez [2015], donde afirma que los empresarios creen que las capacitaciones son importantes para el buen desempeño de sus empresas, pero la mayoría no estaría dispuesto a pagar por un programa de capacitación. Por ello, las empresas deben tener realmente el deseo de superarse y de buscar formas de aprender para hacer las cosas cada día mejor.

Los principios de capacitación actitudes, aumento del valor agregado y proceso organizado y sistemático, no mostraron diferencias significativas. Con relación a actitudes a los directivos les es indiferente analizar la actitud del trabajador con respecto a las actividades que realizan, asimismo no consideran importante realizar cursos de capacitación para cambiar la actitud de su personal, y de acuerdo con la teoría actualmente la capacitación empresarial debe ser considerada como un factor clave para estimular la creatividad, la iniciativa y la capacidad

de innovación del capital humano [Hernández, 2011]. Referente al principio aumento del valor agregado en las empresas se percibe como determinante capacitar a los trabajadores para que puedan proponer acciones de mejora en sus puestos de trabajo, considerando como indiferente el proporcionar estímulos económicos si los trabajadores proponen acciones de mejora en su área de trabajo, no obstante los directivos consideran que por medio de la capacitación el personal obtendrá conocimiento nuevo que le permitirá innovar lo cual impactará en la competitividad de la empresa. Con relación al principio de capacitación proceso organizado y sistemático en las empresas manifestaron que el personal no necesita capacitación para cumplir con los objetivos, en consecuencia también se identificó indiferencia para detectar de manera formal y sistemática las necesidades de capacitación en las diferentes áreas, de igual manera en la propuesta para implementar un sistema de evaluación que les permita medir el impacto después de la capacitación en el desempeño del trabajador también se observó indiferencia, esto coincide con lo que afirman Sapién y col., [2014] las empresas difícilmente cuentan con programas actualizados y dinámicos de capacitación. Sin embargo, a pesar de que si notan la necesidad de capacitar a sus empleados no saben cómo llevar a cabo este proceso, es por ello que las dependencias gubernamentales, la Cámara Textil y las universidades deben acercarse a las empresas de este giro para apoyarlas en cuanto a la capacitación de su personal ya que es un punto importante para impulsar su desarrollo y competitividad. De acuerdo con Pabón [2016], las políticas de innovación nacional deben promover la movilidad del capital humano a nivel regional, donde universidades y centros de investigación pueden incorporar la movilidad de sus profesores e investigadores como parte de estrategias dirigidas a incrementar el capital intelectual de las organizaciones.

Análisis de correlación Pearson

Posteriormente, en la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis de correlación de Pearson, resaltando los principios de capacitación que presentaron mayores correlaciones con las dimensiones de la variable efectividad gerencial. El grado de correlación se determinó con base en el criterio de Hernández-Sampieri y Mendoza [2018].

Tabla 2. Correlación Pearson de los principios de capacitación con las dimensiones de efectividad gerencial

Principios de capacitación	Análisis Pearson	Dimensiones de efectividad gerencial	
		Eficiencia	Eficacia
Conocimiento	Correlación de Pearson	.802**	.250
	Sig. (bilateral)	.000	.228
	Grado de correlación	Alta	-
Habilidades	Correlación de Pearson	.244	.000
	Sig. (bilateral)	.240	1.000
	Grado de correlación	-	-
Actitudes	Correlación de Pearson	.512**	.383
	Sig. (bilateral)	.009	.058
	Grado de correlación	Moderada	-
Proceso organizado y sistemático	Correlación de Pearson	.878**	.183
	Sig. (bilateral)	.000	.382
	Grado de correlación	Alta	-
Aumento del valor agregado	Correlación de Pearson	.535**	.000
	Sig. (bilateral)	.006	1.000
	Grado de correlación	Moderada	-

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos por SPSS 21®

Los resultados obtenidos de la correlación Pearson demostraron que la dimensión eficiencia presenta correlaciones significativas altas con los principios de capacitación: conocimiento y proceso organizado y sistemático. Esto se debió principalmente a que los empresarios consideran que para que el personal optimice los recursos, logre las actividades asignadas y pueda proponer acciones de mejora es necesario fortalecer sus conocimientos y actualizarlos continuamente, por medio de un diagnóstico para identificar de manera objetiva las necesidades de capacitación en las diferentes áreas de las empresas a través de un proceso organizado y sistemático. Asimismo, se presentaron correlaciones moderadas con actitudes y aumento del valor agregado. Debido a que la capacitación ayuda a mejorar la actitud del personal incrementando su satisfacción en el trabajo lo que conllevará a lograr una eficiencia y a dar un valor agregado a su trabajo lo cual puede llevar a las empresas a implementar una nueva cultura de innovación. De nada sirve modernizar los equipos y la maquinaria y rediseñar los procesos si no se modifican también los paradigmas de las personas [Chiavenato, 2010].

De acuerdo con Kurt Lewin cualquier cambio implica resistencia, es decir presiones del personal por medio de excusas, actitudes, bloqueos, sabotajes y hasta agresiones a la autoridad [Hernández, 2011], por ello es importante que el proceso de capacitación no sólo se limite a mejorar los conocimientos, sino se debe cuidar que este proceso tenga un impacto integral, es decir se deben fortalecer tanto conocimientos, como actitudes y habilidades de todo el capital humano [Parra-Penagos y Rodríguez-Fonseca, 2016].

Se destaca que el principio habilidades no presentó correlaciones significativas con las dimensiones de la variable efectividad gerencial porque los empresarios consideran que el personal no requiere capacitación para su desarrollo ya que estas las practican diariamente debido a que sus procesos son artesanales.

Finalmente, la dimensión eficacia no presentó correlaciones significativas con los principios de capacitación ya que las nuevas tendencias de la productividad demandan no sólo cumplir con los objetivos sino también optimizar los recursos por medio de la creatividad y de la innovación [OIT, 2016].

Trabajo a futuro

Para dar continuidad a la presente investigación, se plantea realizar el mismo estudio no sólo en las empresas artesanales sino en todo el sector textil del Estado de Tlaxcala debido a su importancia en el desarrollo económico del Estado.

Conclusiones

El desarrollo de esta investigación permitió cumplir con el objetivo establecido al demostrar que la capacitación del personal sí influye en la efectividad gerencial, ya que la falta de capacitación lleva al personal a quedarse estancado en sus formas de trabajo tradicionalistas y no les permiten innovar ni proponer acciones de mejora. Por ello, el sector productivo demanda de un nuevo perfil de su capital humano, caracterizado por asumir un comportamiento activo en los procesos organizacionales, ser agentes impulsores y corresponsables del cambio, con capacidad para tomar decisiones y de resolución de problemas, poder trabajar en equipo y una actitud optimista ante el cambio, principalmente.

Las empresas como parte de su cultura organizacional en su proceso de gestión deben dar espacio al desarrollo sistemático de nuevas competencias laborales (conocimientos, habilidades y actitudes), donde se involucre no sólo al personal directivo, sino también al personal de los mandos medios y a los operativos, ya que esto facilitará la transferencia del conocimiento y permitirá la formación de colaboradores que no sólo tomen decisiones de rutina y adaptación, sino también innovadoras, lo cual impactará en su efectividad gerencial y en la competitividad empresarial.

Finalmente, con base en los resultados es un imperativo establecer alianzas colaborativas formales entre las empresas objeto de estudio, el gobierno y el sector educativo para generar las condiciones que permita el desarrollo de programas de capacitación sistemáticos que contribuyan a la formación de un nuevo perfil del trabajador, ya citado anteriormente. Esto como una estrategia de desarrollo y en casos extremos de supervivencia para este subsistema de la economía.

Referencias

1. Alonso, V., (2015). Manual control de calidad en productos textiles y afines. Universidad Polit+ecnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/38763/1/Binder1.pdf
2. Barcena, A., (2016). Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe.
3. Benavides, R. y Pedraza-Najar, L. (2018). La gestión del conocimiento y su aporte a la competitividad en las organizaciones: revisión sistemática de literatura. *Signos Investigación en sistemas de gestión.* 10 (02) 175-191. Recuperado de https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/signos/article/view/4685/html
4. Bermúdez, L. (2015). Capacitación una herramienta de fortalecimiento de las pymes. *Revista electrónica de las sedes regionales de la Universidad de Costa Rica.* Intersedes. XVI (33). Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/666/66638602001.pdf
5. Cadalzo-Díaz, Y. y Becerra-Alonso, M.J. (2017). La gestión de capital humano en empresas del sector biotecnológico cubano. *Ingeniería Industrial.* 38 (1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362013000100002
6. Calvo, Giraldo_Omaira. (2018). La gestión del conocimiento en las organizaciones y las regiones: una revisión de la literatura. *Tendencias.* XIX (1). Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/tend/v19n1/2539-0554-tend-19-01-00140.pdf
7. Chávez, G. (2019). Capacitación y entrenamiento en métodos de inspección industrial textil. Editorial Académica Española.
8. Chiavenato, I. (2010). *Innovaciones de la administración. Tendencias y estrategias los nuevos paradigmas.* México. Mc Graw Hill.
9. Chiavenato, I. (2014). Gestión del talento Humano. México, D.F.: McGraw Hill.
10. Chiavenato, I. (2014). *Introducción a la administración. Teoría general administrativa: origen, evolución y vanguardia*. México: Mc Graw Hill.
11. Cota, A. y Rivera, L. (2017). La capacitación como herramienta efectiva para mejorar el desempeño de los empleados. *Técnica administrativa.* 16 (02) 123-134. Recuperado de http://www.cyta.com.ar/ta1602/v16n2a3.htm
12. Diez, J., & Abreu, L. (2009). Impacto de la capacitación interna en la productividad. Daena: International Journal of Good Conscience., 97-144.
13. Hernández y R. S. (2011). *Introducción a la administración. Teoría general administrativa: origen, evolución y vanguardia*. México: Mc Graw Hill.
14. Ley Federal del Trabajo (2019). *Secretaría del Trabajo y Previsión Social*, México, novena edición. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lft.htm
15. López, O. (2013). Master Executive en Administración y Dirección de empresas. Recuperado de https://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/03/11/beneficios-de-la-capacitacion-de-los-empleados/
16. Loubet, R., Morales, A. (2015). Formación de capital humano para el crecimiento económico en Sinaloa. *Ra Ximhai.* 11 (03) 41-55. Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46135409004
17. Mejía-Giraldo, A.; Bravo-Castillo, M. y Montoya-Serrano, A. (2013). El factor humano en las organizaciones. *Ingeniería Industrial.* 34 (1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362013000100002
18. Organización Internacional del Trabajo [OIT] (2016) Mejore su negocio: el recurso humo y la productividad. Recuperado de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_553925.pdf
19. Pabón, A. (2016). Gestión del conocimiento y políticas de innovación. *Revista La Propiedad Inmaterial.* (22). Recuperado de http://dx.doi.org/10.18601/16571959.n22.02.
20. Pardo, E. y Díaz, L. (2014). Desarrollo del talento humano como factor clave para el desarrollo organizacional, una visión desde los líderes de gestión humana en empresas de Bogotá D.C. *Suma de negocios.* 5 (11) 39-48. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215910X14700187
21. Parra-Penagos, C. y Rodríguez-Fonseca, F. (2016). La capacitación y su efecto en la calidad dentro de las empresas. *Revista Investigación, desarrollo innovación.* 6 (2) 131-143. doi: http://dx.doi.org/10.19053/20278306.4602
22. Robbins, S. y Judge, T. (2013). *Comportamiento organizacional.* P. 551-565, México. Editorial Person.

23. Sánchez, A., Sarmiento, S., Cruz, M., Sánchez, A., Méndez, A. R., & Subieta, M. F. (2013). *Las mipyme y la IV Zona Metropolitana Región Tlaxcala.* México. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
24. Sapién, L., Piñón, C. y Gutiérrez, C. (2014). Capacitación en la empresa mexicana: un estudio de formación en el trabajo. *Civilizar.* 14 (27) 123-134. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/ccso/v14n27/v14n27a09.pdf
25. Sarmiento, S., Nava, V., Carro, J., Hernández, C. (2018). Estudio comparativo de los factores de innovación en la pequeña y mediana empresa de manufactura textil. *Contaduría y Administración.* 63 (3) 1-24. Recuperado de http://www.cya.unam.mx/index.php/cya/article/view/1268/0
26. Silíceo, A. (2004). *Capacitación y desarrollo de personal.* México. Limusa.
27. Silíceo, A. (2010). *Capacitación y desarrollo de personal.* México. Limusa.
28. Uwimabera, J., Zapata, E., Ayala, D., & Guajardo, L. (2017). Artesanía en Tlaxcala: una visión desde la perspectiva de género. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (18), 3683-3696.

Evaluación de alternativas con un modelo en SIMIO® para mejorar el proceso de fabricación de adoquines.

A. G. López Cabrera[1], C. G. Moras Sánchez[3], A. A. Aguilar Lasserre[3], L. Fuentes Rosas[2], M. S. Flores Serrano[2]*

[1]División de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av. Veracruz esq. Héroes de Puebla S/N, Col. PEMEX, C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México
[2] División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av. Veracruz esq. Héroes de Puebla S/N, Col. PEMEX, C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México
[3] División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
**anibalglopezc@outlook.es*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se evaluaron dos alternativas de mejora en el proceso de fabricación de adoquines de una empresa. La primera alternativa consistió en instalar un centro de abastecimiento más cercano que la bodega de material que actualmente opera, la alternativa 2 obedece al incremento de la demanda por parte de los clientes, lo cual obliga a producir 20,000 piezas en promedio por pedido, por lo que en esta alternativa se determina el número óptimo de máquinas para dicho cumplimiento usando algoritmos genéticos.

De las alternativas evaluadas mediante un modelo de simulación en SIMIO® se determina que la alternativa dos es la mejor, ya que permite cumplir con la demanda, así como, incrementar el índice de productividad de 61.47% a 66.92%.

***Palabras clave**: Algoritmos genéticos, Simulación, SIMIO®, Adoquines.*

Abstract

Two improvement alternatives were evaluated in a company's cobblestone manufacturing process. The first alternative was to install a supply center closer to the material warehouse that currently operates, alternative 2 due to increased demand from customers, which requires producing 20,000 pieces on average per the optimal number of machines for such compliance using genetic algorithms is determined in this alternative.

Of the alternatives evaluated using a simulation model in SIMIO® it is determined that alternative two is the best, as it allows to meet the demand, as well as increase the productivity rate from 61.47% to 66.92%.

***Key words:** Genetic algorithms, Simulation, SIMIO®, cobblestones.*

Introducción

López et al (2018) construyeron un modelo de simulación en SIMIO® del proceso de fabricación de adoquines de la empresa VACSA Construcción. Donde se probó una alternativa de mejora. La alternativa consistió en la implementación de un segundo montacargas la cual resultó benéfica en las medidas de desempeño del sistema, ya que todas tuvieron un incremento en la alternativa con respecto al sistema original. Por otra parte, en la alternativa se refleja claramente disminución en la ocupación del primer montacargas (del sistema original), esto se debe a que ahora hay otro disponible para no retrasar el flujo de la materia prima para el proceso de producción.

Sin embargo debido a otros factores que se presentan en la planta, se decide probar dos alternativas más para mejorar el proceso de producción. Las cuales consisten en:
Alternativa 1. Instalar un centro de abastecimiento.
Alternativa 2. Determinar el número optima de máquinas para el sistema.

Metodología

Los 10 pasos para un estudio de simulación propuestos por Law y Kelton (2000) se desarrollan a continuación.

1.- Formulación del problema.
Debido a la baja productividad y al incremento en la demanda de los clientes de VACSA se define el objetivo para el estudio, el cual es:

"Incrementar la producción y la productividad del proceso de fabricación de adoquines"

2.- Recolección de datos y definición del modelo.
Los datos recolectados corresponden a las variables que representan al sistema, dichas variables son preparación de mezcla, transporte de mezcla, colocación de tarima, llenado y compactado, y traslado del producto al área de almacenamiento en el proceso de producción. Para el montacargas es tiempo de traslado y tiempo de maniobra. La unidad de tiempo utilizada fue el segundo con excepción de la variable de preparación de mezcla y tiempo de traslado.

Las variables de entrada del sistema y las de salida (medidas de desempeño) para evaluar el sistema, se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables de entrada y salida del sistema.

Entrada	Salida: (Medidas de desempeño)
Tiempos de producción.	Cantidad de producción por máquina y total.
Número de máquinas.	Utilización de máquinas.
Número de trabajadores.	Utilización de trabajadores.
Horas de trabajo.	Utilización de montacargas.

Tratamiento estadístico
El análisis estadístico arrojó como resultados que todas las variables se ajustaron a distribuciones teóricas conocidas.

3.- Verificación del modelo.
Construido el modelo conceptual éste fue verificado y aprobado por el encargado del proceso.

4.- Construcción del modelo.
Se utilizó el simulador SIMIO® (Simulation Modeling Framework Based On Intelligent Objects). En la Tabla 2 se muestra la relación de los objetos del simulador con los elementos del sistema real.

Tabla 2. Objetos de SIMIO® y su significado en el sistema real.

Objeto de SIMIO®	Significado en el sistema real
Source	Preparación de la mezcla, adoquines y llegada de tarimas.
Separator	Divide la mezcla en 16 o hasta 20 adoquines.
Combiner	Agrupa dos adoquines en cada tarima.
Workstation	Máquinas procesadoras del sistema (4).
Server	Patio de reposo de los adoquines al menos durante 12 horas
Sink	Salida de los adoquines del sistema.
Worker	Persona que traslada el producto de la máquina procesadora al patio (4).
Vehicle	Montacargas del sistema.

 ISSN 2007-8102

El resultado de la edición del modelo en el simulador se muestra en las Figuras 1 vista posterior, y Figura 2 vista frontal.

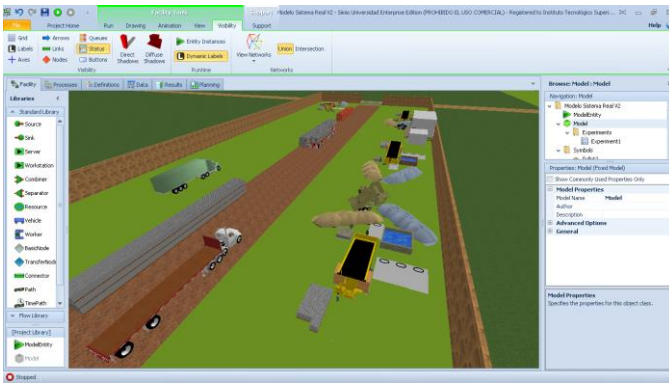


Figura 1. Modelo visto desde la máquina 3.

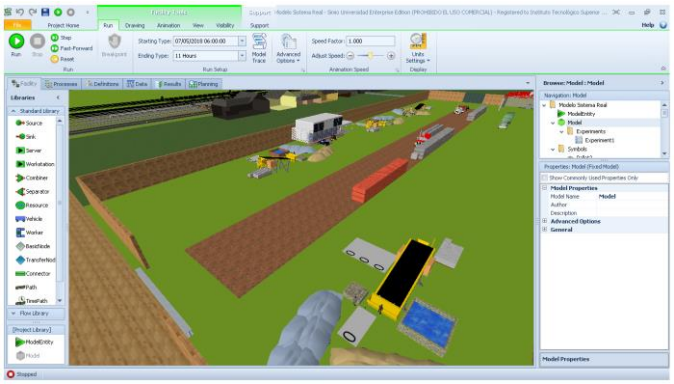


Figura 2. Modelo visto desde la máquina 4.

5.- Pruebas piloto.

Se realizaron corridas piloto para asegurar la correcta programación y recabar información para el siguiente paso.

6.- Validación del modelo de simulación.

La validación de un modelo consiste en corroborar que los datos que arroje el modelo de simulación sean estadísticamente iguales a los del sistema real. Para realizar la validación del modelo se utilizó la prueba t-pareada, que compara los resultados de la simulación contra los resultados observados del sistema real. Mediante esta comparación se determina si el modelo es una representación valida del sistema si al construir un intervalo de confianza el cero está incluido dentro de él. La validación se realizó a cada una de las variables obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Prueba t-pareada para las variables de las máquinas y montacargas.

Variables de tiempo	Intervalo de tiempo	Observación	Decisión
Máquina 1			
Preparación	(-0.1221, 0.2101)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Transporte	(-1.5001, 1.1828)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Colocación	(-0.2943, 0.0890)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Llenado y compactado	(-0.8150, 0.5856)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Traslado	(-0.4859, 0.5486)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Máquina 2			
Preparación	(-0.3737, 0.3591)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Transporte	(-2.5237, 2.5877)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Colocación	(-0.4188, 0.2281)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Llenado y compactado	(-1.0521, 0.3650)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Traslado	(-0.6198, 0.8024)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Máquina 3			
Preparación	(-0.1539, 0.0686)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Transporte	(-0.6018, 1.3831)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Colocación	(-0.0105, 0.3652)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Llenado y compactado	(-0.9540, 0.4700)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Traslado	(-0.2269, 0.3189)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Máquina 4			

 ISSN 2007-8102

Preparación	(-0.0688, 0.1942)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Transporte	(-1.8957, 1.5197)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Colocación	(-0.2505, 0.0145)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Llenado y compactado	(-0.4287, 0.2211)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Traslado	(-0.4337, 0.4297)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Montacargas			
Traslado de tarimas	(-0.0408, 0.0488)	Incluye al cero	Se acepta como válida
Maniobra de carga	(-0.7658, 0.0138)	Incluye al cero	Se acepta como válida

Por lo tanto, con un nivel de confianza del 95% se afirma que cualquier diferencia observada entre μx y μy no es estadísticamente significativa y puede explicarse por fluctuaciones aleatorias, aceptando que el modelo es válido.

7.- Diseño de experimentos

a) Determinación del número óptimo de corridas.

Un grave error al momento de conducir estudios de simulación es el de basar las decisiones en la observación de una solo corrida; para evitar este error, es necesario determinar el número de corridas óptimo y así, con los resultados de varias corridas, las decisiones pueden tomarse de manera adecuada.

Es posible determinar n*(β) incrementando i en uno hasta que un valor de i se obtiene para el cual:

$$n^*(\beta) = \min\left\{ i \geq n : t_{i-1,1-\alpha/2}\sqrt{\frac{S^2_{(n)}}{i}} \leq \beta \right\} \quad \ldots 1$$

Al aplicar la formula, se obtuvo que el número de replicaciones óptimo es 19 corridas del programa.

b) Descripción de las alternativas de mejora.

Alternativa 1

En la Figura 3 se aprecian las máquinas que existen en VACSA y la bodega de materia prima. De aquí la primera propuesta a evaluar es proporcionada por los propietarios de la empresa, ellos desean saber cuáles serán los cambios que sufrirá el sistema si construyen un centro de abastecimiento con capacidad de 60 toneladas de cemento más cerca de las máquinas que la bodega (ver Figura 4). El proceso de abastecimiento ahora será de la siguiente forma: se notificará al encargado del proceso que la materia prima se ha consumido, éste entonces informa al montacarguista, quien tendrá que llevar un saco con capacidad para 2 toneladas hasta el centro de abastecimiento, una vez en el lugar colocará el saco para que pueda ser llenado. El proceso de llenado ocupa un tiempo de acuerdo a la distribución Triangular con parámetros (6, 8, 9) minutos. El tiempo estimado de recorrido del montacargas es también conforme a la distribución Triangular pero con los siguientes parámetros (5.41, 5.49, 5.57) en minutos.

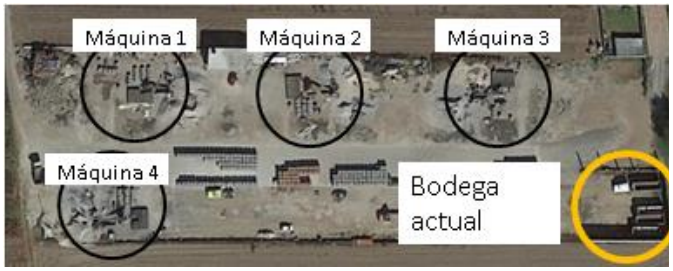


Figura 3. Ubicación de la bodega actual.



Figura 4. Ubicación del centro de abastecimiento (Alternativa 1).

 ISSN 2007-8102

Alternativa 2
El propietario de la planta ha observado que la demanda de su producto ha venido en aumento en los últimos meses, por ello toma la decisión de adquirir más maquinaria para producción y desea saber si comprar una o dos máquinas más para lograr satisfacer la necesidades del mercado. Él está dispuesto a capacitar a sus trabajadores para que operen de la misma forma como actualmente lo hace la máquina número 3, es decir, el tiempo de preparación de las mezclas seguirá la distribución Lognormal(2, -0.751, 0.473) y el tiempo de procesamiento será de Lognormal(13, 1.29, 0.577).

Entonces la alternativa es, determinar cuántas máquinas adicionales debe integrar al sistema de producción para satisfacer la demanda estándar de 20,000 unidades por pedido de sus clientes. ¿Bastará quedarse con 4 máquinas o debe incrementar a 5 ó 6? Para probar si la producción aumenta al incrementar el número de máquinas a 5 ó 6 se usará el optQuest de SIMIO®. Esta es una herramienta que utiliza algoritmos genéticos y búsqueda tabú para optimizar. Se decidió no probar más de 6 máquinas debido a que en estos momentos solo podrían invertir en 2 equipos nuevos, dada la situación económica de la empresa. La instalación de las máquinas se realizara como se muestra en la Figura 5.

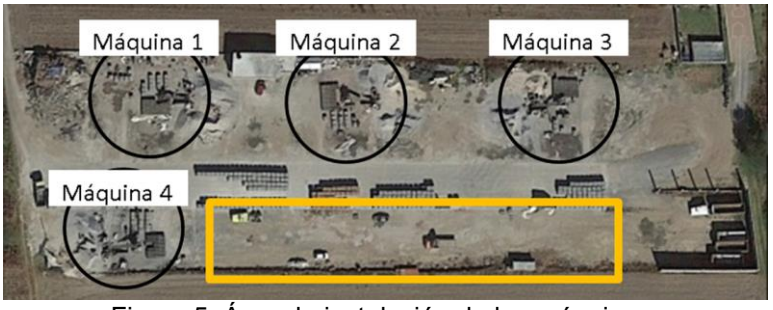


Figura 5. Área de instalación de las máquinas.

Corrida del modelo y alternativas
Una vez concluidas las 19 replicaciones del modelo original y de los modelos de las alternativas se analizaron las siguientes medidas de desempeño (o variables de salida): producción total por máquina, porcentaje de utilización de las máquinas, y porcentaje de utilización de los trabajadores y montacargas.

Resultados y discusión

Los resultados de las 19 corridas del modelo del sistema actual y las alternativas se describen a continuación.

- Producción total por turno.
Los datos proporcionados por el modelo de simulación del sistema actual y la alternativa 1 (Instalación de un centro de abastecimiento) se presentan en la Figura 6.

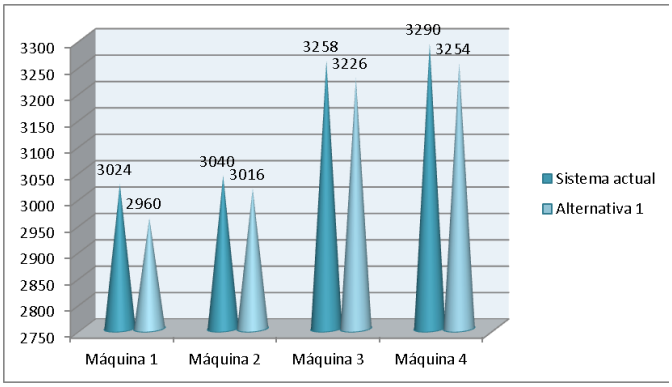


Figura 6. Comparación de la producción por máquina del sistema actual y la alternativa 1.

La cantidad de producción por máquina durante el turno de trabajo para la alternativa 1 es: máquina1, 2,960 piezas; máquina2, 3,016; máquina3, 3,226 y máquina4, 3,254. Mientras que, para el sistema actual, producción de la máquina1, 3,024 piezas; máquina2, 3,040; máquina3, 3,258 y máquina4, 3,290.

 ISSN 2007-8102

Por su parte para la alternativa 2 (Optimización del número de máquinas) se tienen los siguientes resultados, ver Figura 7.

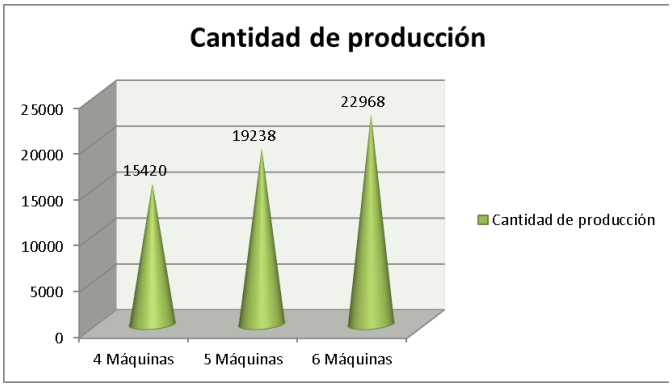


Figura 7. Cantidad de producción en la alternativa 2.

Como puede observarse en el gráfico, al tener 5 máquinas instaladas se alcanzaría una producción de 19,238 piezas fabricadas, mientras que, con 6 máquinas se lograrían fabricar 22,968 piezas de adoquines.

Porcentaje de utilización de las máquinas.
La Figura 8 muestra el porcentaje de utilización de las máquinas en el sistema actual y la alternativa 1.

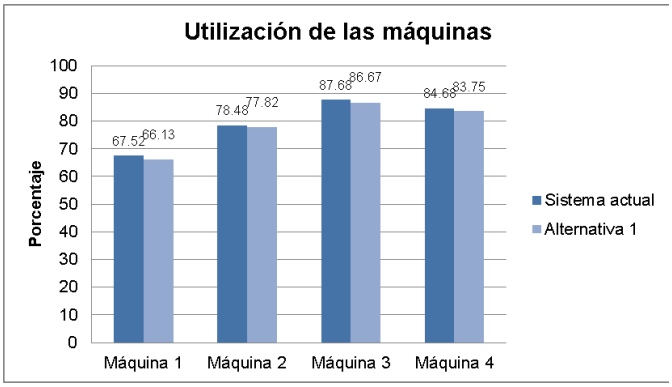


Figura 8. Porcentaje de utilización de las máquinas, sistema actual versus alternativa 1.

Para ésta alternativa el porcentaje de utilización de la máquina1 es 66.13%; máquina2, 77.82%; máquina3, 86.67% y máquina4, 83.75%. Por su parte para la alternativa 2 se alcanza una utilización promedio de las máquinas de 79.60%

El sistema actual por otro lado arroja los siguientes porcentajes de utilización de las máquinas: máquina1, 67.52%; máquina2, 78.48%; máquina3, 87.68% y máquina4, 84.68%.

Porcentaje de utilización de los trabajadores y montacargas.
En la Figura 9 se muestra el porcentaje de ocupación de cada trabajador y el montacargas en el sistema actual, y en la alternativa 1.

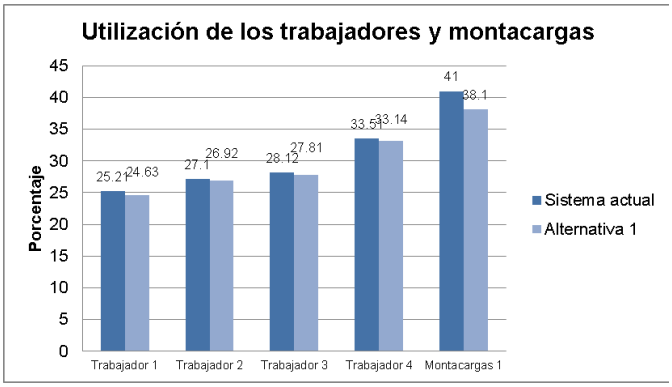


Figura 9. Porcentaje de utilización de los trabajadores y de los montacargas.

Los porcentajes mencionados de la alternativa 1 son: trabajador de máquina1, 24.63%; trabajador de máquina2, 26.92%; trabajador de máquina3, 27.81%, trabajador de máquina4, 33.14% y montacargas 38.10%. En la alternativa 2 se tiene un porcentaje promedio de utilización de los trabajadores de 28.89%
.

 ISSN 2007-8102

Finalmente en el sistema actual se tiene: trabajador de máquina1, 25.21%; trabajador de máquina2, 27.1%; trabajador de máquina3, 28.12%, trabajador de máquina4, 33.51%, y montacargas 41%.

Los índices de productividad del sistema actual y cada alternativa son:

1.- Sistema actual “61.47%”
2.- Alternativa 1 (Instalación de un centro de abastecimiento más cercano) “61.37%”
3.- Alternativa 2 (Optimización del número de máquinas) 66.92%

El análisis de resultados del sistema actual y las alternativas de cada medida de desempeño se resume en la Tabla 4

Tabla 4 Resumen de los resultados de las alternativas comparadas con el sistema actual.

Medida de desempeño	Sistema actual	Alternativa 1 (Centro de abastecimiento más cercano)	Alternativa 2 (Optimizar número de máquinas)
Porcentaje promedio de utilización de las máquinas.	79.59%	78.60%	79.60%
Porcentaje promedio de utilización de los trabajadores.	28.49%	28.13%	28.89%
Porcentaje promedio de utilización de los montacargas.	41.00%	38.10%	_
Cantidad de adoquines producidos por turno.	12,620	12,456	22,968
Índice de productividad.	61.47%	61.37%	66.92%

Las medidas de desempeño de la alternativa 1 son inferiores a las del sistema actual, por otro lado, las medidas de desempeño de la alternativa 2 son superiores.

Hay que recordar que el objetivo final fue el de cumplir con la producción de 20,000 adoquines por pedido, al mismo tiempo que se trata de incrementar la productividad. Al analizar las alternativas se puede concluir que la mejor opción en estos términos es el resultado de la alternativa 2, contar con 6 máquinas en el proceso cada una con su propia mezcladora.

Trabajo a futuro

El trabajo actual se realizó desde el punto de vista técnico donde se encontró una buena opción de implementación. Sin embargo se recomienda realizar un estudio de la viabilidad financiera.

Conclusiones

La simulación es una técnica poderosa cuando se emplea de manera correcta, su aplicación a través de la metodología propuesta por Law y Kelton (2001), permite tener un resultado exitoso. La construcción del modelo en el simulador SIMIO® resultó rentable, pues además de ser muy amigable con el usuario, posee la facilidad para crear modelos realistas. La animación realista de este simulador deja entender el sistema sin necesidad de ser el ejecutor del estudio.

Las alternativas evaluadas fueron: alternativa 1, construcción de un centro de abastecimiento; en esta alternativa se encontró que al implementarla las medidas de desempeño: porcentaje de utilización de las máquinas y trabajadores disminuyen, la producción cae 1.26% y la productividad pasa de 61.47% del sistema

actual a 61.37%, por lo que esta alternativa no mejora el sistema. Por otra parte la alternativa 2, optimización del número de máquinas, arrojó que el número óptimo de máquinas fue de 6 en lugar de 4, con su propia mezcladora. Los resultados obtenidos fueron: aumento en sus medidas de desempeño: porcentaje de utilización de las máquinas y trabajadores. La productividad en la alternativa 2 cambia de 61.37% a 66.92% y la producción aumenta un 81.99%, siendo ésta mejor que la alternativa 1 y que el sistema actual. Por lo tanto, la mejor alternativa en este estudio es la alternativa 2 puesto que es la única que cumple con la cantidad estándar de pedidos (20,000 adoquines) además de que incrementa la productividad.

Referencias

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2008). *Estadística para administración y economía.* México, D.F.: Cengage Learning.

Cao Abad, R. (2002). *Introducción a la simulación y teoría de colas.* La Caruña España: Netbiblo.

Chase, R. B., F., R. J., & Aquilano, N. J. (2014). *Administracion de Operaciones. Producción y cadenas de suministro.* México, D. F.: McGrawHill.

Coss Bu, R. (s.f.). *Simulación: Un enfoque práctico.* Limusa.

García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barron, L. E. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel.* México, D. F.: Person Educación.

Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad y productividad.* México, D.F.: McGrawHill.

Kelton, W. D., Smith, J. S., Sturrock, D. T., & Muñoz, D. F. (2012). *Simio y Simulación: Modelado, análisis y aplicaciones.* México D. F.: Simio LLC.

Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation Modelling and Analysis.* Estados Unidos de America: McGraw-Hill.

López Cabrera, A. G., & Cerón Prieto, J. A. (2013). *Aplicacion de simulación con Promodel (R) para mejorar el sistema de vialidad en el primer cuadro de la localidad de Maltrata, Ver.* Tierra Blanca, Veracruz: Sin Editorial.

López Cabrera, A. G., Moras Sánchez, C. G., Fuentes Rosas, L., Aguilar Lasserre, A. A., & Arellano Cruz, E. P. (2018). Modelo de simulación en SIMIO® del proceso de fabricación de adoquines evaluando alternativas de mejora. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*, 709-716.

Martín García, E., & Valeiras Reina, G. (2004). *Sistemas evolutivos y selección de indicadores.* Sevilla: Pinelo Talleres Gráficos.

Peñúñuri González, S., Gómez Muñoz, N. C., & Sanchéz Hervert, A. (2009). Distribución de planta para la fabricación de bloque ecológico de una empresa en etapa de post-incubación. *Innovando estrategias... Generando futuro.* Ciudad Obregón.

Ponce Cruz, P. (2010). *Inteligencia Artificial: Con aplicaciones a la Ingenieria.* México, D.F.: Alfaomega.

Rauch-Hindin, W. B. (1989). *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la actividad empresarial, la ciencia y la industria.* Madrid, España: Diaz de Santos, S.A.

Real Academia. (s.f.). Recuperado el 14 de Abril de 2018, de http://lema.rae.es/dpd/srv/search?id=SmVsQpE6kD60bafF60

Real Academia de la Lengua Española. (s.f.). Recuperado el 21 de Abril de 2108, de http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=simulaci%C3%B3n

Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones.* México: Pearson Educación.

Evaluación de estrategias de mejora en una nueva línea de producción mediante simulación en SIMIO

J.A. Gutiérrez Chico[1], C.G. Moras Sánchez[2], G. Cortes Robles[3]*
[1]Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 Número 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México.
[2]Departamento de Maestría en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 Número 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México.
[3]Departamento de Maestría en Ingeniería Administrativa, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 Número 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México.
**ja.gtzchico@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se realizaron modelos de simulación con el objetivo de evaluar y presentar propuestas de mejora con el software SIMIO, para la optimización en los procesos de una nueva línea de producción. El propósito del modelado es realizar una evaluación de los procesos que conforman la línea de carretillas, desde el suministro de la materia prima a la línea de producción hasta que se tiene el producto terminado y asistir en el proceso de toma de decisiones para la disminución de los desperdicios generados en el proceso y que no agregan valor al producto terminado, todo esto con el fin de la mejora continua de la empresa. La simulación permitirá trabajar con los posibles escenarios con los cuales se podrán evaluar las alternativas de mejora. De este modo, se utilizarán las alternativas que tienen un impacto positivo en los índices de productividad en la línea de producción de carretillas.

***Palabras clave**: Simulación, SIMIO, Ingeniería Industrial.*

Abstract

Simulation models were made with the objective of evaluating and presenting improvement proposals with SIMIO software, for the optimization of the processes of a new production line. The purpose of the modeling is to carry out an evaluation of the processes that make up the truck line, from the supply of the raw material to the production line until the finished product is taken and to assist in the decision-making process for the reduction of the waste generated in the process and that does not add value to the finished product, all this in order to continuously improve the company. The simulation will allow working with the possible scenarios with which the improvement alternatives can be evaluated. In this way, alternatives that have a positive impact on productivity indices in the truck production line will be used.

***Key words**: Simulation, SIMIO, Industrial Engineering.*

Introducción

En un mundo tan globalizado, donde la demanda de productos y dinámica de mercado es intensa, se está obligando a las organizaciones a trabajar en el mejoramiento continuo de sus procesos. Bellota México es una empresa global que se distingue por ofrecer productos de la más alta calidad, caracterizado por buscar en todo momento la eficiencia en sus procesos, referido de otra manera es que esta compañía usa sus recursos de manera inteligente para llevar a cabo sus actividades, siempre tratando de proporcionar un valor agregado al producto y lograr la satisfacción de los clientes potenciales.
Esta empresa cuenta con 12 áreas de fabricación, de las cuales 10 son para la fabricación de limas en sus diferentes presentaciones, y los dos restantes para la fabricación de otros productos, pero esta nave no cuenta con una línea para producir carretillas ya que anteriormente eran importadas por otras plantas pertenecientes a Venanpri Group, en especial se importaban de China, esto hacia que los costos aumentarán y por lo tanto el precio de venta no era nada competitivo en el mercado.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

México es un gran mercado para este producto (Carretillas), ya que se comercializan alrededor de 10,000,000 de carretillas en el país anualmente. Dado que en la empresa cuenta con espacio suficiente en esta nave para implementar dos líneas de producción más, los ejecutivos y partes interesadas han tomado la decisión de producir carretillas y palas. Bellota México se ha visto en la necesidad de implementar una nueva línea de producción de carretillas con 4 diferentes presentaciones, debido a la alta demanda de este producto, al crear esta línea se podrá surtir a almacenes y centros de distribución de esta empresa, el cual incluye la exportación de las mismas. La estrategia es tener una gran presencia en el mercado con un producto de calidad a un precio competitivo.
Dada esta situación es importante realizar un modelo que simule esta nueva línea y así poder corroborar la capacidad de fabricación de esta nueva línea, para que posteriormente se pueda lograr una eficiencia en la toma de decisiones, dado a la exploración de distintos escenarios y resultados, antes, durante y después de los procesos de implementación. Por lo que se presenta una propuesta para evaluar estrategias de mejora en su nueva línea de producción, que es la línea de carretillas utilizando la Simulación con el software SIMIO.

Metodología

Simulación

Simulación es el proceso de desarrollar un modelo computarizado de un sistema y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema para evaluar alternativas con las cuales se puede operar y mejorar el sistema (Moras Sánchez, 2018).

Justificación del uso de simulación

Se puede entender como modelo de un sistema toda la información que se tiene de las características y los componentes de un sistema, de su estructura y comportamiento con respecto al medio que lo rodea y que permita crear una representación mental del mismo. Cuando estos modelos mentales deben comunicarse a otras personas surge la necesidad de la representación física o abstracta de tales modelos. Un modelo es la representación simplificada de un objeto o sistema y cuando se plantean situaciones hipotéticas del funcionamiento del sistema en cualquier momento o situación se entiende como simulación del comportamiento del sistema en el modelo que lo representa. La simulación de eventos discretos es una herramienta de análisis que se difunde rápidamente en el ambiente empresarial, comprobando su utilidad para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la planeación de la producción y los inventarios, y con el diseño de los sistemas de producción y sus cadenas de suministros (García Dunna , García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2006).

La elaboración de un modelo de simulación es de gran ayuda en la toma de decisiones dentro de las empresas. Debido a que en esta empresa se estaba montando e instalado la nueva línea de producción de carretillas, es de gran importancia conocer si la maquinaria y el proceso con el que se estará trabajando en dicha empresa, responderá de manera satisfactoria a la demanda y expectativas que se tienen de este nuevo proceso y/o producto, y así poder proponer propuestas o alternativas que ayuden a agilizar este proceso. Dada esta situación es importante realizar un modelo que simule esta línea y así poder corroborar la capacidad de fabricación de esta nueva línea, para que posteriormente se pueda lograr una eficiencia en la toma de decisiones, dado a la exploración de distintos escenarios y resultados, antes, durante y después de los procesos de implementación. La forma de cumplir con esta meta será aplicando simulación en Simio y técnicas de Ingeniería Industrial.

Medidas de desempeño usadas en la simulación

Las medidas de desempeño que se pueden usar en cualquier estudio de simulación son las siguientes:

1. Número de piezas producidas por unidad de tiempo.
2. Tiempo que pasan las piezas en el sistema.
3. Tiempo que las piezas esperan en cola.
4. Inventario de trabajo en proceso.
5. Utilización de equipo y personal.
6. Proporción de tiempo que una máquina es bloqueada o parada.
7. Valor presente neto, costos y ganancias.

Supuestos del modelo

Existen algunas consideraciones que se toman en cuenta para la creación de los modelos de simulación que representarán la nueva línea de producción de carretillas:

 ISSN 2007-8102

1. La simulación se correrá en horas.
2. La cantidad de merma y productos defectuosos de la línea están dados en unidades.
3. Las capacidades de las máquinas son las proporcionadas por los proveedores.
4. Se considerará un operador por máquina.

Medidas de desempeño que se evaluarán en el sistema

Las medidas de desempeño que se evaluarán en los modelos de simulación de la línea de producción de carretillas son las siguientes:

1. Piezas buenas producidas por turno.
2. Incremento de producción por turno.
3. OEE (Disponibilidad, rendimiento y calidad).
4. Porcentaje de utilización de las máquinas.

Algunas de estas medidas de desempeño servirán para comparar el desempeño del sistema en diversos escenarios.

Recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo en un periodo de 10 meses, para lo cual inicialmente se tuvo que investigar cuales serían las máquinas con las que contaría esta línea de producción de carretillas, ya que al ser una línea que apenas se estaba montando no se conocía por completo su funcionamiento y se tenían que conocer las especificaciones técnicas de la maquinaria, y posteriormente que la línea de producción estuviera montada se empezaría a tomar tiempos con cronometro. Para comprender el proceso de fabricación de cada uno de los componentes del producto final fue necesario observar las actividades que se llevan a cabo dentro de la línea de producción.

Prueba de bondad de ajuste

Después de recolectar los datos necesarios para la modelación del sistema, se les realizaron pruebas de bondad de ajuste para así determinar que distribución de probabilidad representan su comportamiento.
En la Tabla 1, se puede observar la prueba de bondad de ajuste que se le realizó al tiempo de procesamiento de la prensa de 45 toneladas en el proceso de las patas. Esta prueba de bondad de ajuste se realizó con los datos obtenidos en ese proceso y en esa máquina.
La prueba de bondad de ajuste proporciona la distribución que representa el proceso, y de igual forma proporciona los parámetros de dicha distribución, por lo que la prueba de bondad de ajuste proporcionó la siguiente información: la distribución que representa este proceso es la distribución normal, con una media de 5.6 segundos y una desviación estándar de .89 segundos. Esta prueba se realizó a todos los datos obtenidos del sistema.

Tabla 1. Ejemplo de prueba de bondad de ajuste al tiempo de procesamiento en prensa de 45 toneladas.

	string 0	real 1	real 2	boolean 3	real 4	real 5	boolean 6	real 7	real 8	boolean 9	real 10	real 11	real 12	string 13	string 14	string 15
string	Distribution	Chi statistic	Chi value	Result Chi	KS statistic	KS value	Result KS	AD statistic	AD value	Result AD	Parameter1	Parameter2	Parameter3	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3
1	Erlang	22.2158	24.9967	true	0.5889	1.3580	true	0.5854	2.4920	true	5.540018511	0.865205531		Mu = 5.5	Sigma = 0.87	
2	Lognorm	26.6316	24.9967	false	0.7359	1.3580	true	0.5188	2.4920	true	5.594642913	0.867455532		Mu = 5.6	Sigma = 0.87	
3	Gamma	32.6949	24.9967	false	0.8143	1.3580	true	0.6520	2.4920	true	41.41430205	0.135122402		Alpha = 41	Beta = 0.14	
4	Normal	24.8722	24.9967	true	0.9530	1.3580	true	1.0470	2.4920	true	5.596	0.893064387		Mu = 5.6	Sigma = 0.89	
5	Triangle	65.6333	23.6854	false	2.9988	1.3580	false	24.5458	2.4920	false	5.596	4.2	8.94	c = 5.6	a = 4.2	b = 8.9
6	Uniform	67.7917	24.9967	false	3.7493	1.3580	false	26.2326	2.4920	false	4.2	8.94		Start = 4.2	Stop = 8.9	
7	Negexp	387.3333	26.2974	false	5.3480	1.3580	false	33.0687	2.4920	false	5.596			Beta = 5.6		

Validación del modelo conceptual

Se corroboró que el modelo conceptual este representado adecuadamente al sistema real. El modelo conceptual se basó en los cuadros de secuencia que se realizaron, los cuales se basaron en los diagramas de flujo que se elaboraron. Este modelo conceptual fue validado por el ingeniero a cargo del proyecto.

 ISSN 2007-8102

Construcción del modelo

Mediante el uso de un software de simulación, en este caso se utilizó el Software Simio, se elaboraron los 5 sistemas que conforman el proceso de éste nuevo producto tratando de no entrar a un grado de detalle excesivo. Los conocimientos que se implementaron en este proyecto y en la construcción del modelo de simulación se adquirieron en la asignatura de Simulación, que se imparte dentro del programa de la maestría en ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba. Para la elaboración de los cinco modelos resultantes, se aplicaron los conocimientos adquiridos en la clase de simulación y de nuevos conocimientos, como cursos de simulación en Simio, que fueron necesarios para poder simular los modelos lo más cercano a la realidad. Los cinco modelos de simulación se construyen de acuerdo al diagrama de flujo de las operaciones en el sistema. En la Figura 1, se puede observar el modelo final de la nueva línea de producción de carretillas. En la figura se pueden observar las prensas y maquinaria que se necesita para el funcionamiento de esta línea de producción.

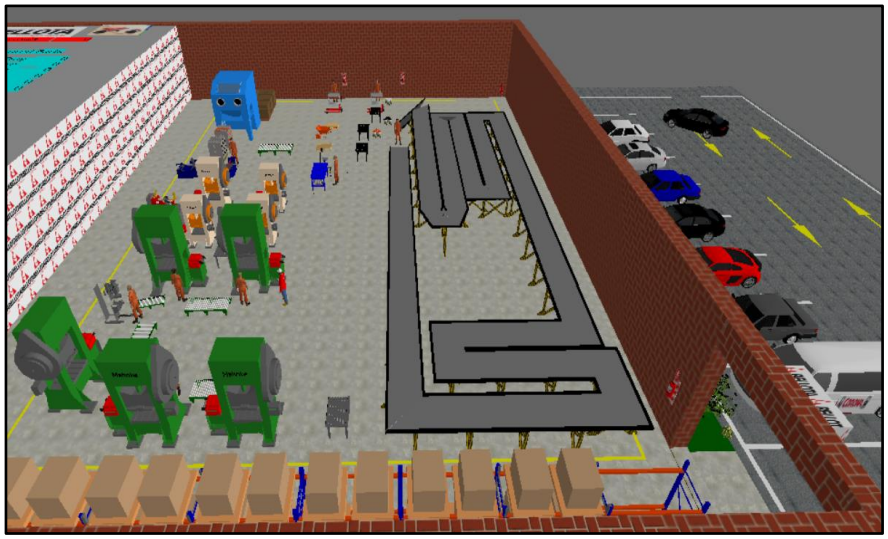


Figura 1. Modelo de simulación de la nueva línea de producción.

Pruebas piloto

Después de elaborado los cinco modelos de simulación fue necesario realizar pruebas piloto para probar que el modelo corra como lo hace el sistema real. Se realizaron pruebas piloto a cada uno de los cinco modelos de simulación. Los resultados de las pruebas pilotos de los cinco modelos de simulación fueron los que se le presentaron al ingeniero a cargo del proyecto para que él pudiera verificar si los modelos se asemejaban al proceso real en las actividades y en los resultados obtenidos.

Validación: Prueba t-pareada

Después de verificar los modelos de simulación, el siguiente paso fue validar los cinco modelos de simulación, en donde se buscaba asegurar que los datos obtenidos por el modelo de simulación eran estadísticamente iguales a los datos que se obtuvieron en el proceso real a través de una o más medidas de desempeño.Para este paso se realizó la prueba t-pareada con la finalidad de comprobar que los modelos de simulación arrojaran datos estadísticamente iguales al sistema. En este caso se empleó la medida de desempeño piezas buenas por turno, para lo cual fue necesario realizar 10 corridas piloto a cada uno de los cinco modelos de simulación e ir registrando la medida de desempeño.

Para validar los cinco modelos se empleó la prueba de t-pareada, la cual es una prueba de hipótesis que plantea como hipótesis nula que la media de los datos arrojados por la simulación es igual a la media de los datos arrojados por la simulación y la media de los datos reales del sistema son diferentes. Para determinar si se acepta o se rechaza la hipótesis nula se genera un intervalo de confianza con un nivel de significancia dado, que para este problema fue del 5%, en donde si este intervalo contiene al cero se acepta la hipótesis nula y se puede decir que cualquier variación entre ambas medias no es significativa al de nivel de α y que esa variación puede ser explicada por fluctuaciones aleatorias, aceptando de esa forma que el modelo es válido.

En caso contrario de que el intervalo de confianza calculado con el nivel de significancia dado no contiene al cero, se dice que la diferencia entre ambas medias es significativa al nivel de α y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que levaría a dudar de la validez del modelo de simulación.
La validación consiste en corroborar que el programa arroje datos estadísticamente igual a los del sistema real. Para tal efecto se utiliza la prueba t-pareada, la cual confronta los resultados arrojados por la simulación con los datos reales observados. En la Tabla 2, se observa el resumen de las pruebas de t-pareada que se realizaron a los 5 procesos (Tray, frame, leg, leg brace, y tray brace) de fabricación que se llevan en esta línea de producción. Con esta prueba se validaron los 5 procesos, lo cual da certeza sobre la confiabilidad de la información que se obtenga de los modelos.

Tabla 2. Resumen de las pruebas de t-pareada.

Producto	Intervalo de confianza	Decisión
Tray	(-2.40616709 , 2.00616709)	Válido
Frame	(-1.51287776 , 1.91287776)	Válido
Leg	(-4.91709428 , 2.31709428)	Válido
Leg Brace	(-3.15151377 , 4.15151377)	Válido
Tray Brace	(-4.15817773 , 3.35817773)	Válido

Diseño de experimentos

La meta al realizar experimentos con el modelo de simulación no es solo averiguar que tan bien opera un sistema en particular, sino aumentar la visión para poder mejorar el sistema. Para realizar los experimentos en simulación, es necesario antes encontrar el numero óptimo de corridas del modelo. En este paso se determina el número de corridas óptimo del modelo. En la Tabla 3 se puede observar el numero óptimo de corridas para cada modelo de simulación, que resulto del diseño de experimentos para modelo de simulación.

Tabla 3. Número de corridas óptimas.

Producto	i = 10	β	Réplicas
Tray	2.2061	1	39
Frame	1.7128	1	25
Leg	3.617	2	28
Leg Brace	3.6515	3	14
Tray Brace	3.7581	3	15

Resultados y discusión

Proceso tray

Entre las mejoras que se analizaron y que se proponen para el proceso del tray o concha de la carretilla son las siguientes:

1. Se trabajó con una ruta alternativa de producción la cual es la siguiente: prensa 1001- prensa 1002- prensa 1003- Grafadora- prensa 1004- prensa 1005- prensa 1008- Línea de pintura- PadPrint- Empaquetado y almacén. Esta nueva ruta proporcionó resultados muy favorables para la línea de producción.

 ISSN 2007-8102

2. Colocar la mesa de corte/engrasado junto a la primera prensa hidráulica ya que ahí es donde comienza el proceso de la concha. Se evita tener que transportarla de un lado a otro, evitando la pérdida de tiempo y esfuerzo de los operadores.
3. El enganche inmediato de las conchas en la línea de pintura, sin tener que esperar a que se acumulen una cierta cantidad de conchas para arrancar la línea de pintura.
4. Inspección de entrada del producto.
5. Inspección de salida del producto.

La producción meta actual por turno del proceso del Tray o concha de la carretilla es de 105 unidades, y en la Figura 2 se observa que con la propuesta de mejora que se analizó para este proceso se podrán producir 181 unidades buenas al final del turno. En la propuesta de mejora en la línea de producción se tiene una mayor producción de unidades debido a las mejoras que se proponen dentro de la línea.

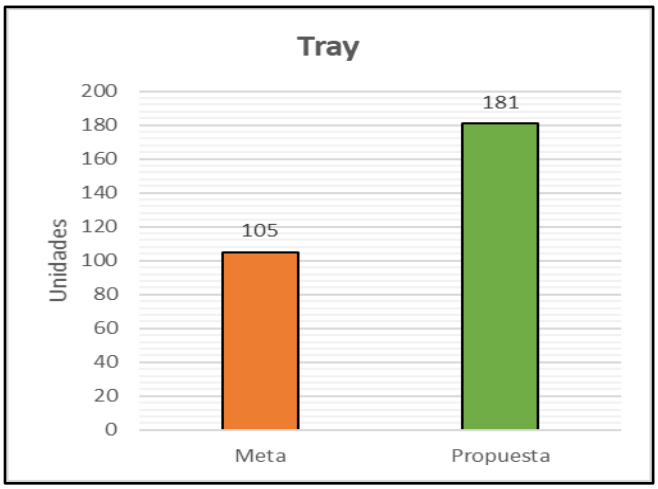


Figura 2. Gráfica de producción meta vs propuesta del tray.

En la Figura 3 se observa el incremento porcentual de la propuesta para el proceso del tray, en comparación al proceso de la producción meta. Note que en la propuesta se producen 181 unidades buenas al final del turno, lo cual da un incremento del 72.38% en comparación al proceso de la producción meta. En esta misma gráfica se comparan los OEE de los procesos de la producción meta y de la propuesta. El OEE de la producción meta es del 42.52%, y el OEE de la propuesta es de 69.34%. Este indicador es muy importante para la empresa, ya que en la empresa se trabaja con la filosofía de lean manufacturing, y este indicador sirve para la aplicación de la mejora continua.

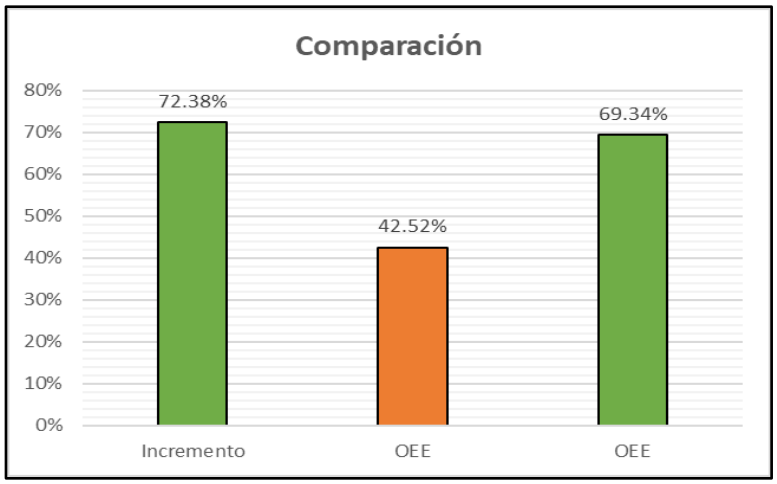


Figura 3. Gráfica de comparación del tray.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 4, se observa el modelo de simulación del tray o concha en formato 2D o segunda dimensión en el simulador Simio. Este modelo fue el que sirvió para modelar y evaluar las propuestas de mejora que se mencionaron anteriormente.

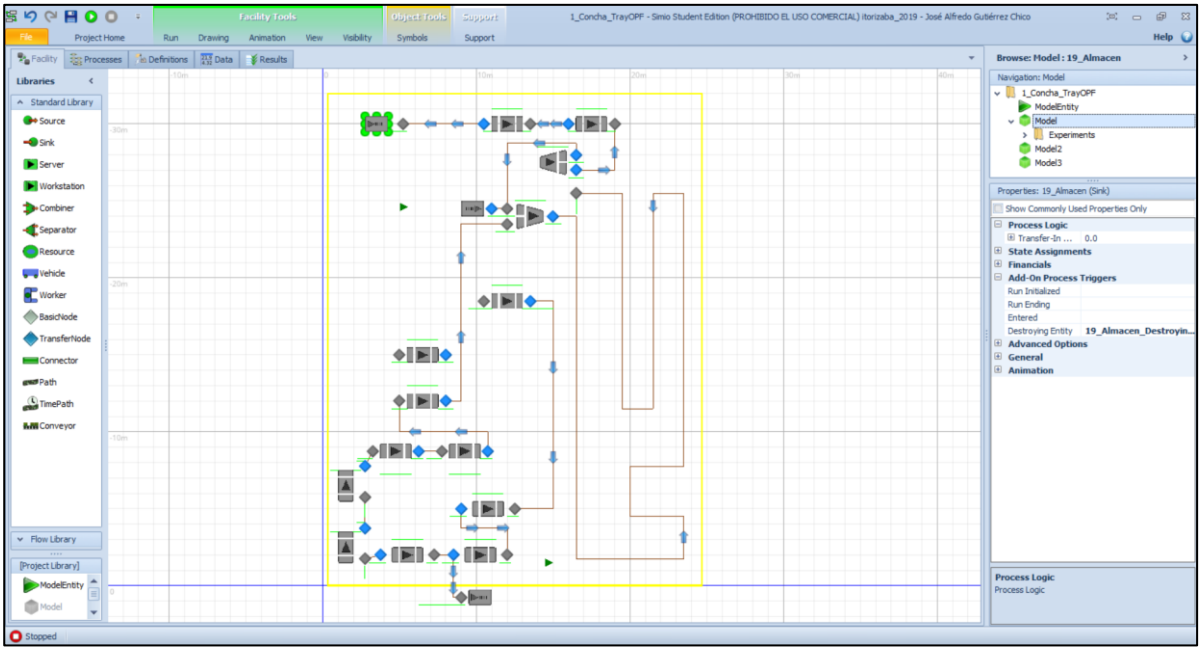


Figura 4. Modelo de simulación del tray en 2D.

En la Figura 5 se observa como finalizó el modelo de simulación del tray o concha en 3D o tercera dimensión, en cuya figura se pueden observar las prensas con las que se trabaja en esta línea de producción.

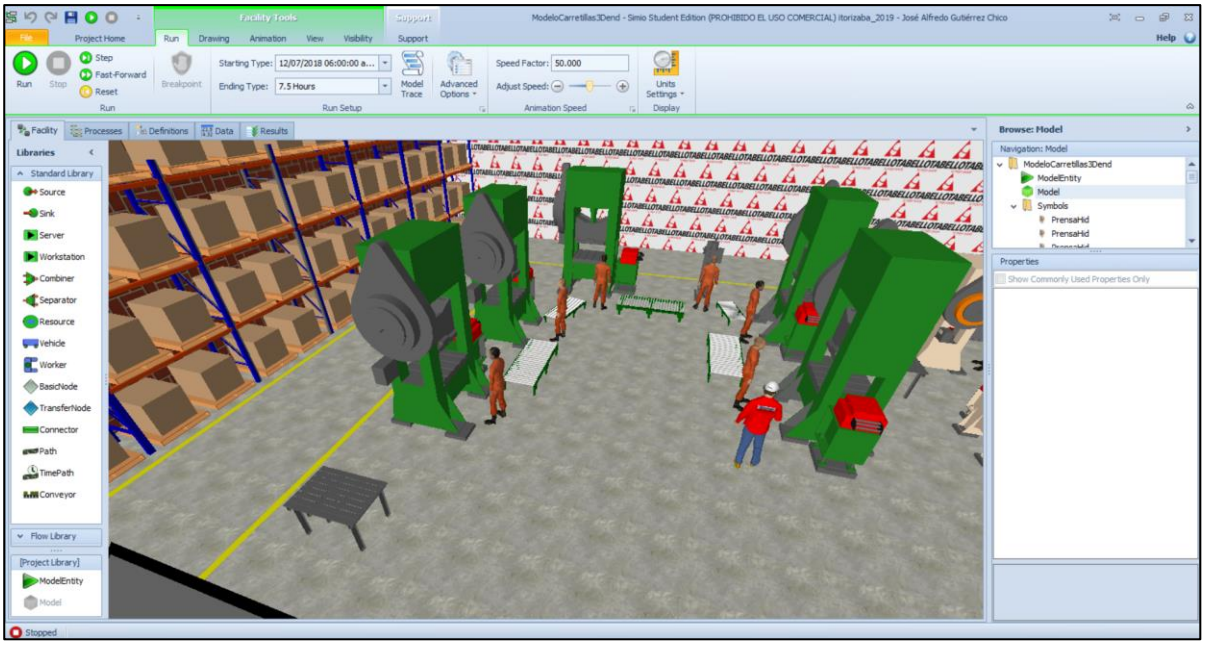


Figura 5. Modelo de simulación del tray en 3D.

Trabajo a futuro

Realizar todos los estudios que se puedan en esta nueva línea de producción, ya que en esta empresa se trabaja con la filosofía de lean manufacturing. Se sugirió que se aplicara six sigma, las herramientas de core tools dentro de esta línea de producción.

Conclusiones

Se realizaron modelos de simulación con el objetivo de evaluar y presentar propuestas de mejora con el software SIMIO, para la optimización en los procesos de una nueva línea de producción. El propósito del modelado fue realizar una evaluación de los procesos que conforman la línea de carretillas, desde el suministro de la materia prima a la línea de producción hasta que se tiene el producto terminado y así poder asistir en el proceso de toma de decisiones para la disminución de los desperdicios generados en el proceso y que no agregan valor al producto terminado, todo esto con el fin de la mejora continua de la empresa.

Referencias

1. Achkar, V. G., Picech, L. S., & Méndez, C. A. (2015). Simulación y optimización de la logística de materiales y productos finales asociados a una línea de envasado de latas. Simposio Argentino de Informática Industrial, 125-136.
2. Aguilar Lasserre, A. A., Moras Sánches, C. G., & Sánchez Cardenas, E. (2009). Optimización de un diseño de procesos representando a la demanda como un parámetro incierto usando algoritmos genéticos como ayuda a la toma de decisiones. Academia Journals, 15.
3. Banks, J. (1998). Handbook of Simulation. Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice. Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc.
4. Corporación Patricio Echeverria. (28 de Julio de 2018). Bellota. Obtenido de http://www.bellota.com/GT/es/grupo-corporacion/190/nuestra-historia
5. Corpotación Patricio Echeverria. (30 de Julio de 2018). Bellota. Obtenido de http://www.bellota.com/PE/es/grupo-corporacion/estrategia/191/mision-vision-y-valores
6. Delgado Godina, J. A., & García Santamaría, G. (2015). Propuesta de mejora en el proceso de fundición de acero de una micro empresa familiar, para incrementar su productividad reduciendo los 7 desperdicios utilizando lean manufacturing. Universidad Nacional Autónoma de México.
7. Dennis Pegden, C. (2018). Simio Forward Thinking. Obtenido de https://www.simio.com
8. García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. (2006). Simulación y análisis de sistemas con ProModel. México: Pearson Educación.
9. Gómez M., R. A., & Correa E., A. A. (2011). Análisis de implementación de sistemas de bandas transportadoras en patios de almacenamiento en empresas de minería de carbón con ismulación discreta y diseño de experimentos. Boletín de Ciencias de la Tierra, 19.
10. Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOI.
11. Herrera, O. J., & Becerra, L. A. (2014). Diseño general de las etapas de simulación de procesos con énfasis en el análisis de entrada. Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.
12. Kelton, W. D., & Law, A. M. (2000). Simulation Modeling and Analysis. Estados Unidos de América: Mc Graw Hill.
13. Molina Gómez, J. C., Eguía Salinas, I., & Racero, M. J. (2016). Diseño y aplicación de una herramienta para la optimización de rutas de vehículos con aspetos medioambientales. Dep. Organización Industrial y Gestión de Empresas 1.
14. Moras Sánchez, C. G. (Enero de 2018). Introducción a la simulación. Orizaba, Veracruz, México.
15. Prieto Renda, D., Peláez Lourido, G., & Ares Gómez, E. (2015). Integración de modelos de fabricación mediante simulación con herramientas informáticas y lean manufacturing. Universidad de Vigo Escola de Enxeñería Industrial.
16. Ruiz López, J. M. (2015). Gestión y arranque de línea de producción "Mixed model manufacturing - 3P". CIRTEQ.
17. Sánchez Olivares, P. (2013). Reingeniería del almacén de materiales y refacciones de Sivesa. Orizaba, Veracruz, México: Instituto Tecnológico de Orizaba.

Análisis estratégico de un sistema calentador de agua

A. Barbosa Moreno[1], C. E. Mar Orozco[1], O.Merinos[1], D.C. Echartea Cuevas[2], W.L. Zúñiga Antúnez[3]*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Av. 1° de Mayo 1610, Col. Los mangos, Ciudad Madero, C.P. 89460, Tamaulipas, México
[2]Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Av. 1° de Mayo 1610, Col. Los mangos, Ciudad Madero, C.P. 89460, Tamaulipas, México
[3]Estudiante de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Av. 1° de Mayo 1610, Col. Los mangos, Ciudad Madero, C.P. 89460, Tamaulipas, México

a.barbosa.moreno@gmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen

El agua es un recurso indispensable en la vida de los seres humanos, con el paso de los años se ha presentado una gran problemática debido a su desperdicio, en el presente artículo se muestra el resultado de la investigación llevada a cabo en la cual se propone realizar un sistema calefactor de agua, con la ayuda de una aplicación para teléfono móvil, controla el nivel de agua y la temperatura óptima deseada por el usuario. Por ello a través de la herramienta Análisis Nueve Ventanas se permite conocer el pasado, presente y futuro del producto. Además, con las herramientas Lean Canvas y Canvas Early Adopter se conoce el modelo de negocio del producto, conociendo con este último la opinión del cliente.

***Palabras clave**: Agua, Almacenamiento, Control, Modelo Canvas.*

Abstract

Water is an indispensable resource in the life of human beings, over the years there has been a great problem due to its waste, this article shows the result of the research carried out in which it is proposed Performing a water heating system, with the help of a mobile phone application, controls the water level and the optimum temperature desired by the user. Therefore, through the Nine Windows Analysis tool, it is possible to know the past, present and future of the product. In addition, the product business model is known with the Lean Canvas and Canvas Early Adopter tools, knowing the customer's opinion with the latter.

***Key words**: Water, Storage, Control, Canvas Model.*

Introducción

En estos últimos años se ha presentado un gran problema de desperdicio de agua, ya que esta representa solo un pequeño porcentaje del planeta por tal motivo se debe hacer conciencia de su uso y racionarla para que futuras generaciones tengan la oportunidad de aprovechar este recurso que es de suma importancia para los seres humanos.

En la mayoría de las regiones, el problema no es la falta de agua dulce potable sino, más bien, la mala gestión y distribución de los recursos hídricos y los métodos y sistemas dispendiosos. La mayor parte del agua dulce el 70% se utiliza para la agricultura, mientras que una cantidad sustancial se pierde en el proceso de riego. Naciones Unidas: Cumbre de Johanessburgo [2002].

Con el sistema calefactor de agua se pretende disminuir el desperdicio de esta debido a que cuando las personas desean agua caliente al esperarla se desperdician litros de esta, el sistema funcionará a través de una aplicación móvil la cual le enviará una señal indicándole la temperatura ideal, cantidad de litros y la hora en la cual lo requiere.

Por lo tanto, través de las herramientas Análisis nueve ventanas, Lean Canvas y Canvas Early Adopter, se conocerá más a fondo el producto. Con el análisis nueve ventanas se analiza el pasado, presente y futuro del producto en cuestión, lo cual permite visualizar que innovaciones son necesarios y/o buenas para el antes mencionado.

Mientras que la herramienta Lean Canvas permite visualizar el mercado al cual se desea impactar, por lo general esta herramienta la utilizan empresas incipientes, para partir desde un punto estratégico y conocer así si existen probabilidades de éxito para la empresa. Por ultimo el Canvas Early Adopter en la primera versión se plasma un supuesto de lo que el cliente hace para resolver el problema al cual el producto o servicio quiere dar solución, mientras que en la segunda versión ya conociendo la opinión del cliente se presenta la solución a dicho problema.

Metodología

Para llevar a cabo el análisis de este producto en esta investigación se tomaron en cuenta las siguientes herramientas:

Análisis Nueve Ventanas es una forma de evaluar la evolución técnica de los productos. Esta herramienta permite observar el sistema dentro de una estructura jerárquica y de una estructura en el tiempo, lo que permite comprender, de manera desagregada, las características específicas de un problema. Mediante la identificación de parámetros evolutivos del sistema se puede llegar a alguna hipótesis de evolución del sistema técnico, o a elementos técnicos que contribuyan a la evolución.

Las transiciones en el tiempo representan las contradicciones técnicas que han sido superadas a través del cambio de determinados parámetros, cuando se va del pasado al presente, ayudando a determinar las contradicciones del problema actual, cuando se va del presente al futuro Valenciano [2012].

El Lean Canvas es una adaptación del Modelo Canvas de Alexander Osterwalder, creada especialmente para el diseño y análisis de modelos de negocios con base en la relación entre el mercado y el producto o servicio. Su propósito es facilitar el desarrollo de empresas emergentes que presentan un elevado nivel de incertidumbre en su modelo de negocio, así como también promover el uso de la metodología Lean Startup en la gestión empresarial.

En el lienzo Lean Canvas se mantiene el esquema gráfico original del Modelo Canvas, se utilizan nueve módulos básicos para definir la estructura del modelo de negocio. En el centro de la estructura se coloca la propuesta de valor, un elemento que establece el enlace entre los módulos destinados a describir y analizar el mercado, ubicados en la parte derecha, y los módulos ubicados en la zona izquierda que utilizaremos para analizar y desarrollar los productos o servicios que ofrecemos al mercado. Planteado de esta forma se tiene un esquema que es adecuado para sintetizar o analizar un modelo de negocio con base en el ciclo crear-medir-aprender sobre el cual se fundamenta la metodología Lean Startup.

Estos son sus nueve bloques:
Segmentos de clientes: en lugar de atender un mercado de masas, se dirige a los Early Adopters. Un prototipo de cliente ideal para perfeccionar la propuesta de valor.

Problemas: es un elemento que sustituye al de asociaciones clave. Para una startup es más importante detectar el problema sobre el cual se va a centrar la actividad del negocio que estar buscando con quién se va a asociar.

Propuesta de valor: se mantiene la idea de señalar lo que nos diferencia del resto, pero orientado a exponer lo que ofrece nuestra solución al problema con respecto a otras soluciones disponibles.

Solución: este módulo sustituye al de las actividades clave. Consiste en definir las principales características que debe tener el producto o servicio que está destinado a resolver el problema o necesidad.

 ISSN 2007-8102

Canales: en esencia se mantiene el propósito de ubicar cuáles serán los medios para contactar a los segmentos de clientes, con la intención de hacerle llegar nuestra solución. Incluye todo lo relacionado con la experiencia del cliente, no sólo la fase de ventas.

Flujos de ingreso: no presenta variantes, en ambos esquemas consiste en definir los medios mediante los cuales vamos a generar dinero.

Estructura de costes: tampoco presenta variantes, en ambos esquemas se trata de especificar todos los elementos o actividades que generan gastos.

Métricas clave: este bloque sustituye al de recursos clave, representa uno de los elementos novedosos y de mayor significancia para el análisis y desarrollo del negocio. Hay que identificar los indicadores adecuados que debemos medir para la toma de decisiones con criterio.

Ventaja competitiva: un renglón que sustituye al de las relaciones con los clientes. Es el rasgo o característica principal que nos define, lo que nos pone uno o varios escalones por encima de otros competidores y que les será muy complicado de alcanzar, Modelo Canvas [2019].

Canvas Early Adopter tiene como objetivo de los primeros 7 bloques es el de centrar el segmento de clientes del tipo Early Adopter y la propuesta de valor de la empresa. El bloque adicional es una llamada a la acción para que salgas a la calle, busques a tus supuestos clientes Early Adopters, les entrevistes y verifiques de manera práctica si lo que tu creías sobre tus clientes es cierto o no (Validar las hipótesis de partida y convertirlas en hechos). Prim [2013].

Cabe mencionar que las características de los Early Adopter son:
•Son clientes que quieren solucionar una necesidad y están buscando productos que los ayuden en ese sentido.
•Los early adopters son clientes que ya están usando otros productos para solucionar su necesidad, pero aún están insatisfechos.
•Ellos no son influenciados por otros para comprar. Están en el mercado a la caza de producto que les ayuden a solucionar su necesidad.
•Si les gusta tu producto es muy probable que publiquen acerca de tu producto y lo promocione entre sus conocidos.
•Son sinceros y están dispuestos a darte información sobre tus productos en el mercado, Destino Negocio [2015].

Resultados y discusión

En este trabajo de investigación se aplicaron las siguientes técnicas Análisis Nueve Ventanas (Figura 1) Lean Canvas (Figura 2), Canvas Early Adopter versión 1 (Figura 3) y Canvas Early Adopter versión 2 (Figura 4).

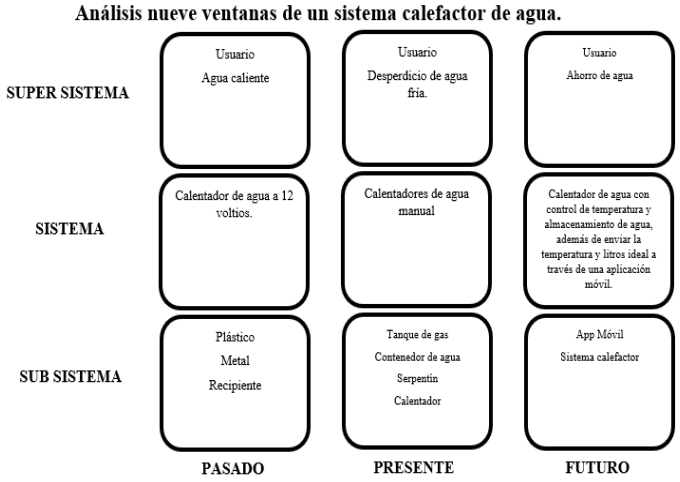


Figura 1. Análisis Nueve Ventanas: Sistema Calefactor de agua

 ISSN 2007-8102

En el pasado las personas calentaban el agua con un calentador de 12 voltios, la forma de utilizarlo era colocando el calentador en un recipiente con agua, corriendo el riesgo que esta se calentara de más o no se calentara en su totalidad. Actualmente la mayoría de las casas o establecimientos que lo requieren cuentan con un calentador de agua manual, pero este no controla la temperatura ideal ni la cantidad de litros que requiere el usuario por ello los primeros litros de agua fría que salen por la regadera se desperdician. En el futuro se pretende que el sistema calefactor de agua ahorre agua con la ayuda de una aplicación móvil que le indicará al sistema la temperatura y cantidad de litros deseada, así como la hora en la cual se utilizará (véase figura 2).

<table>
<tr><td>LEAN CANVAS
VERSION 1.0</td><td colspan="4">SISTEMA CALEFACTOR DE AGUA</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">ELABORADO POR: Zúñiga Antúnez Wendy Lucero</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SOCIOS CLAVE
>Empresas dedicadas a la venta de calentadores.
> Socios estratégicos.</td><td>ACTIVIDADES CLAVE
>Diseño.
>Producción.
>Distribución.
>Evaluación de su funcionamiento.
>Asesoría técnica y acompañamiento.</td><td rowspan="2">OFERTA DE VALOR
Dispositivo para controlar la cantidad de agua y la temperatura deseada por el usuario.

Ventajas:
>Ahorro de agua.
>Mejora la economía de las familias.
>Crear conciencia en la sociedad.</td><td>RELACIÓN CON CLIENTES
>Trato personalizado.
>Instalación del equipo.</td><td rowspan="2">SEGMENTO DE MERCADO
>Familias con estratos socioeconómicos A/B, C+, C, C-.
>Población económicamente activa.</td></tr>
<tr><td>RECURSOS CLAVE
>Recurso humano.
>Recurso financiero.
>Recurso intelectual.</td><td>CANALES
>Difusión por radio.
>Televisión.
>Página Web.
>Fabricante-Usuario.
>Fabricante-Intermediario-Usuario.
>Fabricante-Minorista-Usuario.</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTRUCTURA DE COSTOS
>Costos por infraestructura de la empresa.
>Materia prima o materiales.
>Personal especializado.
>Comercialización del producto.</td><td colspan="3">FUENTES DE INGRESOS
>Comercialización del producto.
>Margen de contribución del 40%.</td></tr>
</table>

Figura 2. Lean Canvas: Sistema Calefactor de agua.

Como se observa en la figura anterior el mercado a impactar son las familias de clase media-alta y la población económicamente activa, teniendo como socios clave a empresas dedicadas a la venta de los mismos, en la oferta de valor las ventajas principales es el impacto en el ahorro de agua y a su vez el ahorro de dinero, mejorando la economía en las familias que utilicen el producto, las actividades clave a realizar es la evaluación de su funcionamiento, asesoría técnica, entre otras, ofreciendo un trato personalizado, teniendo como canales la difusión por medios de comunicación, la relación fabricante-usuario, entre otros. Las principales fuentes de ingresos es la comercialización y el margen de contribución de un 40%, la estructura de costos es la infraestructura de la empresa, materia prima, personal especializado. Los recursos claves son el humano, financiero e intelectual.
Se presenta la herramienta Canvas Early Adopter:

 ISSN 2007-8102

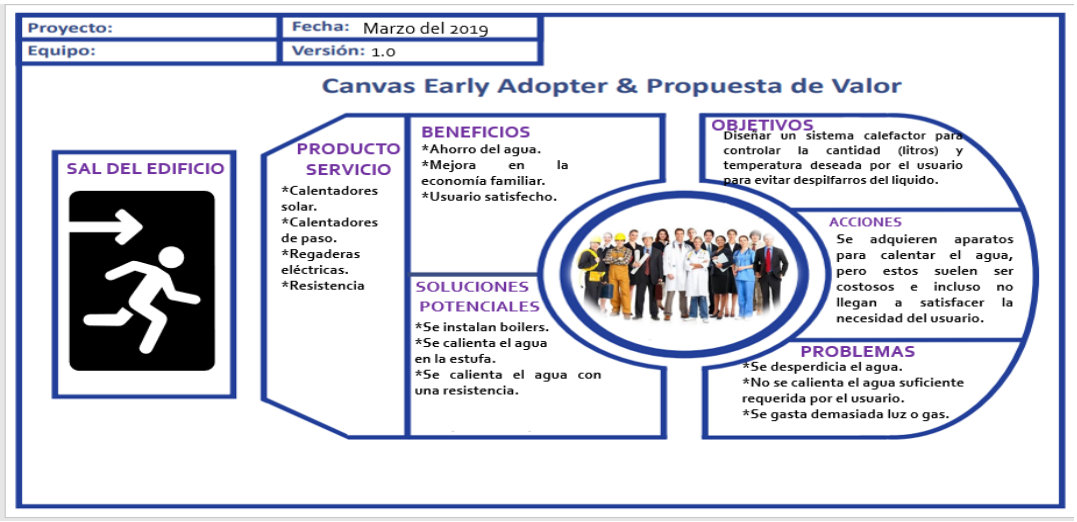


Figura 3. Canvas Early Adopter Versión 1.

Canvas Early Adopter, versión 1.0, se debe tomar en cuenta que al realizar esta versión no se tiene conocimiento alguno de la opinión del cliente. El Early Adopter es la población económicamente activa y familias de clase media-alta. Se pretende como objetivo diseñar un sistema calefactor de agua capaz de controlar la temperatura y cantidad de agua deseada por el usuario trayendo como beneficios el ahorro de agua, satisfacción del usuario y la mejora en la economía familiar. Los usuarios actualmente adquieren aparatos costosos que no llegan a satisfacer sus necesidades, trayendo consigo desperdicio de agua, cantidad y temperatura de agua no deseada. Las soluciones que los usuarios presentan ante esta situación calientan el agua deseada con resistencias o siguen usando los aparatos comunes.

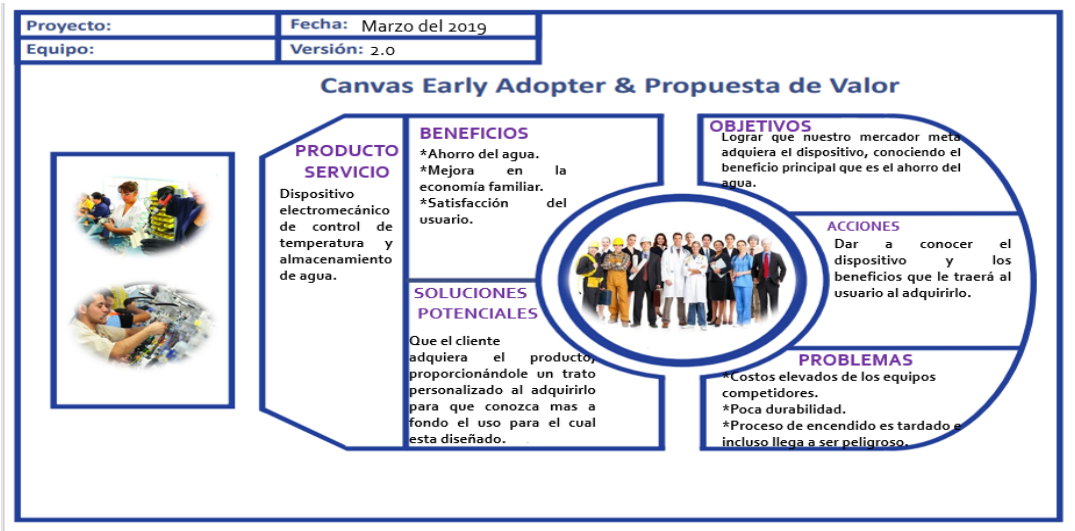


Figura 4. Canvas Early Adopter Versión 2.

Mientras que en el Canvas Early Adopter, versión 2, conociendo la opinión del Early Adopter se puede observar que los problemas principales que estos presentan son los costos elevados en los equipos, la poca durabilidad y el encendido llega a ser tardado e incluso peligroso, por mencionar algunos. Se pretende dar un trato personalizado al cliente para que conozca más del uso para el cual está diseñado.

Trabajo a futuro

Una vez llevadas a cabo la aplicación de las herramientas se procederá a la elaboración en físico del dispositivo calentador de agua.

Conclusiones

Al aplicar la herramienta de análisis nueve ventanas, se visualiza como ha ido evolucionando este producto, se pudo observar que actualmente existe desperdicio de agua lo cual es un problema grave que se esta presentando, por ello es importante poner en marcha este tipo de sistema calefactor porque además de ahorrar agua, se evitan accidentes al encendido del calefactor y por último se ahorra tiempo.

La herramienta Lean Canvas permitió aterrizar todas las ideas para el arranque de una empresa dedicada a la venta de este sistema calefactor, es de vital importancia conocer que horizonte se debe tomar ya que de ahí depende el éxito o fracaso de esta, además de los posibles mercados a impactar y cual el plus que se le ofrecerá al cliente para que adquiera el producto. Al aplicar el Canvas Early Adopter en la primera versión solo son supuestos de lo que el cliente desea en cambio en la segunda versión se plasma realmente lo que el cliente quiere y que hace en la actualidad para resolver el problema.

Estas tres herramientas se complementan debido a que en el análisis nueve ventanas permite conocer el sistema, super sistema y subsistema del producto, mientras que el Lean Canvas, poner en claro hacia donde se quiere ir como empresa y por ultimo el Canvas Early Adopter la opinión y deseos del cliente.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero por las facilidades para llevar a cabo este trabajo.

Referencias

1. Destino Negocio. (2015). Obtenido de https://destinonegocio.com/pe/negocio-por-internet-pe-pe/la-importancia-de-los-clientes-early-adopters/
2. INCAE. (Mayo de 2018). Obtenido de INCAE: https://www.incae.edu/es/blog/2018/05/21/lean-canvas-un-lienzo-para-emprendedores.html
3. Modelo Canvas. (2019). Obtenido de https://modelocanvas.info/lienzo-canvas
4. Naciones Unidas: Cumbre de Johanessburgo . (mayo de 2002). Obtenido de http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/agua_ni.htm
5. Prim, A. (Septiembre de 2013). Innokabi. Obtenido de https://innokabi.com/lienzo-de-propuesta-de-valor-descubre-que-quieren-tus-clientes/
6. Sanchez, X. (2011). emprenderalia. Obtenido de https://www.emprenderalia.com/lean-canvas-aprende-a-disenar-modelos-de-negocio/
7. Valenciano, G. M. (2012). Anales. Obtenido de http://revista-anales.icai.es/web/n_27/seccion_4.html

Software innovation for inventors with TRIZ: an ToolKit assisted by integrated manufacturing systems and simulation

G. Flores Téllez[1], J. Garnica Gonzalez[2], J. Medina Marin[3], H. Niccolas Morales[4] y P. Nuño de la Parra[5]*
[1-4]Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería Industrial, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km. 4.5 carretera Pachuca – Tulancingo, colonia Carboneras de Mineral de la Reforma, Pachuca de Soto, Hidalgo, México. C.P. 01219. C.P. 42074.
[5]UPAEP, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México
**gft17@yahoo.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Abstract

This research considers the approach and development made in a proposal of innovation software that integrates synergistically a virtual generator system. It is an instrument of design, analysis, simulation and interfaces of manufacture, relies on with the functions SIM and the TRIZ methodology tools. The function of the software uses libraries, an extensive base of knowledge, developed and verified previous cases. The reuse of existing design elements is a set of reusable knowledge that have proven their effectiveness if appropriate inventive principles are used. The TRIZ methodology is a very propitious tool to invent innovative and functional products, it has several tools to assist in the innovation process.

***Key words**: TRIZ, innovation, software, integrated manufacturing systems*

Introduction

Innovation is an essential element in establishing competitive advantages and represents a component of economic development in companies. In Mexico, technological advancement and innovation is a continuous requirement of companies, facing the demands of global competition in international markets (CONACYT, 2014). Innovation implies a complex process that is promoted by economic, technical and social factors, it is also a process that requires creativity to begin and conceive a significant variety of contributions (López, R., Salas, A., Hernández, D., Cortes, R. & Alor, G., 2010). The TRIZ methodology is a very favorable tool for inventing innovative, functional and attractive products for potential customers; TRIZ has several tools to help users in the innovation process (Oropeza, R., 2011). Each of TRIZ tools serves as an innovation filter to find improvement resources or alternatives for innovative solutions for product design. That is why the TRIZ methodology is considered as a support instrument for innovators and an integrating element, that is, according to its creator, Genrich S. Altshuller, the TRIZ algorithm is a ladder for inventors, a method that takes a problem complex and what divides into several steps, through an organized creative process (Flores, G., Garnica, J. and Millán, E. A., 2014). TRIZ is a method that has been used for many years to develop new products and patents, it has proven to be very effective in the practical application of the fundamentals of Physics, Chemistry, mechanics and medicine, among other fields of knowledge. The fundamental principle is to find a particular solution of a general one, although it has been applied in a different field (Fernández, E. D., 2012). There are several documented success stories of companies, national and foreign universities that inform TRIZ as an amplifier of creative talent and researchers consider TRIZ as a platform that optimizes profits and production in a shorter time, compared to methods linear that were applied conventionally (Lemus, C., Domb, E., Hernández, J. C., Hernández, J. G., Mitre, H. A., García, A. y Manjárrez, J. R. , 2011). However, it is necessary to obtain accurate and reliable results in the product design, the solutions obtained, to be assisted by the use of software to assist in the design, manufacture and engineering of the product (Córdova, E., Flores, G., y Torres, S. J., 2006). It is of utmost importance the application of TRIZ together with CAD / CAM / CAE software and simulation, for the development of prototypes and the strengthening of innovative and inventive skills (Flores, G., Millán, E. A. y Flores, T., 2007).

TRIZ helps to systematically define current conflicts in the design of structured processes, through the use of inventive principles and their tools. TRIZ allows to meet the functionality requirements that are contradictory to the desirable characteristics of the product under development (Beltrán, E., Juárez, U. and Cortes, G., 2011). Cases

of studies have been reported in which through the use of TRIZ and specialized software, constructed objects can be used to obtain information on the early stages of the design process of said objects and thus accelerate product development, so There is an improvement in runtime, which has been shown to optimize the process. The use of this methodology achieves better results in terms of time(Cárdenas, C., Sosa, R. and Olvera, O., 2011). This research represents an approach to the integration of TRIZ algorithms together with the functions of software based on manufacturing systems integrated in the design and generation of new products. The goal is to maximize useful functions due to the challenges facing the industry. Many authors say that TRIZ can be used as an assistant, as well as its tools and technical elements that allow the systematization of the creative process (Fernández, E. D., 2012). With current technology, it is possible to identify the main companies that develop a certain line of research and reveal valuable information about the technological tren (Cantu, C. and Güemes, D., 2012).
This research is an intangible technological development, an innovation software designed that is formed by a virtual generator system. The software is a solution to the high investment costs of the purchase, training and implementation of computer-aided design, manufacturing and engineering platforms to help the creative process in the design of new products. The software is an instrument of design, analysis, simulation and manufacturing interfaces, it has the functions of integrated manufacturing systems. It is through the application of the TRIZ methodology tools that it was possible to develop this proposal and achieve its implementation as part of its function. The software function uses libraries, a broad knowledge base, previous cases developed and verified.

Methodology

Description of the problem

The use of specialized computers and software (CAD / CAM / CAE) for the design of products, as instruments of support in different human activities has gained great importance, to the point that today it is almost inconceivable to live in a competitive world. Such tools, such as design software, have a high cost. The need to develop new products is a complicated activity that requires simple tools and at present this condition has not been verified compensated with the available software (Dadyko, O., Pérez, R. D., González, S. and Ramírez, H., 2012). It is considered that the personnel that work in the companies and the students dedicated to the development of the product, receive an incomplete instruction because they are taught the commands of the CAD software, but not the instruction of activities that allow the development of creativity and innovation. Creative designers have better salaries and are highly desired by companies. It is of the utmost importance for the implementation of TRIZ together with the software necessary for the development of models and the development of creative skills. (Martínez, L., Zapata, A., Castillo, B. E. and Hernández, V., 2011). Creativity is a central and necessary database for the stages of the process of developing new products, to propose inventive solutions that are likely to evolve. To achieve this objective, it is necessary to integrate innovation techniques and a new progressive algorithm.

Companies need new technologies and more adapted approaches to preserve or increase their capacity for innovation. The creation of new successful products is essentially a multidisciplinary process and the development of an innovative product should be guided by the concept of ideality, typical of the TRIZ methodology approach and backed by software that provides an economy of time and material resources. In a company, the objective is to avoid wasting resources and reworking so that the accuracy and creation of products close to the needs of customers in the first attempt is extremely desirable (Montiel, A. and Montalvo, N., 2012). It is undeniable that there is great competition from companies in the world whose competitive advantage in greater proportion develops in technologies to minimize production time and costs. Several companies and institutions need to buy specific software for fast and reliable results. While the possibility of having a computer-assisted tool is a competitive advantage for companies, the acquisition and implementation process is certainly complex. At the time of acquiring the software, 50% of the investment refers to the payment of the license and another 50% includes the training and adaptation of the technical requests of the software, which in most cases results in very high investments .

In this context, software users have had to search and master the diversity of options offered by commercial companies. For their part, TRIZ experts have applied the independent methodology to the use of specialized computer programs. Until now, there is insufficient creation of software alternatives that integrate TRIZ into product innovation processes (Guided Brainstorming LLC, 2015). It is worth mentioning that there is no 3D graphic interface that helps the creative process with TRIZ because so far only the contributions of the databases and the

 ISSN 2007-8102

relationship of variables have been covered to provide conceptual recommendations through some tools such as the matrix of contradictions, field diagrams, substance and technological monitoring of patents.

Innovation software development stages with TRIZ tools

The proposed design process for innovation software with TRIZ tools is described in three main stages:

1. First Stage: Product Design and Development
2. Second Stage: Methodological Measures
3. Third Stage: customer

Figure 1 describes in general the methodology used to design, develop and structure the proposed innovation software.

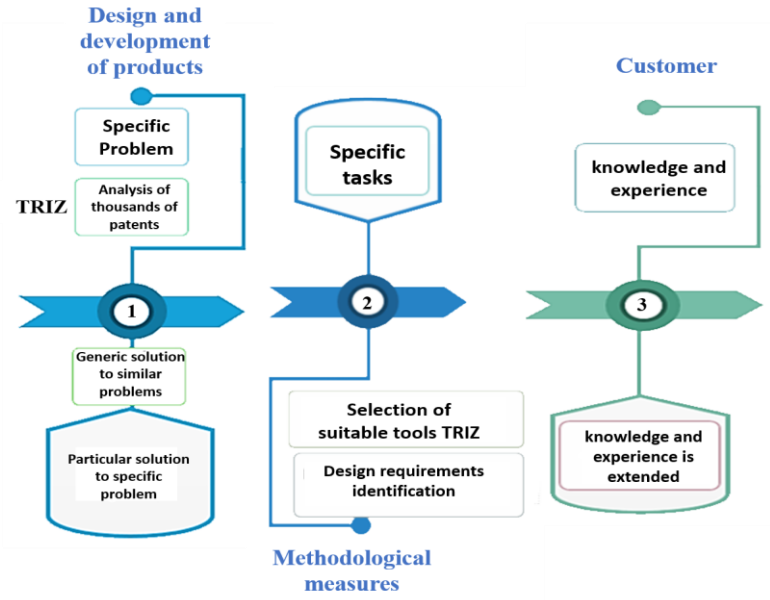


Figure 1. Innovation software development stages with TRIZ tools

The first stage corresponds to the design and development of products. The first stage fully shows the need to understand the operation of real conditions, their elements, relationships and objectives to create a system. This step helps us to have a very close idea of the components in which the simulation software will be carried out, thus determining the appropriate TRIZ tool to obtain results at a lower cost. For this stage the following aspects are considered objectives, results to be achieved, time required, resources required and scope of the function. The variables of interest, whether decisions and answers, are also considered. These variables are the elements that define the behavior and are relevant to its operation, which is represented in a generic way. The second stage establishes the phase of methodological measures. At this stage the design needs are identified where it is necessary to make a general plan that involves the specific tasks and selection of appropriate TRIZ tools. In the specific tasks the programs that will be used in the development of the innovation software simulation are considered. It is necessary to establish which functions of the program are adapted to the system to be simulated. The selection of the appropriate TRIZ tools establishes as factors to consider for their application the number of people involved in the innovation process, the cost of the process and the investment and establishes how long each of the simulation phases will take. It is possible at this stage to know the expected results at the end

 ISSN 2007-8102

of each stage, that is, with the time already established for each stage, the result must be established in each of them, which can help monitor the progress of the entire process of simulation. The sources of information are also defined in this step, so that data collection is closely linked to the duration of the application of the model, since the time required to obtain the information depends on it. At this stage, the data collected regarding the previously defined variables are studied in order to establish their behavior and that they will be introduced into the simulation software so that it can be ensured that the simulation parameters work correctly according to the behavior system original. In the third stage concerning the client, the business and market aspects for decision-making are considered. Once the relevant analyzes and the presentation of the corresponding report have been carried out, it is necessary that the people involved, make decisions based on the costs involved in the labor involved, possible delays of the operation due to the changes and the time that it will take to make the proposed changes. Finally make conclusions and recommendations of the process. Figure 2 shows the structure of the analysis of each stage contained in the methodology for the development of innovation software with TRIZ tools.

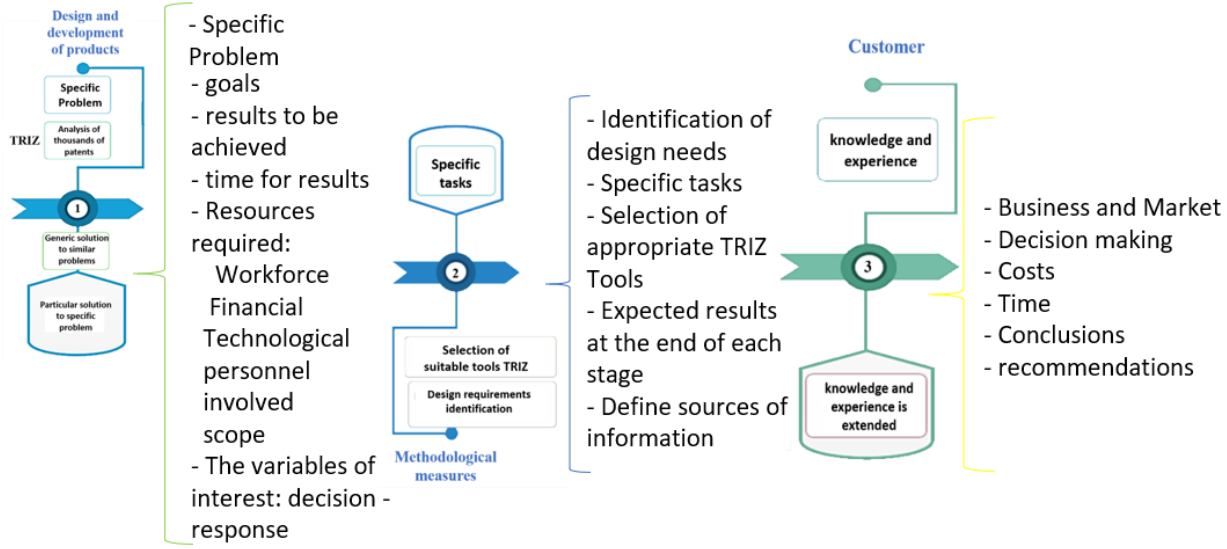


Figure 2. Structure of the analysis of each stage contained in the methodology for the development of innovation software with TRIZ tools.

Based on the above, the proposed innovation software that integrates a virtual generator system is developed. It is an alternative for companies, organizations and institutions that do not have high economic resources and require software support for the development of innovation and engineering projects. It is an instrument of design, analysis, simulation and manufacturing interfaces, it offers the advantage of having computer-assisted engineering programs for SIM (Integrated Manufacturing Systems) functions, guided by TRIZ tools.

Results and Discussion

The function of the software uses libraries, an extensive base of knowledge; previous cases developed and verified under the license GNU. When recycling existing design elements, there is a set of reusable knowledge that has verified its effectiveness if the appropriate inventive principle is used (Beltrán, E., Juárez, U. and Cortés, G., 2012). It is based on a collaborative structure that allows the application of basic knowledge and facilitates the transfer of knowledge; It also describes and creates the conditions to allow open innovation, collaboration and software

 ISSN 2007-8102

architecture services. The collaborative environment helps guide creativity and unite the requirements of problems with models tested in engineering and with specific experiences derived from their application (López, R., et al., 2010). In Figure 3, the follow-up of the process of compiling libraries available in C of the Open Cascade Technology Public License is proposed, to make a proposal on the Windows platform and, on the other hand, to migrate the C code to Java, to have a multiplatform option, through the architecture in Linux.

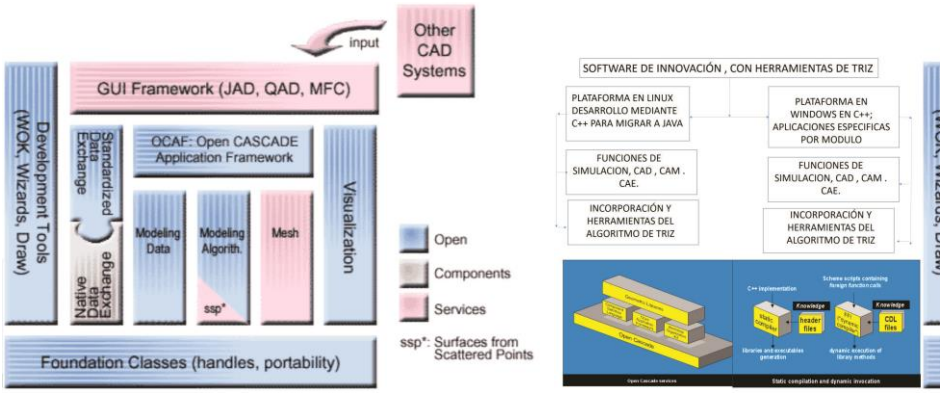


Figure 3. Summary of compilation of available libraries and modular structure of the OPEN CASCADE

OPEN Cascade is a powerful platform to develop 3D design programs that model applications. It consists of C reusable object libraries and a development hardware system that are available in open source. It includes components for 3D surface and solid modeling, visualization, data exchange and rapid function development. It can be applied in the development of numerical software, including CAD / CAM / CAE and simulation. It was decided to use OPEN CASCADE because by having access to the source code of the existing applications that have been tested, it provides additional stability and resistance to the solutions and uses. This code can be freely adapted, modified and enriched by the necessary functionality according to the particular needs of the programmer. The open cascade is open source and there are no license fees, as long as the company's terms are met, which prohibits the benefit of programs generated without prior authorization. This structure is mainly divided into: Class base, data modeling, modeling algorithms, coupling, visualization, data exchange (standardized), application of work forms (OCAF), GUI work forms and development tools. The use of object-oriented programming allowed linking other concurrent engineering integration functions as a current technological trend. The innovation program is in the process of creating modules to create an interface that can be used by people who are familiar with some computer-aided design concepts or any user who has basic computer skills. Figure 4 shows the main display window with the shortcuts of the functions of the technology support libraries to generate routines oriented to the specific use of the software.

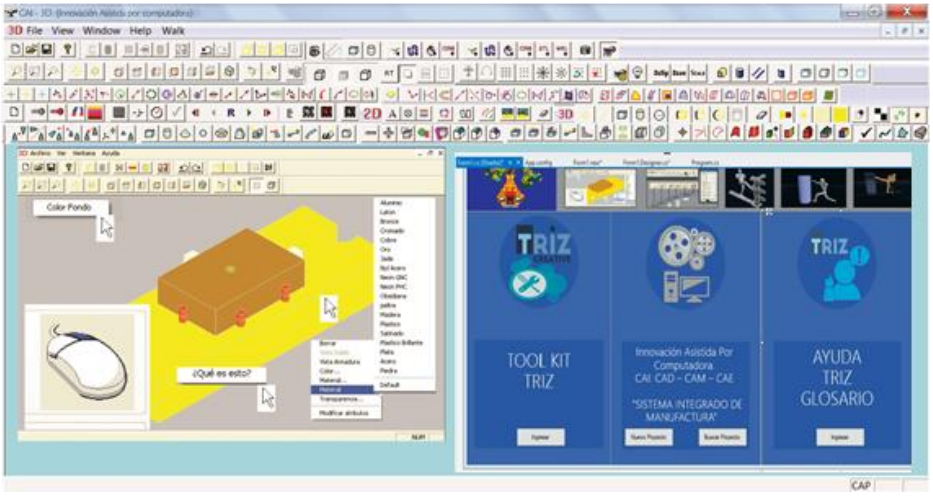


Figure 4. Main display window Innovation software with TRIZ tools

 ISSN 2007-8102

This development is considered a competitive advantage in the product innovation process, due to the reduction of costs, time and effort. Some applications of the 3D graphic environment for software use are illustrated in Figure 5.

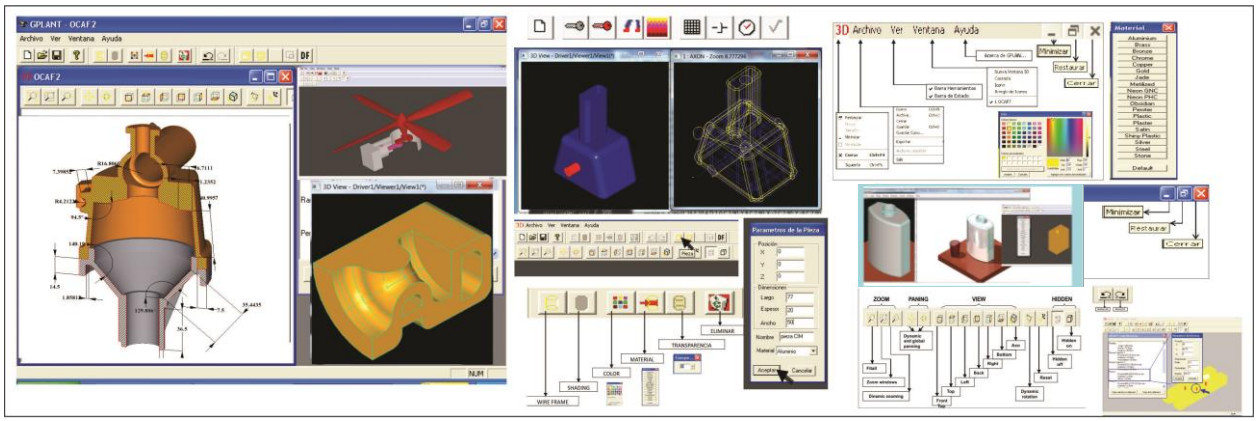


Fig. 5. Applications of the 3D graphic environment for software

Future work

It is necessary to keep the research in constant feedback to update the trends of application of the TRIZ methodology, which have demonstrated its growth and expansion from various fields of knowledge. It is recommended to apply the model and make necessary adjustments for design functions, whose activity involves intangible resources. It is recommended to maintain technology surveillance and monitoring to update the versions of the virtual platform alternatives and library updates. It is important to mention that the functions of the program were considered for future use and to allow continuous improvement, the programming algorithm requires time and constant investigation of cases for its evolution, since it consists of the interrelation of modules that are integrated into the functions of TRIZ tools and design, analysis and simulation instruments. It is recommended to perform programming algorithms to automate the functions of the model from the different stages involved in its application. It is advisable to carry out studies regarding the application of TRIZ for the generation of software to assist in ergonomic design, simulation and integrated manufacturing systems. These technological tools require constant feedback that allows development that is accessible to Mexican companies that compete with the cutting-edge technologies of first world countries.

Conclusions

Program code handles object-oriented progra6mming, remains open for constant feedback and progress of modules, functions and applications. Open Cascade Technology Public License Libraries provide flexibility for future input because it builds on an international collaborative community that performs continual updates and improvements to the code base. It is recommended to carry out the development and technological projects of computation in operating system and Linux platforms, since it provides the compatible elements, necessary and economically appropriate to expedite the processes of investigation and development, even It is possible to perform optimally the transfer of code of an exclusive language of an environment, to move them to a multiplatform application.

The proposed innovation software, offers a great diversity of advantages over the engineering software that are commercial, emphasizes the integration of the tools of TRIZ that assists and facilitates the fast learning, the manipulation of applications and orients to the creative process of product development. Another exclusive advantage is that it allows the import and export of projects, which provides compatibility and ease of use in combination of applications with other software. It is recommended to conduct studies in co-authorship and multidisciplinary collaboration to stimulate the scientific production and creation of new technologies,

with the participation of people from all sectors, whether academic, governmental, business and further promote the participation of the social sector. To boost the culture of innovation in Mexico.

References

1. Altshuller, G. (2006). And suddenly the inventor Appeared, TRIZ, the Theory of inventive problem solving. (2nd ed.), Worcester. MA: published by Technical Innovation Center, Inc
2. Beltrán, E., Juárez, U. y Cortés, G. (Noviembre, 2012). Patrones de diseño de software con principios inventivos. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Orizaba, Veracruz, México.
3. Beltrán, E., Juárez, U. y Cortes, G. (Octubre, 2011). TRIZ en el desarrollo de arquitecturas de software. VI Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Querétaro, México.
4. Cantú, C. y Güemes, D. (Noviembre, 2012). Análisis de tendencias tecnológicas en la industria del BITUMEN utilizando GOLDFIRE. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Orizaba, Veracruz, México.
5. Cárdenas, C., Sosa, R. y Olvera, O. (Octubre, 2011). TRIZ-based Design of Rapid 3D Modelling Techniques with Formative Manufacturing Processes. VI Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Querétaro, México.
6. CONACYT (2014). Documento de Inducción al programa de estímulos a la innovación, disposiciones 2015.(REDNACECYT).
7. Córdova, E., Flores, G., y Torres, S. J. (Septiembre, 2006). Diseño Funcional de un aparato para el desarrollo de la elasticidad (FXL). I Congreso Iberoamericano de innovación Tecnológica, ISBN: 9688639230. 103-119. Puebla, México.
8. Córdova, E., Vargas, F., Méndez, A. y Andrade, H. A. (Diciembre, 2010). Applying TRIZ in The Software Development. V Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica Basado en TRIZ, ISBN: 9786074872347. Puebla, México.
9. Coronado, M. , Oropeza, R. y Rico, E. (2005). Triz, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática. México. D.F: Panorama.
10. Dadyko, O., Pérez, R. D., González, S. y Ramírez, H. (Octubre, 2012). La resolución de contradicciones físicas para asistir el diseño conceptual de nuevos productos. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Orizaba,Veracruz, México.
11. Darrell, M. (2002). Manufacturing technology evolution trends. Integrated Manufacturing Systems, 2(13), pp.86 – 90.
12. Darrell, M. (Diciembre, 2010). Beyond TRIZ: the science of business innovation, the science of intangibles. V Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica Basado en TRIZ, ISBN: 9786074872347. Puebla, México.
13. Darrell, M. (Octubre, 2008). Levers to breakthrough solutions. III Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. México.
14. Domb, E. (Noviembre, 2008). Teaching TRIZ to Beginners. III Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Guadalajara, México.
15. Domb, E., Miller, J.A. y Czerepinski, R. (Diciembre, 2010). Improve TRIZ Teaching and Learning by Getting Out of the Classroom. V Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica Basado en TRIZ, ISBN: 9786074872347. Puebla, México.
16. Fernández, E. D. (Noviembre, 2012). A systematic method using triz tools for generating software architectures. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Orizaba, Veracruz, México.
17. Flores, C. & Leon, N. (2013). Methodology to solve inventive problems derived from TRIZ, based on a global knowledge based semantic search.
18. Flores, G. y Millán, E. A. (Diciembre, 2010). El kung fu de la metodología TRIZ para la Generación del Conocimiento. V Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica Basado en TRIZ, ISBN: 9786074872347, 87-98. Puebla, México.
19. Flores, G., Garnica, J. y Millán, E. A. (Noviembre, 2014). TRIZ como elemento de integración de planes de negocios, en la creación de nuevos productos y servicios. caso: productores de la sierra norte del estado de Puebla. IX Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica y Desarrollo de Productos,1-15. México, DF.
20. Flores, G., Millán, E. A. y Flores, T. (Noviembre, 2007). Empleo de la metodología TRIZ, para la creación de un generador de programas de ingeniería asistidos por computadora para las funciones CAD-CAM-CAE-CAPP-CAQ. II Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, Monterrey.

21. Foundation of modern innovation methodology. ARIZ: Documentary of the Director of public laboratory of inventive methodology: Genrich Saulovich Altshuller with Students of Azerbaidzhan Public Institute of the Inventive Creativity. 2007. Recuperado de: www.triz.org
22. Fundación de la innovación Bankinter (2013). Lo que antes era innovación ahora es presente. Future Trends Forum. Madrid, España.
23. Fundación de la innovación Bankinter. (2010). El arte de innovar y emprender, cuando las ideas se convierten en riqueza. Madrid, España.
24. Guided Brainstorming LLC, 2015: http://gbtriz.com/product/triz-gbtm-mobile-app-iphone-and-android
25. Hernández, G. A., Ramírez, S. E., Alcorta, M. A. y Tercero, V. G. (Noviembre, 2012). Reconstrucción tridimensional de piezas de manufactura a partir de la información en 2d aportada por un escáner láser de alta precisión. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, México
26. Lemus, C., Domb, E., Hernández, J. C., Hernández, J. G., Mitre, H. A., García, A. y Manjárrez, J. R. (Octubre, 2011). Incubar una división de desarrollo de software. VI Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Querétaro, México.
27. León, N., Flores, M., Aguayo, H. y Ortiz, S. (Octubre, 2012). La innovación en México, contexto actual y necesidades de las empresas Mexicanas. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Orizaba, Veracruz, México.
28. Li, T. & Huang, H. (2009). Applying TRIZ and Fuzzy AHP to develop innovative design for automated manufacturing systems. Expert Systems with Applications. 36. 8302–8312. doi:10.1016/j.eswa.2008.10.025
29. Lin, C. & Luh, D. (2009). A vision-oriented approach for innovative product design. Advanced Engineering Informatics. 23(2). 191-200.
30. López, R., Salas, A., Hernández, D., Cortes, R. y Alor, G. (Diciembre, 2010). Marco de trabajo para asistir el proceso de innovación mediante servicios web basados en TRIZ. Puebla, México.
31. Marín, H. E., Guzmán, E., Lira, J. L. y Guzzi, M. G. (Octubre, 2012). Aplicación de las tendencias de evolución durante el diseño conceptual de nuevos productos. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Orizaba, Veracruz, México.
32. Martínez, L., Zapata, A., Castillo, B. E. y Hernández, V. (Octubre, 2011). Aplicación de TRIZ en el diseño de herramentales. VI Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Querétaro, México.
33. Mérida, J. L. (2004). Aplicación de la metodología TRIZ a un problema de diseño en WV de México. (Reporte de curso Triz para nuevos productos). Puebla, México: Instituto Tecnológico de Puebla, área académica de Ingeniería Industrial.
34. Montiel, A. y Montalvo, N. (Noviembre, 2012). INNOPTIMATION – an Evolutive Innovation Algorithm. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Orizaba, Veracruz, México.
35. Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T. y Requena, C. E. (Noviembre, 2013). Funciones en el marco del Unified Structured Inventive Thinking. VIII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Mérida, Yucatán, México.
36. Oropeza, R. (2010). TRIZ, La metodología más avanzada para acelerar la innovación tecnológica sistemática. Monterrey, NL.
37. Oropeza, R. (Octubre, 2011). Niños y Jóvenes Creativos en un Tris, con TRIZ. VI Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, México.
38. Rodríguez, R., M. (Noviembre, 2007). Herramientas informáticas para el apoyo de la Innovación en las Pymes, Barcelona- España. II Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, ISBN: 9789689182887. Monterrey, NL, México.
39. Savranski, S. D. (2000). Engineering of creativity: introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving. USA: CRC Press LLC.
40. Seredinski, A. (Noviembre, 2007). TRIZ and Innovation Methods. II Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, México.
41. Seredinski, A. (Septiembre, 2006). Creativity, TRIZ, Innovations: always together?. I Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, ISBN: 9688639230. Puebla, México.
42. Sifuentes, M. y Soracco, H. M. (Septiembre, 2006). La gestión de la imaginación: innovación y creatividad ejes transversales en la educación corporativa para la competitividad. I Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, ISBN: 9688639230. Puebla, México.
43. Therninko J. (1996). Step by step TRIZ, creation Innovate Solution Concepts. (3rd ed.). USA: Responsible Management Inc.
44. Valdez, J. C., Méndez, A., Andrade, H. A. y Cortes, G. (Noviembre, 2012). TRIZ en la solución de problemas de software. VII Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Orizaba, Veracruz, México.

Priorización de venta de nuevos productos en base a atributos, mediante dinámica de sistemas

E. Chamorro Rodríguez[1], C. Sánchez Ramírez[2] S. I. Pérez Rodríguez[3] R. Zacahula Domínguez[3] *D.R.* Mota-López [4]
[1] *Alumno MII, TecNM / Instituto Tecnológico de Orizaba. Avenida Oriente 9, número 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver., México.*
[2] *División de estudios de posgrado e investigación, TecNM / Instituto Tecnológico de Orizaba. Avenida Oriente 9, número 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver., México*
[4] *Facultad de Ingeniería Región Córdoba Orizaba Universidad Veracruzana- KM 1.0 Carretera Sumidero Dos Ríos Campus Ixtac. Ixtaczoquitlán, Veracruz.*
emmanuel.ch.rgz@outlook.com; cuauhtemoc.sanchezr@gmail.com; s.perez@grupobaltico.com.mx direccion.general@grupobaltico.com.mx; dulcerocioml@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Uno de los mayores problemas a los que se enfrentan las empresas es la incertidumbre en la demanda, aunada con la competencia global que es cada vez mayor, por esto es necesario que las empresas mejoren sus procesos con el objetivo de ser competitivos. Por lo que la empresa “C”, decidió realizar un escalamiento industrial de la planta piloto de uno de sus nuevos productos, esta planta se utilizará para producir “Miel Desacarificada (MD)”, la cual sirve como alimento agropecuario.

Por lo que fue necesario desarrollar un modelo de simulación dinámica que priorice la venta del producto en base a atributos de los clientes como: el tipo de cliente, la forma de pago de este, volúmenes de compra, entre otros, y con ello se generen estrategias de venta que cumplan con las restricciones del sistema y los principales indicadores de desempeño de la empresa como ganancia o movimiento constante del producto.

***Palabras clave**: Atributos, melaza, dinámica de sistemas, indicadores.*

Abstract

The uncertainty in demand is one of the biggest problems that companies confront, coupled with the growing global competition, that’s why is necessary for companies to improve their processes in order to be more competitive. Owing to this the company "C" decided to execute an industrial scaling of the pilot plant of one of its new products, this plant will be used to produce "Miel Desacarificada (MD)", which serves as agricultural food.

Therefore, it was necessary to develop a dynamic simulation model that prioritizes the sale of the product based on customer attributes such as: the type of customer, the payment method, purchase volumes, etc., and thereby generate sales strategies that fulfill the system's restrictions and the main performance indicators of the company as profit or constant movement of the product.

***Key words**:* Attributes, molasses*, systems dynamics, indicators.*

Introducción

De acuerdo a Villanueva (2012) en la actualidad las organizaciones se enfrentan a una creciente competencia lo que ha tenido como consecuencia que la lucha continua para permanecer en el mercado se intensifique. Para lograr esto, una nueva tendencia ha surgido, donde ya no es suficiente competir individualmente entre organizaciones si no que ahora la competencia es en términos de cadenas de suministros.

La empresa C es una empresa agroindustrial que se dedica principalmente a la refinería de melaza. Los residuos de estos procesos como la vinaza son utilizados como materia prima de nuevos subproductos. La empresa comenzó a diversificar su gama de productos pasando de hacer alcohol de grado alimenticio e industrial a

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

desarrollar productos como el etanol anhidro, el cual es un aditivo para la gasolina, hasta productos de uso agropecuario.

La eliminación de los residuos como la vinaza genera un problema de gestión para las empresas productoras de alcohol, sin embargo, algunos son fuentes especialmente atractivas por su contenido en compuestos químicos (como azúcares, fibra alimentaria, proteína, etc.) y pueden ser útiles cuando se les transforma mediante tratamientos químicos o microbiológicos en productos de elevado valor agregado (Barragán Huerta, Téllez Díaz, & Laguna Trinidad , 2008).

Para intentar evitar el efecto contaminante de la vinaza al medio ambiente se están llevando a cabo en distintos lugares nuevas investigaciones como en la Universidad del Valle en Colombia (Hernández Saavedra, 2009), desarrollan una técnica para convertir la vinaza en un producto con aplicaciones industriales, dentro de estas aplicaciones se encuentra el bio-fertilizante y la creación de alimento pecuario.

Actualmente la planta que produce MD se encuentra en ampliación para aumentar su producción, por esto se vuelve indispensable analizar y evaluar cómo se manejará la distribución de MD con la nueva capacidad de producción del equipo instalado, por esto es necesario generar estrategias de venta que cumplan los objetivos de la empresa, como: el movimiento continuo de producto, satisfacción del cliente, maximización de ganancias, entre otros. Para realizar este análisis es necesario utilizar una herramienta en la cual se puedan modelar todas las variables del sistema y la incertidumbre dentro de este; por esto se utilizará la dinámica de sistemas.

La dinámica de sistemas (DS) permite observar el comportamiento de un conjunto de variables, sus retroalimentaciones, y acumulaciones a través del tiempo (Forrester, 1961);además de ser una herramienta poderosa y útil en la evaluación de políticas en sistemas complejos (Sterman, 2000).

Como se observa en la Figura 1, mediante la DS es posible modelar procesos económicos de cadenas de suministros como la de la empresa C, que como ya se menciono es una empresa agroindustrial.

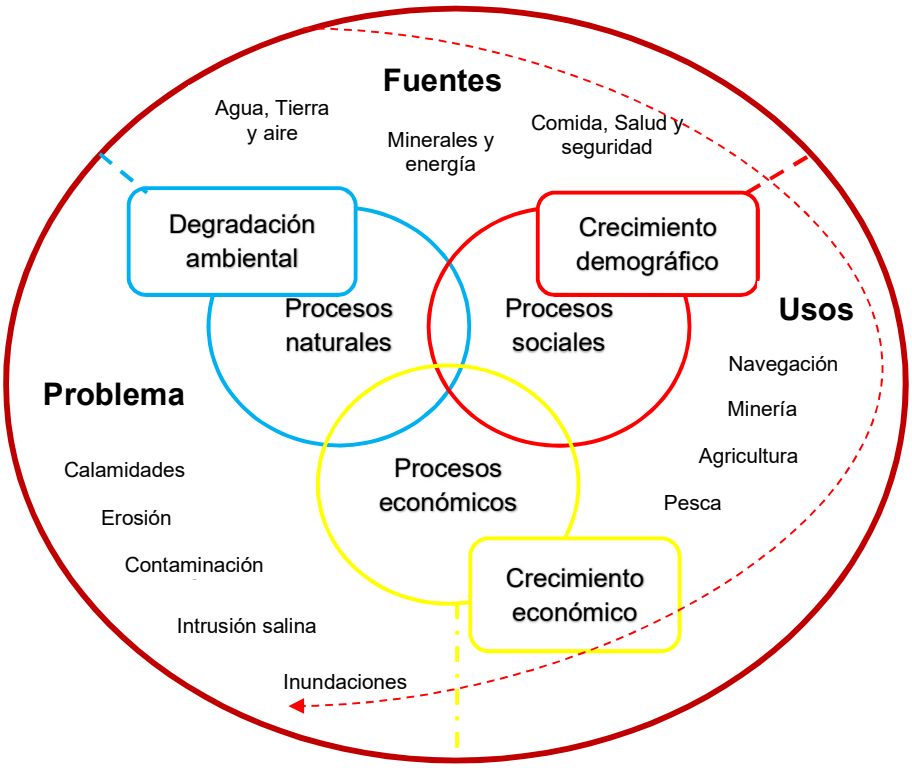


Figura 1 Tipos de modelos a estudiar con DS
Fuente: (Ramos Hernández, 2016)

Por lo tanto, el utilizar un enfoque sistémico para analizar y evaluar la manera de gestionar el nuevo producto, resulta ser una de las mejores opciones para realizar dicha investigación.

Metodología

A continuación, se describe la secuencia de actividades realizadas para desarrollar el modelo de simulación adaptada de la metodología dada por Cedillo M. y Sánchez C. (2008):

1. Definición del Diagrama causal (DC) a partir de la Cadena de suministro (CS) de la Empresa C.
2. Definición de las variables de interés en el proceso de distribución.
3. Identificación de los parámetros de interés en el proceso de producción
4. Obtención de presupuestos de costos de transporte y venta del producto final.
5. Obtención de atributos con los cuales se califica a los clientes.
6. Desarrollo, validación y verificación de un modelo de simulación, utilizando un enfoque sistémico, y contemplando la incertidumbre en los procesos de producción, demanda y distribución.
7. Análisis de sensibilidad para desarrollar diferentes escenarios y evaluar políticas que mejoren el desempeño de la Cadena de Suministro.

Para la realización de la simulación del modelo, se utilizó el software STELLA ®, debido a que permite el análisis a detalle de las variables clave de la Cadena de Suministro, como lo son la disponibilidad de inventario de los proveedores, tiempos de entrega y necesidades de producción, debidas a una determinada demanda del cliente.

Desarrollo y resultados

En esta sección se desarrollará paso a paso la metodología de DS llevada a cabo para el análisis de la CS de la empresa C, así como los resultados obtenidos por medio de este trabajo; siendo el primer paso el desarrollo del DC.

1. Definición del Diagrama causal (DC) a partir de la Cadena de suministro (CS) de la Empresa C.

Para desarrollar el diagrama causal mostrado en la Figura 2, fue necesario identificar las variables clave que definen el desempeño de la Cadena de Suministro bajo estudio, principalmente del proceso de distribución. El Diagrama causal, se integra por un conjunto de variables seleccionadas, las cuales como se verá más adelante, son influenciadas por otros factores, sin embargo, con el fin de facilitar su entendimiento sólo se muestran dentro de éste las variables críticas, donde su interacción genera seis bucles de balanceo (B1, B2, B3, B4, B5 y B6) y dos de reforzamiento (R1 y R2).

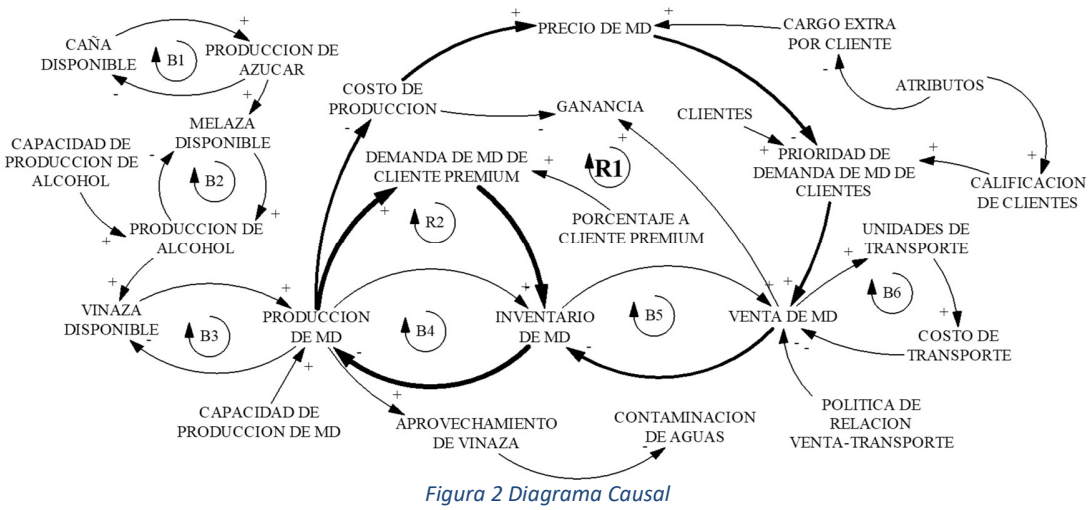


Figura 2 Diagrama Causal

En la Figura 3 se muestran los bucles de balanceo 3 y 4, en los que se puede ver que la vinaza es un producto derivado de la producción de alcohol, y que a mayor producción de alcohol mayor vinaza disponible, y si se tiene mayor vinaza disponible se puede producir más MD, por consiguiente si la producción de MD aumenta la vinaza disponible disminuye, con lo cual se balancea este bucle. En el siguiente bucle se ve cuando ya la MD es almacenada o inventariada, en la variable “inventario de MD”, la cual se llena o alimenta de la producción de MD, si esta aumenta los inventarios aumentaran y si el inventario disminuye la producción debería aumentar para poder satisfacer la demanda de los clientes, con la restricción que tenga la empresa de la capacidad de producción de MD, la cual dirá cuál es la máxima cantidad que se puede producir por día de MD. También se puede observar

el impacto ambiental que tiene el aprovechamiento de la vinaza, al ser un residual que contamina el agua al ser desechada, si la producción de MD aumenta, entonces disminuirá la contaminación de aguas.

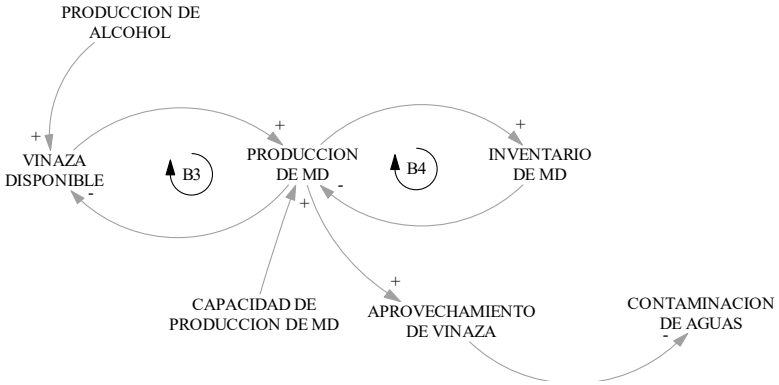


Figura 3 Bucles Balanceo Producción de Alcohol

En la Figura 4 se observan los bucles de balanceo 5 y 6, en los que se pueden ver algunas de las variables que afectan tanto al inventario de MD, como a su venta, la primer variable que impacta al inventario de MD es la demanda del cliente premium, esta impacta en este punto debido a que a este cliente se le aparta un porcentaje de la producción diaria, y no puede ser tocada para la venta a los demás clientes, por lo cual se acumulara en el inventario y aunque se acumule disminuirá la cantidad de inventario que se tenga, hasta que el cliente realice un pedido, así como, sí este porcentaje demanda disminuye aumentará el producto disponible, al inventario también le afectan las ventas, si las ventas aumentan el inventario disminuirá y si las ventas disminuyen se tendrá más producto acumulado, y si el inventario aumenta las ventas podrían aumentar debido a que existirá más producto para repartir a una mayor cantidad de cliente, dependiendo de las ventas o de la cantidad vendida a cada uno de los clientes será el tipo y las unidades de transporte que se utilizaran para mover este producto hasta el cliente, esto implica un costo, mientras más grande sea la cantidad mayor será el costo de transporte, y dependiendo de qué tan elevado sea este costo de transporte pueden aumentar o disminuir las ventas, es decir, si el costo de transporte es elevado las ventas se pueden caer, ya sea por políticas de la empresa o por decisión del cliente.

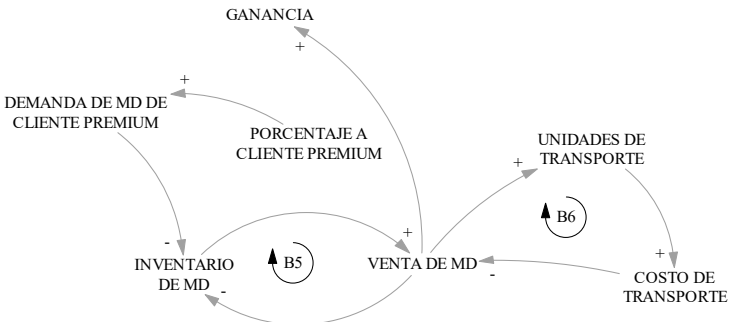


Figura 4 Bucles Balanceo Inventario y Venta

2. Definición de las variables de interés en el proceso de distribución.

Variables exógenas

A continuación, se describen las principales variables exógenas de este modelo, las cuales se identifican con ese nombre debido a que la empresa no tiene control sobre ellas.

1. **Demanda de MD de Clientes Críticos:** Esta variable representa la venta del producto final, Miel Desacarificada (MD), dicha venta no puede ser controlada, pero puede ser pronosticada o presupuestada, dependiendo del comportamiento de cada uno de los clientes críticos identificados previamente.
2. **Demanda de MD Cliente Base:** Esta variable representa la venta de MD, dicha venta no puede ser controlada, pero puede ser pronosticada o presupuestada, a diferencia de la anterior esta se pronostica en base a la producción de MD, debido a que el cliente base tiene exclusividad en la venta, es decir, se le guardara un porcentaje de la producción diaria.
3. **Costos de producción**: Se refiere a los costos de los insumos que son necesarios para el proceso de producción, como son: vapor, electricidad, mano de obra, entre otros.

4. **Costo de transporte de MD:** Se refiere al costo de llevar el producto al cliente, el cual recaerá totalmente sobre este, y depende de variables como la distancia, peaje, entre otras.
5. **Contaminación:** representa la agregación de impurezas a ríos o lagos locales, si la vinaza no fuera contenida o tratada.

Variables endógenas

A continuación, se describen las variables endógenas de este modelo, las cuales reciben este nombre porque a diferencia de las exógenas estas si pueden ser controladas o administradas por la empresa.

1. **Vinaza Disponible:** Representa al residuo que es generado por el proceso de destilación de melaza.
2. **Capacidad de producción de MD:** Representa la cantidad de MD que, de acuerdo con la infraestructura de la empresa se puede llegar a procesar en un día laboral. Se considera una restricción productiva, sin embargo, puede ser modificada de contarse con la necesidad y de justificarse la inversión.
3. **Producción de MD:** Esta variable representa el proceso productivo de la planta de MD, el cual va consumiendo vinaza mientras ésta exista y las condiciones operativas lo permitan.
4. **Inventario de MD:** Representa la existencia de MD, el cual estará disponible para satisfacer la demanda de sus clientes.
5. **Política de relación Venta-Transporte**: Esta variable representa la decisión de vender o no a un cliente determinada cantidad de producto, esto en base a una política dada por la empresa por la relación costo de producto pedido contra costo de transporte de esta cantidad.

3. Identificación de los parámetros de interés en el proceso de producción

En la Tabla 1 se muestran los parámetros a ingresar en el modelo son aquellos referentes a la producción, distribución y costos de MD.

Tabla 1 Parámetros

Producción de MD		Distribución		Costos	
Media	135 ton	**Pedidos**	Demanda por cliente en Toneladas	Costo de producción	$1.50 por KG
Desviación estándar	5 ton	**Atributos**	Plazo	Precio base de MD	$6.50 por KG
			Volumen	Costos de transporte	Depende de localización del cliente (MXN)
			Modo de pago	Cargo extra	Depende calificación por atributos obtenida
			Clasificación		
			Tipo		

4. Obtención de presupuestos de costos de transporte y venta del producto final.

Los costos de transporte son modificados en una hoja de Excel como la que se muestra en la Figura 5 por el usuario final, la cual está vinculada con el modelo de STELLA®, y dependen de los clientes que se analicen en cada corrida, la primera columna es la numeración de clientes analizados, las siguientes son los costos de utilizar cada tipo de transporte por cliente, que pueden ser de 20, 30, 40 o 60 toneladas y es capturada en pesos MXN.

W	X	Y	Z	AA
CLIENTE	TRANSP 1 20 TON	TRANSP 1 30 TON	TRANSP 1 40 TON	TRANSP 1 60 TON
1	8000	10640	12000	17600
2	26000	34580	39000	57200
3	14000	18620	21000	30800
4	12000	15960	18000	26400

Figura 5 Excel para ingresar costos de transporte

5. Obtención de atributos con los cuales se califica a los clientes.

Los atributos evaluados fueron dados por los directivos de la empresa, para poder priorizar la veta de MD y cumplir con los objetivos planteados por la empresa.

- ✓ **Plazo:** Se refiere al plazo promedio en meses en los que el cliente cubre el pago del producto comprado, puede variar desde 1 hasta 12 meses.
- ✓ **Volumen:** Es la cantidad promedio anual que consume el cliente en toneladas.
- ✓ **Modo de pago:** Se refiere a la forma en la que paga el cliente de contado, a crédito o en prepago.
- ✓ **Clasificación:** Es la clase de cliente que puede ser premier, preferente o comercial.
- ✓ **Tipo:** Se refiere a sí el cliente es consumidor o distribuidor.

 ISSN 2007-8102

6. Desarrollo, validación y verificación de un modelo de simulación, utilizando un enfoque sistémico, y contemplando la incertidumbre en los procesos de producción, demanda y distribución.

La siguiente fase de la metodología de Dinámica de Sistemas consiste en la transformación del Diagrama Causal en un Diagrama de Forrester, el cual al ser desarrollado en el software STELLA®, se convierte en un modelo de simulación que representa el sistema de estudio. Cabe mencionar que se construyeron diferentes submodelos, que en conjunto representan al modelo principal, integrando cálculos de los indicadores y modelado de los procesos logísticos de distribución.

En la Figura 4 se muestra el módulo de producción diseñado en STELLA® y la validación y verificación con valores extremos; para pasar la prueba, el modelo debe ser robusto bajo condiciones extremas; es decir, los inventarios de producto terminado no pueden arrojar valores negativos no importando cuanto crezca la demanda (condición extrema superior); así como no puede existir producción cuando no haya componentes en el inventario de materia prima (condición extrema inferior).

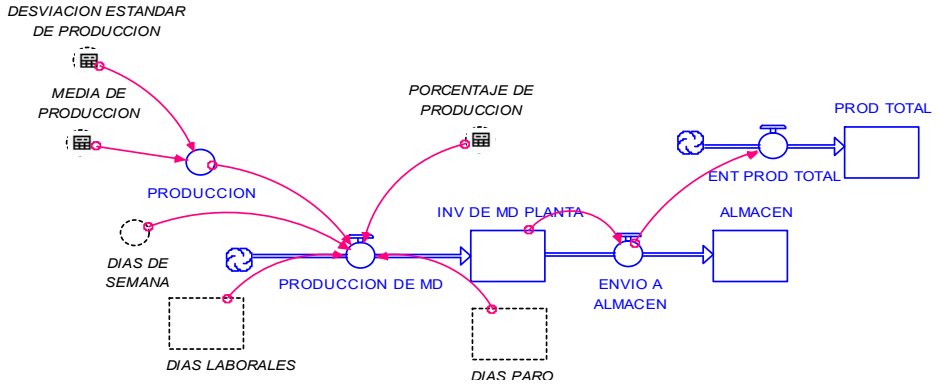


Figura 6 Módulo de producción

En la Figura 7 se muestra la gráfica del comportamiento del almacén de MD (en toneladas) con estos valores, la línea roja representa el modelo real, la azul con un valor extremo inferior con una producción del 50% y demanda al doble, y rosa con un valor extremo superior, aumentando la producción al doble con una demanda normal.

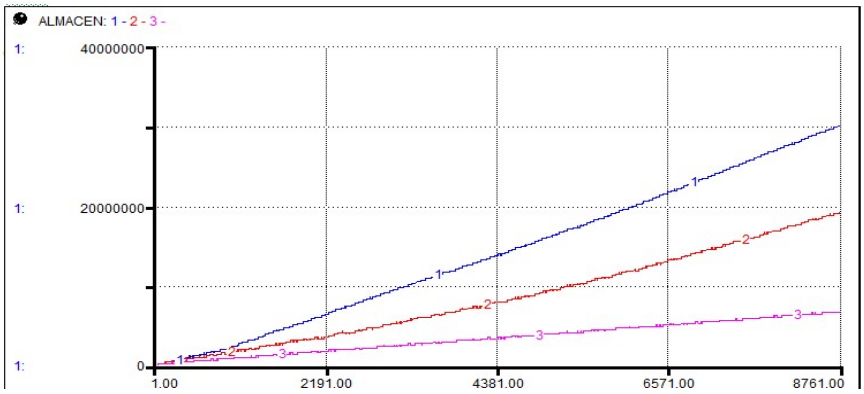


Figura 7 Gráfica de validación del módulo de producción

7. Análisis de sensibilidad para desarrollar diferentes escenarios y evaluar políticas que mejoren el desempeño de la Cadena de Suministro.

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes con los que se corrió el programa para conocer el comportamiento de la producción y cómo afectaría al almacén de MD, comenzando con un 60 % de la capacidad de producción y aumentando en 10% hasta llegar al escenario en el que se presenta una sobreproducción del 10%.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2 Porcentajes de producción para análisis de sensibilidad

Plan	Porcentaje de producción (%)	Plan	Porcentaje de producción (%)
1	60	**4**	90
2	70	**5**	100
3	80	**6**	110

En la Figura 8 se observa el comportamiento que tienen los faltantes en toneladas con los planes de producción dados y una demanda normal, estos solo se presentan durante las primeras mil horas, después de esto todos los planes de producción cumplen con la demanda, mientras mayor sea el porcentaje de producción los faltantes se presentaran con menor frecuencia, ya que se tendrá mayor volumen de MD para satisfacer la demanda del cliente.

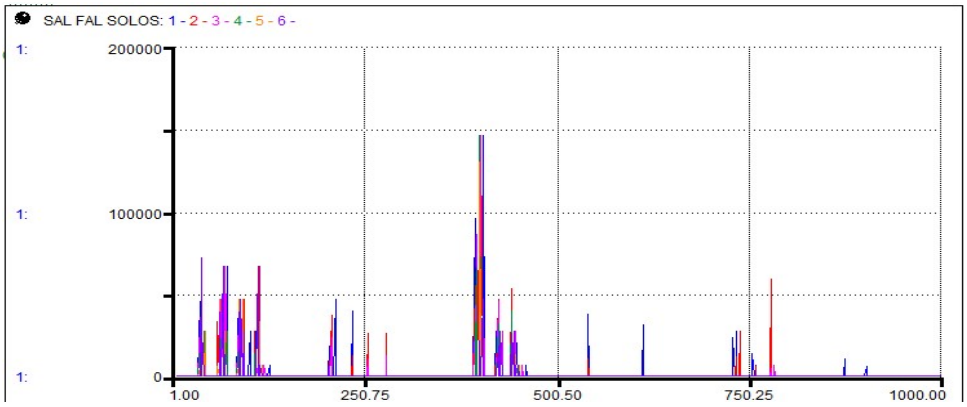


Figura 8 Faltantes con análisis de sensibilidad

A continuación se muestran los resultados de los indicadores con los clientes analizados en la simulación; estos resultados muestran las mejores estrategias de ventas dependiendo del indicador que interese en el momento, es decir, si se requiere maximizar la ganancia, la mejor estrategia será vender primero a los clientes que generen mayor ganancia, sin dejar de lado la priorización por atributos; lo mismo sucede sí es necesario mover de manera constante en producto, lo único que cambia es el indicador a analizar, que será el de pedidos; y así se realiza con los otros dos indicadores.
En la Tabla 3 se muestran las posiciones obtenidas por los clientes en tres de los indicadores evaluados.

Tabla 3 Posición por indicador

Posición por indicador	Número de Cliente	Ganancia	Número de Cliente	Calificación	Número de Cliente	Pedidos
1	17	$5,692,360	16	100	17	30
2	8	$5,274,880	14	100	15	29
3	15	$4,972,800	12	100	14	28
4	16	$4,863,040	10	100	11	27
5	14	$4,542,720	9	100	20	25
6	11	$4,201,600	8	100	8	24
7	1	$3,642,160	7	100	1	23
8	12	$3,606,720	3	95	16	18
9	20	$3,365,440	6	93	12	16
10	7	$3,086,720	17	90	4	14
11	4	$2,890,080	13	90	6	14
12	5	$2,778,880	19	87	7	14
13	6	$2,620,000	18	87	5	13
14	18	$2,449,440	4	87	18	12
15	19	$2,362,800	20	84	19	11
16	9	$0	5	84	13	0
17	3	$0	11	83	2	0
18	2	$0	15	80	10	0
19	13	$0	2	80	9	0
20	10	$0	1	73	3	0

Trabajo a futuro

Se recomienda que cuando la planta tipo industrial se encuentre trabajando al 100 por ciento de su capacidad se realice un análisis económico de la forma y costos de transporte, que permita evaluar sí es mejor subcontratar el transporte o invertir en medios de transporte que pertenezcan a la empresa.

Conclusiones

Se desarrollo un modelo de simulación dinámica en el software STELLA®, el cual realiza una clasificación previa en base a los atributos prioritarios para la empresa, y de esta forma ordena los pedidos a través del tiempo dependiendo de la posición obtenida por cada cliente, siendo el de mejor calificación al primero que se atiende; con esto, se genera una clasificación de cada uno los indicadores claves para la toma de decisiones de venta para la empresa, a partir de los cuales se define la mejor estrategia de venta.

El análisis de sensibilidad con los seis escenarios planteados mostró que es necesario ocupar el máximo de producción para que no se generen faltantes con la demanda dada, además mostró que en todos los escenarios cuando se tiene cierto margen de producción almacena deja de haber faltantes.

Agradecimientos

El presente artículo es uno de los productos obtenidos como primera autora en el desarrollo de la Maestría en Ingeniería Industrial, la cual fue ofrecida en modalidad de Posgrado Especial, por tal motivo agradezco a:

Tecnológico Nacional de México y al CONACYT por la gestión y el apoyo económico recibido.

Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez, mi director de tesis, por su sabiduría, apoyo y paciencia.

Dr. Susana Itzel Pérez Rodríguez y M.C. René Zacahula Domínguez por abrirme las puertas de la empresa en la que se realizó el presente trabajo, por su apoyo, apertura y paciencia.

Referencias

1. Ahmad, Z., Jun, M., Khan, I., Abdullah, M., & Ahmad Ghauri, T. (2016). Examining Mediating Role of Customer Loyalty for Influence of Brand. ScienceDirect, 89-96.
2. Ballou, R. (2004). Logística. Administración de la Cadena de Suministro. México: PEARSON EDUCACIÓN.
3. Barragán Huerta, B. E., Téllez Díaz, Y. A., & Laguna Trinidad , A. (2008). Utilización de Residuos Agroindustriales. Sistemas Ambientales Vol.2, 44-50.
4. CEDILLO CAMPOS, M., & Sánchez Ramirez, C. (2008). Análisis Dinámico de Sistemas Industriales. México, D.F.: Trillas.
5. Cedillo Campos, M., Sánchez Ramírez, C., Valadi, S., Villa, J. C., & B.C. Menezes, M. (2014). Supply chain dynamics and the "cross-border effect". ELSEVIER, 261-273.
6. Forrester, J. W. (1961). Industrial Dynamics. Massachusetts, USA: Pegasus Communications.
7. Hernández Saavedra, L. (07 de 2009). Agencia Universitaria de Periodismo Científico. Recuperado el 30 de 07 de 2018, de http://aupec.univalle.edu.co/informes/2009/junio/vinaza.html
8. Kumar, D. (2014). Modeling rural healthcare supply chain in India using system dynamics. ELSEVIER(97), 2204-2212.
9. Lagarda, E. (14 de Julio de 2013). Introducción a la dinamica de sistemas. Recuperado el 14 de Noviembre de 2018, de http://jmonzo.net/blogeps/ids1.pdf
10. Meadows, D. (1991). System Dynamics meets the press. Washington, EUA: The Global Citicen Island.
11. Merino, A., Acebes, L., Mazeada, R., & De Prada, C. (2009). Modelado y simulación del proceso de producción del Azucar. Revista Iberoamericana de automática e informática industrial, 21-31.
12. Ramos Hernández, R. (2016). MODELO DE SIMULACIÓN PARA EVALUAR EL ESCALAMIENTO INDUSTRIAL DE UNA PLANTA PILOTO. Orizaba.
13. Sterman, J. D. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. Boston, USA: McGraw Hill.
14. Villanueva, A., Ramos, P., & Jiménez, M. (2012). Simulacion: Herramienta para gestionar cadenas de suministros. Revista Ingeniería y Sociedad, VII, 50-58

Disminución del Consumo Eléctrico de un Sistema de Aire Acondicionado Considerando la Transferencia de Calor en el Interior y Exterior del Espacio Frío

J. M. Medina Flores[1], L. Duarte Gallegos[1], A. Maeda Sánchez[1] R. Alvarado Almanza[2], P. Yáñez Contreras[2]

[1]Departamento de Ingeniería Mecánica, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Avda. Tecnológico esq. Antonio García Cubas, Col. Alfredo Vázquez Bonfil, C.P. 38010, Celaya, Gto., México
[2]Ingeniería en Tecnologías de Manufactura, Universidad Politécnica de Guanajuato, Avda. Universidad Sur 1001, C.P. 38483, Cortázar, Gto., México
**ralvarado@upgto.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En el presente trabajo se hace uso del diseño de experimentos con un enfoque de Taguchi para minimizar el consumo eléctrico de un sistema de aire acondicionado colocando un aislante en el interior del espacio frío. Se considera en el proceso de optimización dos factores: el espesor y tipo de aislante, cada uno con tres niveles de evaluación. La metodología se aplica considerando la transferencia de calor desde el exterior hacia el interior del espacio frío tomando en cuenta el calor proporcionado por las personas, equipo de cómputo e iluminación que se encuentran dentro del espacio interior frío a diferencia de lo que se encuentra en la literatura abierta. Los resultados muestran que uno de los factores es estadísticamente significativo mientras que el otro no, obteniéndose una reducción en el consumo de energía eléctrica del orden del 41.6% con respecto a no utilizar aislante en el espacio interior frío.

***Palabras clave**: Optimización, Diseño de Experimentos, Arreglos Ortogonales de Taguchi, ANOVA.*

Abstract

In the present work, it makes use of the design of experiments with a Taguchi approach to minimize the electrical consumption of an air conditioning system by placing an insulation in the interior of the space cold. Two factors are considered in the optimization process: the thickness and type of insulation, each with three levels of evaluation. The methodology is applied considering the heat transfer from the outside to the inside of the cold space taking into account the heat provided by the people, computer equipment and lighting that are inside the cold interior space unlike what is found in the open literature. The results show that one of the factors is statistically significant while the other does not, obtaining a reduction in the electric power consumption of the order of 41.6% with respect to not using insulation in the cold interior space.

***Key words**: Optimization, Design of Experiments, Taguchi Orthogonal Arrangement, ANOVA.*

Introducción

Los fenómenos físicos de transferencia de calor que ocurren al enfriar un espacio cerrado, como por ejemplo un edificio, son conducidos por la diferencia de temperaturas del medio externo caliente al medio interno frío a través de una separación o barrera conocida comúnmente como muro. Los muros de los edificios más comunes están compuestos por algún tipo de ladrillo más un acabado superficial y, dependiendo del diseño se les agrega algún tipo de aislante térmico para incrementar la resistencia térmica y por consecuencia disminuir la transferencia de calor (Cengel y Ghajar, 2011). A nivel mundial los edificios son responsables de aproximadamente el 40% del consumo anual de energía, donde la mayor parte de esta energía es para el suministro de iluminación, calefacción, refrigeración y aire acondicionado (Ozel, 2011). Kayfeci *et al*., (2013) afirman que los edificios y específicamente el sector de la construcción tienen el consumo de energía más alto en comparación con el sector agrícola, ganadero y pesquero. El sector de la construcción se divide en tres partes, que son la construcción, el empleo y

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

la demolición, siendo mucho mayor la energía consumida por el empleo, es decir, por la climatización, iluminación agua y drenaje (Lianying *et al*., 2015). Dentro de la división de climatización, el aire acondicionado es el principal consumidor de energía debido a su prolongado tiempo de uso para mantener el confort de las personas (Ozel, 2011). Las pérdidas de calor en un edificio típico se producen en un 40% a través de las paredes externas, 30% a través de las ventanas, 17% a través de las puertas, 7% a través del techo y 6% a través de los pisos (Arici y Karabay, 2010). En este trabajo se hace uso de herramientas estadísticas como son los arreglos ortogonales de Taguchi, los cuales se utilizan para llevar a cabo un diseño de experimentos fraccionado que conduce a la optimización (minimizar) del consumo eléctrico de un sistema de aire acondicionado considerando la colocación de un aislante térmico en la parte interior al espacio frío y los fenómenos físicos de transferencia de calor que ocurren desde el exterior hacia el interior del espacio frío. A diferencia de lo que se encuentra en la literatura abierta, el modelo térmico de experimentación toma en cuenta los fenómenos físicos de transferencia de calor en el interior del espacio frío debidos a la cantidad de personas, equipo de cómputo e iluminación. La reducción del consumo eléctrico del sistema de aire acondicionado al colocar aislante es más de una tercera parte del consumo eléctrico sin utilizar aislante, obteniendo por consecuencia un ahorro monetario por consumo de energía eléctrica

Metodología

Modelo Analítico para el Cálculo del Consumo Eléctrico

El consumo en kilowatt-hora (kW-hr) de energía eléctrica de un sistema de aire acondicionado típico puede ser determinado utilizando el método de estimación de horas de carga total de energía equivalente expresado por la Ecuación (1) (McQuiston *et al*., 2005):

$$\dot{W}_{E-hr} = \frac{(\dot{Q}_{total})(\Delta t)}{COP} \tag{1}$$

donde $\dot{Q}_{total}$ se determina con la Ecuación (2):

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{\infty,o\to\infty,i} + \dot{Q}_{per} + \dot{Q}_{equ} + \dot{Q}_{ilu} \tag{2}$$

donde el término $\dot{Q}_{per}$ representa la transferencia de calor por radiación que intercambian las personas con el espacio frío de trabajo, el cual se determina con la Ecuación (3) (Cengel y Ghajar, 2011):

$$\dot{Q}_{per} = h_{rad,per}(T_{cuerpo} - T_{s,i})A_{cuerpo} \tag{3}$$

donde T_{cuerpo} es la temperatura superficial corpórea de las personas que se encuentran dentro del espacio frío en °C; $T_{s,i}$ es la temperatura de la superficie de la pared interior del espacio frío en °C; A_{cuerpo} es el área superficial del cuerpo de las personas que ocupan el espacio frío; $h_{rad,per}$ es el coeficiente de transferencia de calor debido al fenómeno físico de transferencia de calor por radiación entre las personas y la superficie interna del espacio frío, el cual se obtiene con la Ecuación (4) (Cengel y Ghajar, 2011):

$$h_{rad,per} = \frac{\varepsilon_{per}\sigma(T_{cuerpo}^4 - T_{s,i}^4)}{T_{cuerpo} - T_{s,i}} \tag{4}$$

donde ε_{per} es la emisividad de la superficie del cuerpo de las personas, considerando en este trabajo un valor de 0.82 (Luo *et al.*, 2014). El término $\dot{Q}_{equ}$ mostrado en la Ecuación (2) representa la transferencia de calor de los equipos de trabajo existentes en el interior del espacio frío, en este trabajo se considera principalmente el uso de computadoras de escritorio, tomando en cuenta que ceden al medio ambiente el 15% del total de la energía que consumen (Tanenbaum, 2003); el término $\dot{Q}_{ilu}$ en la Ecuación (2) representa la transferencia de calor por radiación entre las lámparas fluorescentes y el medio circundante en el interior del espacio frío, el cual es el 25% de la energía de consumo de las lámparas (Carrier, 1980). El término COP mostrado en la Ecuación (1), es el desempeño instantáneo de cualquier sistema de enfriamiento ("*Coefficient of Performance*"), Δt son las horas que el sistema de enfriamiento trabaja y se calcula utilizando la Ecuación (5) (Söylemez y Ünsal, 1999):

$$\Delta t = 8760 \frac{T_{o,av} - T_{\infty,i}}{T_{máx} - T_{\infty,i}} \quad (5)$$

donde $T_{máx}$ es la máxima temperatura registrada en el espacio exterior al espacio frío en °C, $T_{\infty,i}$ es la temperatura ambiente interior del espacio frío en °C, $T_{o,av}$ es la temperatura promedio registrada en el espacio exterior al espacio frío en °C, la cual se determina utilizando la Ecuación (6) (Söylemez y Ünsal, 1999):

$$T_{o,av} = \frac{(T_{máx})(A_o) + (T_{\infty,i})(A_i)}{A_0 + A_i} \quad (6)$$

donde A_o y A_i son el área exterior e interior del espacio frío perpendicular al flujo de calor respectivamente. El término $\dot{Q}_{\infty,o\to\infty,i}$ mostrado en la Ecuación (2) representa la transferencia de calor desde el espacio exterior hacia el interior del espacio frío y se calcula utilizando la Ecuación (7) (Çengel y Ghajar, 2011):

$$\dot{Q}_{\infty,o\to\infty,i} = \frac{(T_{\infty,o} - T_{\infty,i})A}{R_{\infty,o\to\infty,i}} \quad (7)$$

donde $T_{\infty,o}$ es la temperatura ambiente registrada en el espacio exterior al espacio frío en °C, A es el área perpendicular al flujo de calor, $R_{\infty,o\to\infty,i}$ es la resistencia térmica total desde el espacio exterior al espacio interior frío como se muestra en la Figura 1, la cual se representa con la Ecuación (8) (Holman, 2010):

$$R_{\infty,o\to\infty,i} = \frac{1}{\frac{1}{R_{Conv,o}} + \frac{1}{R_{Rad,o}}} + R_P + R_A + \frac{1}{\frac{1}{R_{Conv,i}} + \frac{1}{R_{Rad,i}}} \quad (8)$$

ó en términos de los coeficientes individuales de transferencia de calor:

$$R_{\infty,o\to\infty,i} = \frac{1}{h_{rad,o} + h_{conv,o}} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{h_{rad,i} + h_{conv,i}} \quad (9)$$

donde x_1 y x_2 expresados en unidades de metros representan los espesores de los componentes de la pared (R_P), en este caso de estudio se considera el espesor del ladrillo rojo (x_1) y el espesor del repellado interno de la pared (x_2), k_1 y k_2 son las conductividades térmicas (W/m-°C) del ladrillo rojo y el repellado respectivamente, x_3 y k_3 representan el espesor y la conductividad térmica del aislante respectivamente, $h_{rad,o}$ y $h_{rad,i}$ son los coeficientes individuales de transferencia de calor (W/m^2-°C) debido al fenómeno de radiación existente en el exterior e interior del espacio frío y se determinan utilizando la Ecuación (10):

$$h_{rad} = \varepsilon\sigma(T_S + T_{sky})(T_S^2 + T_{sky}^2) \quad (10)$$

donde ε es la emisividad de la superficie de la pared y del aislante, en este trabajo se considera un valor de emisividad igual a 0.9 y 0.92 tanto para la pared como para el aislante, respectivamente (Holman, 2010), σ es la constante de Stefan-Boltsman igual a 5.67x10^{-8} W/m^2-K^4, T_S es la temperatura de la superficie interna del espacio frío y a su vez la temperatura de la superficie externa al espacio frío en grados centígrados. La temperatura $T_{sky,o}$ del espacio exterior al espacio refrigerado se determina utilizando la Ecuación (11):

$$T_{sky,o}^4 = T_{\infty,o}^4 \left[1 - 0.261e^{(-7.7710^{-4})(T_{\infty,o}-273)^2}\right] \quad (11)$$

Para la $T_{sky,i}$ del espacio interior frío se considera igual al valor de $T_{\infty,i}$ (temperatura ambiente en el espacio interior frío). El valor del coeficiente convectivo $h_{conv,o}$ que aparece en la Ecuación (9) se determina utilizando la Ecuación (12), la cual satisface valores de $V_\infty \leq 5m/s$:

$$h_{conv,o} = 4.0V_\infty + 5.6 \quad (12)$$

 ISSN 2007-8102

donde V_∞ es la velocidad promedio del aire (m/s) en un día típico. El valor del coeficiente convectivo $h_{conv,i}$ que aparece en la Ecuación (9) se puede calcular utilizando la Ecuación (13):

$$h_{conv,i} = \left\{ \left[1.5 \left(\frac{\Delta T}{H} \right)^{1/4} \right]^6 + \left[1.23 \Delta T^{1/3} \right]^6 \right\}^{1/6} \quad (13)$$

donde H es la distancia vertical de la pared en metros, ΔT es la diferencia entre la temperatura de la superficie interior ($T_{s,i}$) y la temperatura promedio del medio ambiente ($T_{\infty,i}$) del espacio frío respectivamente.

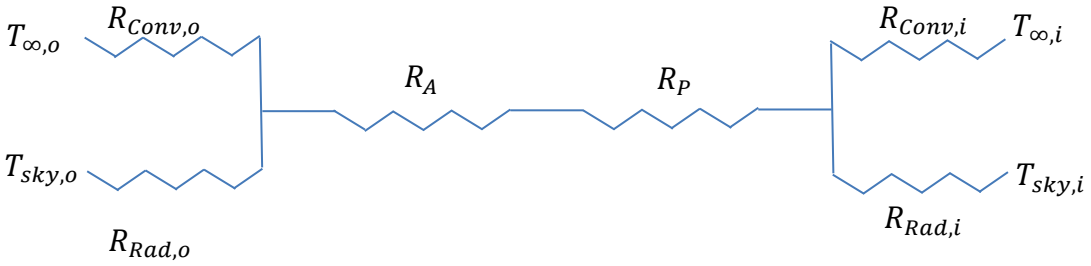


Figura 1. Diagrama de resistencias térmicas de los mecanismos de transferencia de calor.

Evaluación Económica

El costo del consumo eléctrico (CCE) se calcula a partir de la Ecuación (14):

$$CCE = \dot{W}_{E-hr}(CE) \quad (14)$$

donde el costo de electricidad (CE) tiene un valor de 1.0215 Pesos/kW-hr (CFE, promedio del año 2016 tarifa residencial). El costo del aislante se determina a partir de la Ecuación (15):

$$CA = (Volumen)\left(C_{A/V}\right) \quad (15)$$

donde $C_{A/V}$ es el costo del aislante por unidad de volumen y $Volumen = (A)(x_3)$. El ahorro que se tiene (S) al colocar el aislante en la pared se calcula restando al costo sin aislante el costo con aislante como se muestra en la Ecuación (16):

$$S = CCE_{sa} - CCE_{ca} - CA \quad (16)$$

donde el costo del consumo eléctrico sin aislante (CCE_{sa}) se determina considerando el espesor del aislante igual a cero, es decir, $x_3 = 0$, como se muestra en la Ecuación (17).

$$CCE_{sa} = \left(\dot{W}_{E-hr}\big|_{x_3=0} \right)(CE) \quad (17)$$

El costo del consumo eléctrico con aislante (CCE_{ca}) se calcula con la Ecuación (17), sólo que $x_3 \neq 0$ y toma los distintos valores de espesores de aislantes considerados en el estudio. Considerando un tiempo de vida útil del aislante de veinte años (N) y una tasa de cambio uniforme definida por una serie de gradiente geométrico (Blank y Tarquin 2000), la cual utiliza un factor de valor presente conocido como gradiente geométrico de costo para determinar la variación del costo de consumo eléctrico a través de los años como se muestra en la Ecuación (18):

$$S = \frac{1}{(d-i)} \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^N \right] (CCE_{sa} - CCE_{ca}) - CA \quad (18)$$

donde i es la tasa de interés y d es la tasa de inflación. Considerando que i es igual a d con un valor del 5% (Söylemez y Ünsal, 1999) la Ecuación (18) se modifica a la Ecuación (19):

 ISSN 2007-8102

$$S = \frac{N}{(i+1)}(CCE_{sa} - CCE_{ca}) - CA \quad (19)$$

donde S representa el ahorro monetario que se tiene del consumo eléctrico al instalar el aislante.

Diseño de Experimentos Estadístico

La investigación experimental estadística conducida en el presente trabajo se fundamentó en el ahorro monetario (S) que se tiene del consumo eléctrico de un sistema de aire acondicionado, el cual, se pretende minimizar considerando la colocación de un aislante térmico en la parte interior al espacio frío y los fenómenos físicos de transferencia de calor que ocurren desde el exterior hacia el interior del espacio frío como se muestra en la Figura 1. La metodología utilizada para el planteamiento de los experimentos es el diseño de experimentos con un enfoque de Taguchi, se consideran para el estudio dos factores controlables con tres niveles de evaluación como se muestra en la Tabla 1. Por lo tanto; se debe conducir por lo menos cinco experimentos para poder estimar el efecto de cada factor sobre la característica de calidad (ahorro monetario). De los dieciocho arreglos ortogonales base, el que cuenta con al menos cinco experimentos y máximo cuatro factores a tres niveles de evaluación cada uno, es el L_9 (3^4) (Roy, 2001), por lo que es el idóneo para el caso de estudio que se plantea en esta sección. La Tabla 4 presenta el arreglo ortogonal seleccionado con los diferentes valores de la característica de calidad obtenidos con el modelo termo-económico presentado y los valores de las Tablas 2 y 3 para los diferentes experimentos llevados a cabo.

Tabla 1. Factores y sus respectivos niveles de experimentación.

Factores	Unidad	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Tipo de aislante (A)	---	Poliestireno Extruido	Fibra de Vidrio Rígido	Uretano Rígido
Espesor del aislante x_3 (B)	Metros (m)	0.04	0.06	0.08

Tabla 2. Costo de diferentes aislantes por unidad de volumen (Söylemez y Ünsal, 1999).

Tipo de Aislante	$C_{A/V}$ (USD/m^3)	$\left(\frac{k_3}{\frac{W}{m-°C}}\right)$
Poliestireno Extruido	173.75	0.029
Fibra de Vidrio Rígido	203.41	0.021
Uretano Rígido	262.74	0.024

Resultados y Discusión

Análisis del Efecto de los Factores sobre la Característica de Calidad

Para llevar a cabo el proceso de optimización de la característica de calidad, se analiza el efecto de los diferentes factores considerados en el estudio. La Figura 2 muestra los efectos principales para los valores promedio del ahorro monetario (S) para cada factor en cada uno de los niveles de experimentación. Como se pretende maximizar la característica de calidad se debe seleccionar el nivel que aumente el valor promedio de dicha característica, se aprecia que existe un aumento en el ahorro monetario promedio en el nivel 2 para el factor A y en el nivel 1 para el factor B; por lo tanto, la mejor combinación de los factores es A2B1, el cual coincide con el cuarto experimento mostrado en la Tabla 4.

Análisis de Varianza

El análisis de varianza (ANOVA) permite determinar desde un punto de vista estadístico los factores que tienen un impacto significativo en la variabilidad de la característica de calidad. La Tabla 5 muestra el ANOVA del caso de estudio, de tablas estadísticas (Roy, 2001) con un nivel de significancia del 5% el valor del estadístico $F_{0.05, 2, 4}$ es de 6.94. Por lo tanto, como $F_0 > F_{0.05, 2, 4}$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el factor A seleccionado para el estudio tiene un efecto significativo desde un punto de vista estadístico sobre la característica promedio de calidad, mientras que el factor B no tiene un efecto significativo desde un punto de vista estadístico sobre la característica promedio de calidad. Se aprecia que el factor A es el que más contribuye a la variabilidad

del ahorro monetario con un 70.24%, por otra parte, el porcentaje de contribución del error estadístico es de 8.99%, el cual es menor del 15% establecido como norma de comparación (Krishnaiah y Shahabudeen, 2012), lo que significa que no se omitió ningún factor que pueda ser significativo para el estudio.

Tabla 3. Datos de entrada al simulador.

Parámetro	Valor
Temperatura ambiente en el espacio interior frío, $T_{\infty,i}$, (°C)	25
Temperatura ambiente en el espacio exterior al espacio frío, $T_{\infty,o}$, (°C)	31.5
Temperatura ambiente promedio en el espacio exterior al espacio frío, $T_{o,av}$, (°C)	29.5
Temperatura ambiente máxima en el espacio exterior al espacio frío, T_{max}, (°C)	34
Conductividad Térmica del ladrillo rojo, k_1, (W/m-°C)	0.71
Conductividad Térmica del repellado, k_2, (W/m-°C)	0.81
Espesor del ladrillo rojo, x_1, (m)	0.14
Espesor del repellado, x_2, (m)	0.01
Espesor del aislante, x_3, (m)	Tabla 1
Distancia vertical de la pared, H, (m)	31.37
Área exterior al espacio frío perpendicular al flujo de calor, A_o, (m^2)	301
Área interior en el espacio frío perpendicular al flujo de calor, A_i, (m^2)	301
Área perpendicular al flujo de calor, A, (m^2)	301
Velocidad promedio del viento, V_∞, (m/s)	3.65
Emisividad de la superficie de la pared interior, ε_i	0.92
Emisividad de la superficie de la pared exterior, ε_o	0.90
Coeficiente de rendimiento del sistema de enfriamiento, COP	2.5
Temperatura del cuerpo de las personas dentro del espacio frío, T_{cuerpo}, (°C)	37
Área superficial del cuerpo de las personas dentro del espacio frío, A_{cuerpo}, (m^2)	1.9
Emisividad de la superficie del cuerpo de las personas dentro del espacio frío, ε_{per}	0.82
Cantidad de personas ocupando el espacio frío	60
Cantidad de lámparas de iluminación, (el consumo de potencia eléctrica por cada lámpara es de 32 Watt, por lo tanto $\dot{Q}_{ilu} = (32)(24)(0.25) = 192$ Watt)	24
Cantidad de computadoras, (el consumo de potencia eléctrica por cada computadora es de 65 Watt, por lo tanto $\dot{Q}_{equ} = (65)(60) = 3900$ Watt)	60

Predicción de la Característica de Calidad

Una vez que se ha determinado el nivel óptimo o mejor combinación de los niveles de los factores involucrados en el diseño experimental, la etapa final es predecir y verificar la mejora de la característica de calidad. La Ecuación (20) establece como regla general que para determinar la proyección mencionada se debe contabilizar el efecto en promedio de cada uno de los factores que se tiene sobre la característica de calidad (Roy, 2001), es decir:

$$\mu = \frac{T}{n} + \left(\bar{A}_2 - \frac{T}{n}\right) + \left(\bar{B}_1 - \frac{T}{n}\right) \tag{20}$$

donde T es la suma total de los valores de la característica de calidad de cada uno de los experimentos (Tabla 4), n es el número total de experimentos (Tabla 4), $\bar{A}_2$ y $\bar{B}_1$ son los valores promedio de la característica de calidad para cada factor en cada nivel, es decir, en los niveles 2 y 1 para los factores A y B respectivamente como se muestra en la Tabla 6. Por lo tanto, sustituyendo valores en la Ecuación (20) se tiene un valor promedio de $\mu = 14159.22$, el cual es únicamente un punto estimado en base al promedio de los resultados que se obtienen de los diferentes experimentos llevados a cabo. Por lo tanto, debe determinarse un intervalo de confianza máximo y mínimo donde el valor de la característica de calidad real puede caer. La Ecuación (21) (Roy, 2001) se utiliza para determinar el intervalo de confianza mencionado:

$$C.I = \pm\sqrt{\frac{[F(\alpha, 1, n_2)(V_e)]}{N_e}} \tag{21}$$

 ISSN 2007-8102

donde el valor de $F(\alpha, 1, n_2)$ se obtiene de tablas estadísticas de puntos porcentuales de la distribución F como se menciono anteriormente, n_2 representa los grados de libertad del error estadístico (se obtiene de la Tabla 5), V_e indica la varianza del error estadístico (se obtiene de la Tabla 5) y N_e indica el número efectivo de repeticiones, el cual se determina a partir de la Ecuación (22) (Roy, 2001):

$$N_e = \frac{NTE}{GDLM + GDLFM} \tag{22}$$

donde NTE es el número total de experimentos, el cual es igual a 9 (Tabla 4), $GDLM$ es el grado de libertad de la media global, el cual por regla es 1, $GDLFM$ es la suma de los grados de libertad de cada uno de los factores que afectan a la media global, el cual es igual a 4 (Tabla 5). Por lo tanto, con un nivel de significancia del 5% el valor del estadístico $F_{0.05, 1, 4}$ es de 7.71, el valor de V_e es de 94945 y N_e tiene un valor de 1.8, así que el valor que se calcule de ahorro monetario con el modelo termo-económico desarrollado, debe de encontrarse entre los siguientes valores de $13478.37 \leq 14159.22 \leq 14840.10$. Se aprecia que el experimento 4 (Tabla 4) llevado a cabo en los niveles de evaluación A2B1 tiene un valor de 14168, el cual se encuentra dentro de los límites establecidos con anterioridad, por lo que se concluye que los factores con sus niveles seleccionados son los correctos, además de que se obtiene un error en porcentaje del 0.062% entre el valor calculado con el modelo termo-económico y el estimado estadísticamente, el cual se encuentra por debajo del 20% establecido como límite de comparación por Cetin *et al*., (2011). La Tabla 7 muestra la comparación entre los diferentes escenarios considerados para la disminución del consumo eléctrico sin utilizar y con utilizar aislante térmico.

Tabla 4. Arreglo ortogonal L_9 (3^4).

Exp. No.	Columnas		$\dot{W}_{E-hr}$ (kW-hr)	Característica de Calidad S (USD)
	Factor A	Factor B		
1	1	1	16009	13506
2	1	2	15188	13712
3	1	3	14723	13374
4	2	1	15341	14168
5	2	2	14679	13952
6	2	3	14229	13414
7	3	1	15599	13060
8	3	2	14884	12569
9	3	3	14470	11619

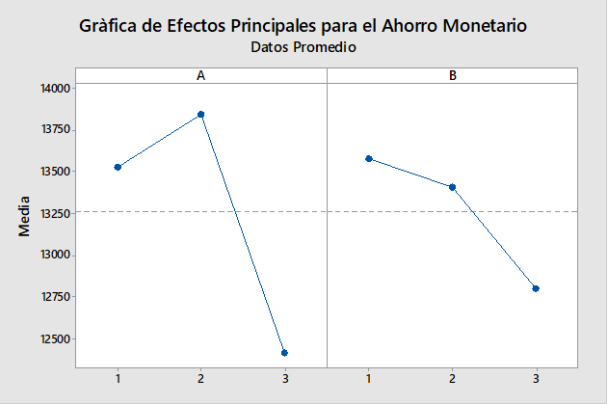


Figura 2. Gráfica de efectos principales de los diferentes factores.

Tabla 5. Análisis de varianza de los diferentes factores sobre la característica de calidad.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F_0	Contribución (%)
Factor A	2	3382166	1691083	15.63	70.24
Factor B	2	1000023	500011	4.62	20.77
Error	4	432904	108226		8.99
Total	8	4815094			100

Tabla 6. Valores promedio del ahorro monetario para cada factor en cada nivel.

Nivel	Ahorro Monetario Promedio para el Factor A	Ahorro Monetario Promedio para el Factor B
1	13531	13578
2	13845	13411
3	12416	12802

Tabla 7. Comparación entre los diferentes escenarios considerados para la disminución del consumo eléctrico.

Parámetro	Valor
Consumo de energía eléctrica del sistema de Aire Acondicionado sin utilizar aislante, $\dot{W}_{E-hr}$, (kW-hr)	26246
Costo del consumo eléctrico del sistema de Aire Acondicionado sin utilizar aislante, CCE, (USD)	39994
Consumo de energía eléctrica del sistema de Aire Acondicionado al utilizar aislante, $\dot{W}_{E-hr}$, (kW-hr)	15341
Costo del consumo eléctrico del sistema de Aire Acondicionado al utilizar aislante, CCE, (USD)	14168

Conclusiones

La combinación de la metodología propuesta por Taguchi en conjunto con la simulación nos demuestra la posibilidad que se tiene de conducir una optimización y/o selección de un componente que beneficie al sistema termo-hidráulico analizado antes de proceder a implementar la mejora. En este trabajo se obtiene que el tipo de aislante es estadísticamente significativo mientras que el espesor del aislante no lo es. La colocación de un aislante térmico en el interior de un espacio frío conduce a la reducción del consumo de energía eléctrica de un sistema de aire acondicionado del orden del 41.6% en comparación con no utilizar aislante. Por consecuencia, se obtiene un beneficio económico del orden del 64.6% en comparación con no utilizar aislante.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada al Ing. Lucio Duarte Gallegos para llevar a cabo sus estudios de posgrado en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México en Celaya.

Referencias

1. Arici, M., Karabay, H., Determination of Optimum Thickness of Double-Glazed Windows for the Climatic Regions of Turkey, Energy and Buildings, vol. (42), pp. 1773 – 1778, 2010.
2. Blank, L., Tarquin, A., Ingeniería Económica, Cuarta Edición, Mc-Graw Hill, 2000.
3. Carrier, Manual de Aire Acondicionado, Marcombo, 1980.
4. Cengel, Y., A., Ghajar, A., J., Transferencia de Calor y Masa, Cuarta Edición, McGraw-Hill, 2011.
5. Cetin, M., H., Ozcelik, B., Kuram, E., Demirbas, E., Evaluation of Vegetable based Cuttings Fluids with Extreme Pressure and Cutting Parameters in Turning of AISI 304L by Taguchi Method, Journal of Cleaner Production, vol. 19, pp. 2049-2056, 2011.
6. Holman, J., P., Heat Transfer, Ten Edition, McGraw-Hill, 2010.
7. Kayfeci, M.,Keceba, A., & Gedik, E., Determination of Optimum Insulation Thickness of External Walls with Two Different Methods in Cooling Applications, Applied Thermal Engineering, vol. (50), pp. 217 – 224, 2013.
8. Krishnaiah, K., Shahabudeen, P., Applied Design of Experiments and Taguchi Methods, PHI Learning Privated Limited, 2012.
9. Lianying, Z., Yuan, W., Jiyuan, Z., Numerical Study of Effects of Wall´s Insulation Thickness on Energy Performance for Different Climate Regions of China, Energy Procedia, vol. (75), pp. 1290 – 1298, 2015.
10. McQuiston, F., C.,Parker, J., D., Spliter, J., D., Heating, Ventilating and Air Conditioning, Analysis and Design, 6th Edition, John Wiley & Sons, 2005.
11. Ozel, M., Thermal Perfomance and Optimum Insulation Thicknesses of Building Walls with Different Structure Materials, Applied Thermal Engineering, vol. (31), pp. 3854 – 3863, 2011.
12. Roy, R., K., Design of Experiments Using Taguchi Approach (16 Steps to Product and Process Improvements), First Edition, John Wiley & Sons, 2001.
13. Söylemez, M., S., Ünsal, M., Optimum Insulation Thickness for Refrigeration Applications, Energy Conversion & Management, vol. (40), pp. 13 – 21, 1999.
14. Tanenbaum, A., S., Sistemas Operativos Modernos, Segunda Edición, Prentice Hall, 2003.

Diseño y manufactura de los sistemas de tracción e impresión de un dispositivo de lecto-escritura con impresión Braille

E. Cruz Solís [1], M. Castro Sánchez [2], V. Ventura Ahumada [3], O. Aguayo Tut [4], U. Barzalobre Cruz [5],*
[1]Profesor Investigador de la División de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Avenida Tecnológico N° 80 Colonia 5 de octubre, 73173, Huauchinango, Puebla, México.
[2]Alumna de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura, Corporación Universitaria del Caribe CECAR, Carretera Troncal de Occidente km 1 vía Corozal – Sincelejo, 700001, Sincelejo, Sucre, Colombia.
[3]Alumno de la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Colima, Km 9 carrera Colima- Coquimatlán, 28400, Coquimatlán, Colima
[4]Alumno de la División de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana Roo Campus Chetumal, Avenida Universidad entre Ignacio Comonfort, 77019, Quintana Roo, México
[5]Alumno de la División de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Avenida Tecnológico N° 80 Colonia 5 de octubre, 73173, Huauchinango, Puebla, México.

**edgar.itsh@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería industrial*

Resumen

A lo largo de la historia el diseño y la manufactura siempre han jugado un papel muy importante a la hora de la creación de distintos artefactos. En la investigación realizada se diseñó y manufacturó las estructuras de los sistemas de tracción e impresión del dispositivo de lecto- escritura con impresión Braille, el proceso se desarrolló en 3 fases, la primera enfocada al diseño de los sistemas de tracción e impresión, la segunda orientada a la manufactura de los sistemas y la tercera a la generación del código numérico G y a la fabricación de las distintas piezas diseñadas.

***Palabras clave**: Manufactura, diseño, sistema Braille*

Abstract

Throughout history, design and manufacturing have always played a very important role in the creation of different artifacts. In the investigation carried out, the structures of the traction and printing systems of the reading and writing device with Braille printing were designed and manufactured, the process was developed in 3 phases, the first focused on the design of the traction and printing systems, the second oriented to the manufacture of the systems and the third to the generation of the numerical code G and to the manufacture of the different designed parts.

***Key words**: Manufacturing, design, Braille system.*

Introducción

Desde los inicios de la humanidad las actividades más esenciales del hombre siempre se han enfocado en la fabricación de diferentes artefactos que le faciliten la vida, labor que empezó hace más de 6000 años con los artesanos quienes empleaban varias técnicas para la fabricación de distintos utensilios y piezas, basándose primeramente en el proceso de la transformación de materia prima, con esta actividad ya se empezaba a dar las primeras nociones de manufactura y diseño (Briggs, 2018). Luego con la Revolución industrial la manufactura y el diseño tuvieron su mayor desarrollo y esto se dio con el proceso de fabricación de distintos artefactos donde se construyeron diversas máquinas y con éstas mismas crearon otras; algo muy característico de la revolución y quizás una de las labores más importantes de la historia fue el diseño y la invención de piezas intercambiables en el que máquinas podrían construir las piezas de ellas mismas y con esto fabricar otra máquina, claro que antes del mencionado proceso las labores se centraron principalmente en el diseño de las piezas y que luego se apoyaron en los procesos más avanzados de la manufactura en general, dichas prácticas y técnicas que con el pasar de los años fueron evolucionando y que ahora en la actualidad al fusionarse con la tecnología se crearon

máquinas increíblemente desarrolladas y con tecnología avanzada para ayudar al desarrollo más óptimo y eficiente del proceso de manufactura (historia de la manufactura, 2015).

No obstante, las máquinas no han sido lo único que ha evolucionado en el proceso de manufacturar artefactos, sino que actualmente ya existen distintos softwares que facilitan los procesos de diseño y manufactura tanto así, que ya se puede simular hasta el proceso de fabricación de la pieza misma, proceso que acoge a muchas fases antes como la definición de su estructura la cual resulta importante para determinar los componentes necesarios para su construcción conocido esto como la fase de diseño, la cual detalla y estructura a profundidad cada una de las partes que conforman al sistema (Bryden, 2014). Luego, se pasa a la fase de manufactura donde se estudia más a fondo la pieza y se escogen los mecanizados, el material de la misma y la maquinaria que va a implementar para su fabricación (García, 2006). En la presente investigación se acoge este método de fabricación y diseño de los distintos componentes que posee el sistema de tracción e impresión que integran el dispositivo de lecto- escritura con impresión Braille.

Metodología

La presente investigación se realizó en 3 fases, la primera que consistió en realizar el diseño de los sistemas de tracción e impresión, la segunda se enfocó a la manufactura de las piezas que componen a los sistemas mencionados anteriormente por medio del programa MastercamX5 y la tercera se basó en la obtención de los códigos numéricos de las piezas que serán maquinadas en la CNC y de la misma manera el proceso de fabricación de éstas mismas. Antes de dar a conocer la aplicación de las distintas fases y los resultados obtenidos, es importante mencionar los distintos materiales que se utilizaron para llevar a cabo el proceso de maquinado de los sistemas de tracción e impresión fueron para el CNC aluminio pulido y PLA para la impresora 3D.

Resultados y discusión

Aplicación de las fases

Fase 1: Diseño de los sistemas de tracción e impresión del dispositivo de lecto- escritura con impresión Braille

Para el desarrollo de los diseños de los sistemas de tracción e impresión, se apoyó del software SolidWorks para el diseño CAD de las piezas, el proceso de diseño para cada sistema se dio de la siguiente manera:

- **Sistema de tracción:** Para el diseño de éste se partieron de criterios muy puntuales como de las dimensiones de la hoja en la que normalmente las personas trabajan el sistema Braille, el mecanismo de funcionamiento de la tracción de hoja en la que se tomó como aliada a la gravedad, la estructura de acoplamiento y la configuración mecánica del funcionamiento.

  En dicho sistema, un factor clave para el diseño se centró principalmente en la función que éste cumple a lo largo de todo el proceso, que consiste en que al entrar en contacto con la hoja este la sujete y la succione al interior del dispositivo para que se pueda escribir sobre ella y posterior a ello salga con lo digitado, teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente se estructura como primera medida un chasis con un área determinada para la integración de los demás componentes, seguidamente dos estructuras laterales para el chasis y para garantizar que la hoja actúe tomando como aliada a la gravedad se diseña una rampa, la cual consta de tres bases, dos laterales y una con cierta longitud de arco para el movimiento de la hoja, entendiendo así que ésta última no abarcará área del chasis, sino que tendrá su misma área independiente, pero conectada con esta misma.

  En el área del chasis se integraran dos pares de rodillos unidos por un eje que están apoyadas en las bases laterales con el objeto de cumplir la función de succionar la hoja al momento de entrar en contacto con ella, ubicándose éstos mismos en los límites frontales y traseros y formando así una especie de caja, cabe decir que la sincronía de estos resulta muy importante y es por ello que para cerciorarse de que esto

 ISSN 2007-8102

suceda se diseña una banda que los una y a su vez esta misma estará en contacto con dos engranes y éstos últimos a un motor que será el responsable del movimiento, en este mismo sentido y para tener una mayor certeza de que la hoja permanecerá en reposo mientras el dispositivo esté escribiendo sobre ella, se diseñan unos micro rodillos los cuales serán responsables de esta función, éstos se componen de una base estructural y un eje de resorte, éste último con el objeto de que se ejerza solo la presión necesaria sobre la hoja, no mucha que pueda romperla ni muy poca en la que se pueda deslizar o mover de la posición deseada, la ubicación de ellos son al lado de la bases laterales, puesto que están empotrados y con esta ubicación estratégica abarcan una menor área. En la figura 1, se puede observar el diseño del sistema de tracción realizado.

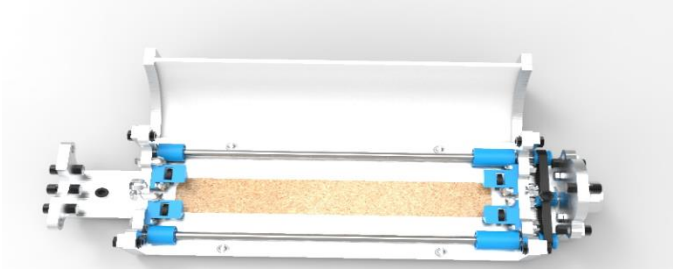


Figura 1. Estructura del sistema de tracción de hoja del dispositivo
Fuente: Víctor Ventura Ahumada

- **Sistema de impresión:** Para el proceso de diseño del sistema de impresión, se partió primeramente de la función de éste mecanismo, que se apoya principalmente en el movimiento particular que ejecuta al momento en que se encuentra la hoja en el área de escritura del dispositivo, su función se centra en plasmar de forma física lo escrito por el usuario, para lograr que esto suceda se diseñaron varias piezas y componentes que integran este sistema, para tener una mejor visión de lo diseñado se fraccionó éste sistema en 3 partes importantes.

La primera parte constituye al diseño del recorrido que va a realizar los punzones para escribir sobre la hoja, esta parte la conforman 3 estructuras, las primeras son las dos bases laterales de soporte, en la que cada una se encuentran después de la bases laterales del chasis del sistema de tracción, puntualizando que en la parte derecha de la estructura se encuentra un motor de 5 V y un eje fijo que conecta a la banda de hule y que en la parte izquierda se encuentra conformada por dos bases con un ángulo de 90° que apoya un motor, seguidamente sobre el eje de éste motor es encuentra sujetada el otro extremo de la banda de hule, provocando así el movimiento y por último la tercera estructura que la conforman los dos apoyadores que se encuentran en las bases mencionadas anteriormente y sobre éstos están dos tubos de soporte que serán la pieza clave para que se puedan desplazar los solenoides con los punzones.

La segunda parte la conforma la estructura del soporte de los punzones, que se compone por la parte que se apoya en los tubos de soporte que contiene los solenoides, es importante mencionar que en esta segunda parte la estructura se mueve en respuesta al contacto por la banda de hule que se describe en la primera parte y que su movimiento solo se da en el eje de las X.

La tercera parte se integra por dos punzones que se encuentran acoplados a los solenoides que son los responsables de proporcionarles el movimiento a los punzones, haciendo que éstos últimos se muevan en el eje de las Z, cabe decir que aunque se muevan a lo largo del eje de la Z, éstos de cierta forma u otra también lo hacen sobre el eje de las X, puesto que como se encuentran de forma implícita adscrito al sistema de estructura, ésta les proporcionará el componente restante para trabajar sobre el plano XZ. Luego de diseñar los componentes de cada uno de los sistemas descritos anteriormente, se procede a la integración de éstos mismos, lo cual se puede observar en la figura 2.

 ISSN 2007-8102

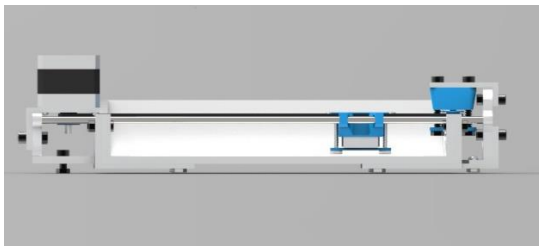


Figura 2. Estructura del sistema de impresión de hoja del dispositivo
Fuente: Víctor Ventura Ahumada

Luego de diseñar los sistemas y cada uno de los componentes se procedió con la siguiente fase de la investigación, la cual se basa principalmente en la manufactura de cada pieza diseñada y de los diferentes mecanizados a utilizar para su debida fabricación.

Fase 2: Manufactura de las piezas que componen a los sistemas de tracción e impresión

Posterior al diseño previsto con anterioridad se procede con la parte de la manufactura de las piezas de los sistemas, algo que se debe tener en cuenta a la hora de trabajar la manufactura es la estructura, el diseño y los componentes de cada uno de los sistemas, ya que no todos los que conforman a éstos mismos son maquinables. En el caso del sistema de tracción, las piezas que son maquinables son: los rodillos, los micro rodillos, las estructuras de soporte de los micro rodillos, las bases laterales del chasis, el chasis y las bases laterales de la rampa, es importante recalcar que de las piezas mencionadas las 3 primeras fueron maquinadas por una impresora 3D y las 3 últimas se realizaron en el CNC. Para el sistema de impresión solo se maquinaron las bases laterales del soporte de impresión y un rodillo de tracción.

Para una mejor estructuración y visión de cada una de las piezas que se mencionaron fabricadas en el CNC, se apoyó del software MasterCamX5, en el que se pudo observar a detalle cada parte de las piezas y la determinación del maquinado de estas, simulando su comportamiento en el software y de esta forma se obtuvo el código G para el CNC. Todo lo que se mencionó en la situación anterior se realizó para cada una de las piezas que componen a cada sistema, incluyendo a la impresora 3D lo cual se describe a continuación:

Piezas maquinables del sistema de tracción

Fabricadas en 3D

Rodillos: para la manufactura de esta pieza solo se tiene que tener en cuenta su estructura geométrica, la cual consiste básicamente en un cilindro con cierto grosor cuya estructura interna es hueca.

Micro rodillos: para el caso de esta pieza se tiene que tener presente su estructura particular, ya que esta cuenta con una forma de circunferencia con cierto grosor, además de ello en su interior posee 7 orificios, uno en la parte central con forma circular y los restantes alrededor de la pieza con forma triangular.

Estructura de soporte de los micro rodillos: esta pieza cuenta con una estructura conformada por dos bases laterales con forma triangular y una especie de chasis con un orificio en el interior de forma rectangular.

Fabricadas en el CNC

Bases laterales del chasis: para la manufactura de esta pieza se tomó en cuenta su estructura y componentes, que consta de 8 orificios circulares, distribuidos a lo largo de la pieza, dos de ellos ubicados en la parte inferior de ésta, siendo éstos mismos los más grandes, seguidos de 4 orificios más pequeños, que se encuentran ubicados entre los orificios más grandes y por último dos de ellos ubicados en la parte superior de la pieza, en cada extremo de la misma.

Bases laterales de la rampa: Para estas piezas se debe tener en cuenta las características puntuales de estas, tal como los 3 orificios que se encuentran a orillas de la pieza, uno en la parte superior de ésta y los dos restantes

 ISSN 2007-8102

ubicados de forma horizontal en la parte inferior y por último las partes laterales, una es una línea recta y la otra una parte curvilínea.

Chasis: Su estructura se constituye de una placa de aluminio con de cuatro orificios tipo cajera en el interior con perforaciones en éstas, un desbaste lineal horizontal, en la parte central se ubica una perforación y en la derecha de la pieza un desbaste con un escalón, derecha figura 3, dos estructuras complementarias con la función de platinas, izquierda en la figura 3, en la parte central figura 3 se observa la pieza constituida por tres perforaciones y una ranura con la finalidad de servir de soporte de la hoja.

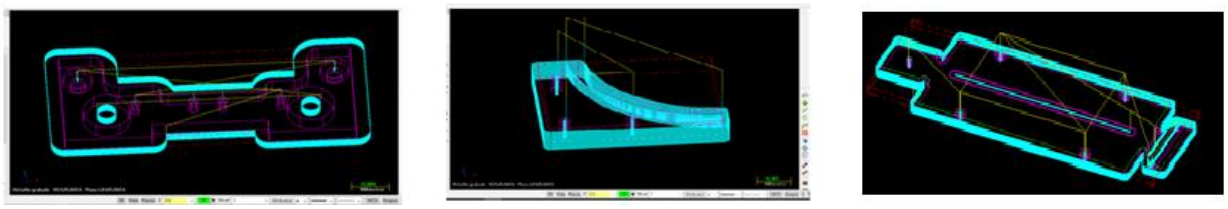


Figura 3. De izquierda a derecha se observa la estructura de las bases laterales del chasis, las bases laterales de la rampa y el chasis elaboradas en el software MastercamX5
Fuente: Óscar Aguayo Tut

Piezas maquinables del sistema de impresión

Fabricadas en 3D

Camisa para soporte de solenoides: Su estructura consta de una base rectangular con dos orificios para los solenoides y cuatro extremos con orificios de desliz para la sujeción en los tubos de soporte para el sistema de impresión, tal como se observa en la figura 2.

Soporte del rodillo de la tracción de banda: se basa en una estructura de forma trapezoidal con cierto grosor y huecos en su interior de forma vertical y una base de sujeción con dos orificios de empotre.

Los rodillos de tracción de banda: Son estructuras cilíndricas huecas con coronas en la parte exterior

Fabricadas en el CNC

Bases laterales del soporte de impresión

Estas bases se subdividen en:

- ✓ **Base de soporte para el motor NEMA:** Para la fabricación de esta pieza se tomó en cuenta la estructura y los componentes, además de su geometría. Esta pieza consta de 3 perforaciones ubicadas en la parte central de la pieza, las que se encuentras alineadas de forma horizontal y 2 perforaciones tipo cajera en la parte superior de la pieza, específicamente en los extremos de ésta misma, además de ello la pieza consta de un semicírculo entre las perforaciones superiores, lo dicho anteriormente se muestra en la figura 4.

- ✓ **Base de soporte para el motor de 5V:** Para la generación del código numérico y la fabricación de ésta pieza, se tomó en consideración a las características de la pieza, como que cuenta con dos orificios simétricos en la parte central de la misma, cuya función se basa en el soporte de los ejes, una perforación en la parte superior y entre las perforaciones centrales se encuentra un corte tipo cajera en forma de un circulo incompleto que abarca una parte considerable de la pieza, es importante mencionar que en el interior de este corte se encuentran 2 perforaciones en los laterales de este círculo, lo descrito anteriormente se puede visualizar en la figura 4 que se encuentra a continuación.

 ISSN 2007-8102

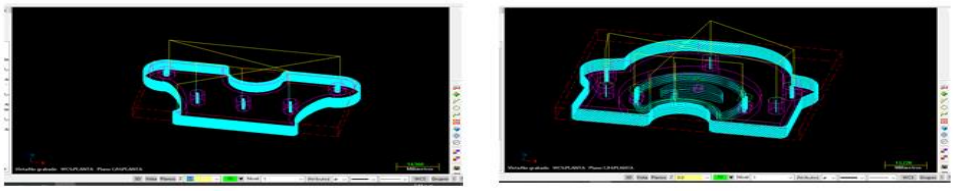


Figura 4. En la parte izquierda se encuentra la estructura de la base de soporte para el motor NEMA y en la derecha la estructura de la base de soporte para el motor de 5V en el software MastercamX5
Fuente: Óscar Aguayo Tut

Luego de esta fase, de procedió con la tercera fase de la investigación, la cual engloba todo lo relacionado a la obtención de los códigos numéricos y a la debida fabricación de las piezas tanto en la impresora 3D como en la máquina CNC.

Fase 3: Obtención de los códigos G y fabricación de piezas que componen a los sistemas de tracción e impresión

En esta fase se procede a la obtención de los códigos G y a la fabricación de las piezas que componen a los sistemas de tracción e impresión que se describieron en la fase anterior, esta fase se subdividió en 2 partes, la primera que hace referencia a la fabricación de la pieza en la impresora 3D y la segunda a la fabricación en el CNC.

Obtención del código numérico y fabricación de las piezas del sistema de tracción

Fabricación en la impresora 3D

Para la fabricación en la impresora 3D se realizó la obtención del código numérico G de las piezas: rodillos, micro rodillos y de las estructuras de soporte de los micro rodillos y que luego se ingresaron en la impresora 3D

Fabricación en CNC

Para la fabricación de las piezas en el CNC se realizó la debida obtención de los códigos numéricos para cada una de las mismas, éstas se fraccionan en dos grupos, las del sistema de tracción y las del sistema de impresión, lo cual se ve a continuación. La obtención del código numérico para la fabricación del sistema de tracción de hoja del dispositivo se realizó para las siguientes piezas:

Piezas laterales del chasis: Partiendo de la figura 3 izquierda, operando en el mismo software de MastercamX5 se obtuvo el código G para el maquinado de la pieza en el CNC, es importante mencionar que en el código generado se trabajó sobre tres clases de maquinado, el primero denominado maquinado tipo cajera redonda, éste para la creación de los orificios de la parte superior con la particularidad de que éstos solo llegan hasta la mitad del grosor de la pieza, el segundo llamado maquinado tipo taladro, para la perforación total de la pieza, de los orificios restantes de la misma involucrando a los orificios más pequeños hasta los más grande y por último el maquinado de contorno o también conocido como fresado refrentado o careado, cuya característica general hace referencia a la ubicación del eje de la fresa con respecto a la superficie de trabajo el cual es de forma perpendicular, que en este caso se utilizó para la generación de corte del contorno de la pieza.

Después de la obtención del código G se procede al maquinado en el CNC, es importante mencionar que, para los orificios grandes, el contorno de la pieza y la cajera se usó un cortador de 3/8”, para la perforación de taladro que va dentro del tipo cajera se usó la broca de ¼” y por último para las perforaciones de los orificios más pequeños se usó una broca de 1/8”. Luego del debido proceso de fabricación y maquinado en la CNC se obtiene la pieza final de las bases laterales del chasis.

 ISSN 2007-8102

Bases laterales de la rampa: Teniendo en cuenta la figura 3, centro, se procede con la obtención del código G por medio del software MastercamX5 se aplicaron solo un tipo de maquinado y fue el de contorno o también llamado fresado de perfiles. Partiendo del código generado anteriormente se procede a la parte de fabricación de la pieza introduciendo el código en el CNC, para el maquinado de esta pieza se utilizaron cortadores de 1/8" y de 3/16". Las piezas de las bases laterales de la rampa al final del maquinado en el CNC se ven de la siguiente manera. En la figura 5, que se encuentra a continuación se puede observar claramente las piezas fabricadas del sistema de tracción.

Chasis: tomando en consideración la figura 3, derecha, se genera el código G para la fabricación de la pieza, definiendo de la misma forma el tipo de mecanizado a aplicar, en esta pieza se aplican los maquinados tipo desbaste, cajera redonda tipo desbastes, tipo taladro y de contorno. Posterior a la descripción mencionada se procede a introducir el código generado en el CNC, para la fabricación de esta pieza se utilizó dos clases de cortadores de 3/8" y 1/8". Las piezas finalizadas se pueden observar en la figura 5.



Figura 5. De izquierda a derecha se observa la estructura de las bases laterales del chasis, las bases laterales de la rampa y el chasis terminadas
Fuente: María Luisa Castro Sánchez

Obtención del código numérico y fabricación de las piezas del sistema de impresión

Fabricación en CNC

La obtención del código numérico para la fabricación del sistema de tracción de hoja del dispositivo se realizó para las siguientes piezas.

Bases laterales del soporte de impresión

Estas bases se subdividen en:

- **Base de soporte para el motor NEMA:** Partiendo de la figura 4 se generó el código G para el maquinado de la pieza en el CNC, en este caso solo se aplicaron dos clases de maquinado, uno tipo cajera redonda, para la creación de los orificios de la parte superior y el otro de contorno o también conocido como fresado refrentado o careado, para la generación de corte del contorno de la pieza. En esta misma línea se procede al maquinado en el CNC, en el cual para los orificios que están de forma colineal y para los tipos cajeras se utilizó un cortador 3/16". Después del proceso de maquinado en el CNC se obtuvo la pieza final que se puede observar en la figura 6 que se encuentra a continuación

- **Base de soporte para el motor de 5V:** Partiendo de la figura 4 se generó el código numérico para el maquinado de la pieza en el CNC el cual, para esta pieza, fueron de dos tipos, un maquinado de desbaste tipo cajera para el casi circulo que se encuentra en la parte central de la pieza y el otro de maquinado de contorno o también llamado el fresado de perfiles para las orillas de la pieza, una parte del código que se mencionó al inicio se puede observar a continuación. Luego de la obtención del código numérico se introducen en el programador del CNC para colocarlo en funcionamiento y así proceder con el maquinado de la pieza, cabe subrayar que para este proceso se utilizaron cortadores de 1/8", 3/8" y 3/16". Luego del proceso de maquinado que se describió anteriormente se termina la pieza de la base de soporte para el motor de 5V. En la figura 6 se observa las dos piezas fabricadas en la CNC del sistema de impresión.

 ISSN 2007-8102



Figura 6. Base de soporte para el motor de 5V terminada
Fuente: María Luisa Castro Sánchez

Trabajo a futuro

Con la investigación realizada, se pretende que más a delante se ensamble cada sistema y que posterior a ello se realicen pruebas de estructura y funcionamiento de éstos y por último que se integre todos los sistemas diseñados.

Conclusiones

Después de realizar el maquinado de las piezas se pudo observar varios factores, tales como el tiempo, puesto que éste no fue el que exactamente marcó el software MastercamX5, ya que en el software marcaba un tiempo muchísimo menor y en realidad tardó mucho más, esto se puede justificar debido a los diferentes cambios que se realizaron a la máquina, pues no todos los maquinados se hicieron con el mismo cortador y por tanto en éste proceso se incrementaba el tiempo, además al momento de simular el maquinado de las piezas en MastercamX5 se pudo observar que en relación al diseño previsto en Solidworks, a la pieza se le tuvieron que realizar algún tipo de ajuste, puesto que los tipos de mecanizado no se ajustaban a un 100% a las características puntuales de las piezas. Por otra parte, y teniendo en cuenta la obtención de las piezas, es preciso afirmar que éstas, se pueden optimizar, lo cual se podría realizar rediseñando las piezas y reduciendo el material empleado sin debilitar la estructura o en casos más particulares utilizar otro material.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, a la carrera de Ingeniería Industrial por el apoyo y las facilidades en el desarrollo del proyecto, así mismo este articulo fue realizado con el apoyo del cuerpo académico Tecnología Aplicada del ITSH.

Referencias

1. Briggs, J. (2018). La historia de la industria manufacturera. Retrieved 29 July 2019, from https://www.cuidatudinero.com/13125475/la-historia-de-la-industria-manufacturera.
2. Bryden, D. (2014). CAD y prototipado rápido en el diseño de producto (1st ed., pp. 67-70). Barcelona España: promopress
3. García, J. C. C. (2006). Tecnología avanzada del diseño y manufactura asistidos por computador-CAD/CAM. PROSPECTIVA, 4(1), 75-81
4. Groover, M. (2012). Introducción a los procesos de manufactura, México, Mc Graw Hill. (pp. 348-378).
5. Historia de la manufactura - manufactura de produccion. (2015). Retrieved 29 July 2019, from https://sites.google.com/site/manufacturadeproduccion/historia-de-la-manufactura.
6. Martínez, R. R. (2004). Criterios para Seleccionar Sistemas de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora (CAD/CAM). Información tecnológica, 15(2), 91-94.
7. Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología. Pearson Educación.

Análisis de decisión para optimizar una línea de manufactura de partes automotrices.

M. García Berthely [1], L. Marmolejo García[2], L. Tomás Ávalos López[3]
Departamento de Ingeniería en Moessler PS USA LLC, San Antonio Texas. mgberthely@hotmail.com (autor corresponsal), Jefatura del Departamento de Mantenimiento de Equipo, Instituto Tecnológico de Toluca, Metepec, Edo. de México. lmarmole13@hotmail.com, Encargado del Departamento del Centro de Información, Instituto Tecnológico de Toluca, Metepec, Edo. de México lavalosl@toluca.tecnm.mx
Área de participación: *Ingeniería Industrial*

Resumen

Se utiliza el Análisis de Decisión Integral, como una opción diferente para aplicarla en la optimización de una línea de manufactura del cabezal de motor en una planta de maquinado del sector automotriz. Como primer paso se definen las partes interesadas y se genera el enmarcamiento del problema, posteriormente se define una red de objetivos y 5 alternativas, se elaboran matrices de decisión con las condiciones establecidas y las probabilidades asignadas de acuerdo a las alternativas y los sucesos correspondientes, para formalizar resultados que sirven para clarificar el mejor camino y cumplir con los requerimientos del mercado, minimizar la inversión monetaria, el tiempo de respuesta en la implementación y por ende el costo del producto, dando como resultado la elección de un centro de maquinado para optimizar la línea de manufactura.

***Palabras clave*:** Optimización, Manufactura, Análisis de decisiones.

Abstract

Integral Decision Analysis is used as a different option to be applied in the head engine manufacturing line optimization in an automotive engine plant. First of all, definition of the concerned parties is required, then the problem framing, objects net definition and 5 alternatives, the decision matrix is needed with the required conditions and the assigned probabilities established with the alternatives and the events according with them, to be formalized all the results that help to clarify the best way and accomplish with the market requirements, minimize the monetary inversion, implementation response time and as a result of, the product cost, resulting the choice of engine center to be optimized in the manufacturing line.

Key words: Optimization, Manufacturing, Decision Analysis

Introducción

La Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) señala que la industria automotriz terminal y de autopartes en México representó el 2.9% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y el 18.3% del PIB manufacturero en el país durante el primer trimestre de 2018 (ENFASIS Logística, 2019), por lo que hace relevante realizar trabajos que permitan dar pautas para la optimización de recursos o decisiones a través de metodologías.
A la par de la revolución industrial se ha venido evolucionando en las metodologías que permiten a las empresas mantener su competitividad; dichas metodologías incluyen filosofías, estrategias y técnicas para su desarrollo, por ejemplo: Metodología de Tecnología de Flujo por Demanda para reducir los costos de operación de las compañías (LOPEZ L., 2005); uso de la combinación de modelos y la metodología Production Preparation Process (3P), que incrementa la utilidad de los recursos o modelo que tiene demanda (RUIZ L., 2015); nuevas herramientas o sistemas que sean capaces de mejorar los ya existentes como Production Driver y el Control de la Capacidad de la Producción (Ros H., 2008). Otras herramientas o metodologías aplicadas son la teoría de las restricciones (Theory of Constraints - TOC) (Aguilera, 2000), la metodología 6 Sigma que su objetivo es reducir los defectos hasta casi cero (Lara T.) y por programación dinámica el reemplazo de equipos donde se busca alcanzar un parámetro establecido como la renovación

de equipos y/o costos acumulados resueltos. (Viveros Folleco, González V., & Rodríguez B., 2004).
Con respecto al trabajo realizado se considera la metodología de Análisis de Decisiones creado por Ronald A. Howard y sus asociados de la llamada escuela de análisis de decisiones de Stanford la cual la definió en 1965 como "un procedimiento lógico para el balance de los factores que influyen en una decisión" (Ley, 2009). La metodología de Análisis de Decisiones, enseña a tener transparencia en situaciones de la vida o del área donde se desarrollen a veces condiciones demasiadas complejas; cuando se presentan factores que son importantes pero inciertos, o en situaciones que no se está seguro como afrontar; para esta metodología la incertidumbre es el conocimiento incompleto acerca de la ocurrencia de un evento, y puede medirse con distribuciones de probabilidad (Ley B. R., 2001). La probabilidad es usada porque en una decisión no se sabe con plena seguridad el futuro, y el análisis de decisiones no es un medio para adivinarlo, sino que sirve para aclarar un problema de decisión, haciendo que las partes del problema sean más entendibles, y proporcionando una perspectiva de las posibilidades con sus respectivas probabilidades de éxito, y se debe tener en cuenta que siempre existirá una probabilidad de fracaso (Howard, 1994). Una parte importante para la construcción del análisis de decisiones es establecer una selección de medidas, para que a los involucrados se les proporcione elementos que les faciliten acercarlos a diferentes opciones, proporcionado una visión amplia de las diferentes variables que interactúan, considerando de manera particular los eventos inciertos que surgen en el modelo.
A través de la búsqueda de trabajos de investigación en la disciplina de Análisis de Decisiones, hay trabajos que se enfocan a diversas áreas utilizando el teorema de Bayes, arboles de decisiones, técnicas de investigación de operaciones, entre otros utilizados por empresas de consultoría, investigación y análisis de estrategias financieras (Marmolejo G., 2012). Trabajos que utilizan el Análisis de Decisiones Integral, como tal se tienen en: Análisis de decisiones en energía, manufactura y servicios, políticas públicas, aplicaciones militares y aplicaciones médicas, entre otras áreas (Ley, 2009). Trabajos desarrollados por el departamento de Estudios de Posgrado en el Instituto Tecnológico de Orizaba. En trabajos desarrollados en países de habla inglesa nos encontramos que la mayor información está disponible en Canadá y los Estados Unidos de América como se recopiló la información de los artículos emitidos por el (Institute for Operations Research and the Management Sciencies, 2019).
En el caso de estudio se propone aplicar la metodología de Análisis de Decisiones para optimizar la línea de manufactura de un cabezal de motor (parte superior de un motor de combustión interna que permite el cierre de las cámaras de combustión), de una planta de maquinado del sector automotriz, donde se permita claridad en la elección debido a que existe incertidumbre en el método utilizado, en la meta de la compañía en el momento actual y futuro, los recursos que tendrán que invertirse para que no encarezcan el producto y la permanencia en el mercado sin que disminuya por problemas de calidad y/o desabasto de este; un concepto amplio de costo que nos provea claridad con la finalidad de evitar un sesgo de ahorro, donde este beneficio económico sea mal entendido por una satisfacción inmediata y que en ese ahorro inmediato encarece las operaciones de mediano plazo.
El desarrollo del trabajo se lleva a cabo siguiendo los pasos de la Metodología de Análisis de Decisiones Integral (Ley, 2009), enlistándose a continuación: Enmarcamiento de la situación (el decisor aborda las prioridades y las circunstanciales actuales), definición de Objetivos (clarificar los que el decisor quiere lograr), generación de alternativas y estrategias (para conducir el logro de los objetivos planteados), análisis de eventos inciertos con impacto (identifica probabilísticamente los eventos fuera de control), modelación de la situación de decisión (interrelación entre decisiones, eventos y objetivos), evaluación de estrategias (cuantifica probabilísticamente las estrategias y su interrelación), claridad y elección (examinar las etapas anteriores y ver si se tiene claridad en la situación), plan de acción (tomar las decisiones tácticas complementarias a la estrategia seleccionada).

Metodología

Enmarcamiento de la situación de decisión

El enmarcamiento consiste en seleccionar la situación de decisión que más le conviene abordar al decisor (considerando sus preferencias y circunstancias actuales), y expresar de manera clara la situación de decisión que abordará. La expresión de la situación es similar a lo que en otras metodologías se "denomina definir el problema", pero eso es diferente a enmarcar. como se muestra en la figura 1. Diagrama de intersección:

 ISSN 2007-8102

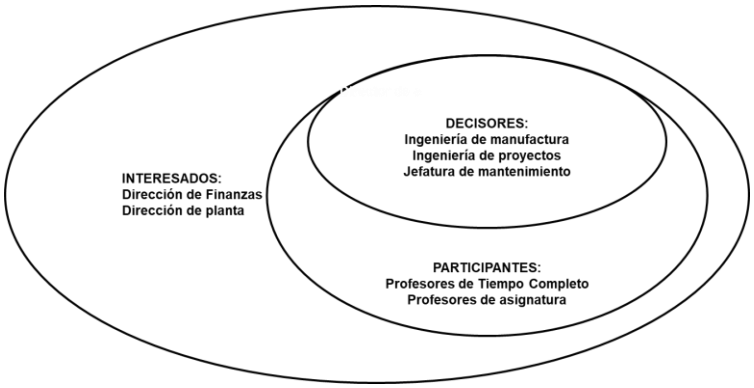


Figura 1. Diagrama de intersección entre los decisores, los participantes e interesados en la situación de decisión (Elaboración propia)

Generación de los enmarcamientos

En el proceso de enmarcamiento el énfasis está en decidir proactivamente el ámbito en que se desea trabajar, en lugar de, reactivamente, definir un problema (percibido como un factor externo al que hay que responder) (Ley B. R., 2009), Utilizando una exploración cualitativa de enmarcamientos y a partir del detonador y la información obtenida de las preferencias se inicia definiendo los enmarcamientos: base, amplios y estrechos. los cuales están definidos para el caso de estudio, en la figura 2. Enmarcamiento de las situaciones de decisión:

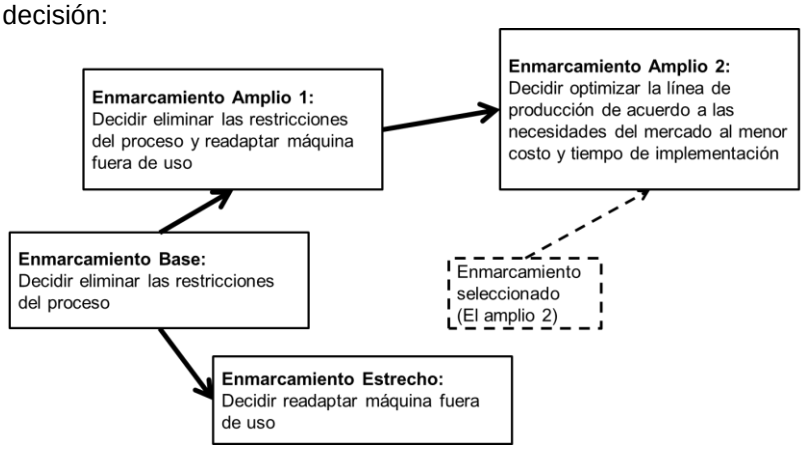


Figura 2. Enmarcamientos de las situaciones de decisión (Elaboración propia)

De la generación de estos; el seleccionado es el *Amplio 2, "Decidir optimizar la línea de producción de acuerdo a las necesidades del mercado al menor costo y tiempo de implementación".*

Objetivos de la situación de decisión

Los objetivos son la expresión de lo que desea lograr el decisor. La forma de un objetivo que es más clara y fácil de comunicar es una frase corta compuesta de un verbo y un objetivo Keeney (1992).

Optimizar la línea de producción considerando la incertidumbre, de tal manera que permita incrementar la capacidad productiva actual minimizando la inversión y los costos a corto, mediano y largo plazo en el menor tiempo de respuesta.

Teniendo el enmarcamiento seleccionado se establece la red de objetivos (ver figura 3), los cuáles sirven de guía y soporte para no perder el enfoque de lo que se pretende alcanzar:

 ISSN 2007-8102

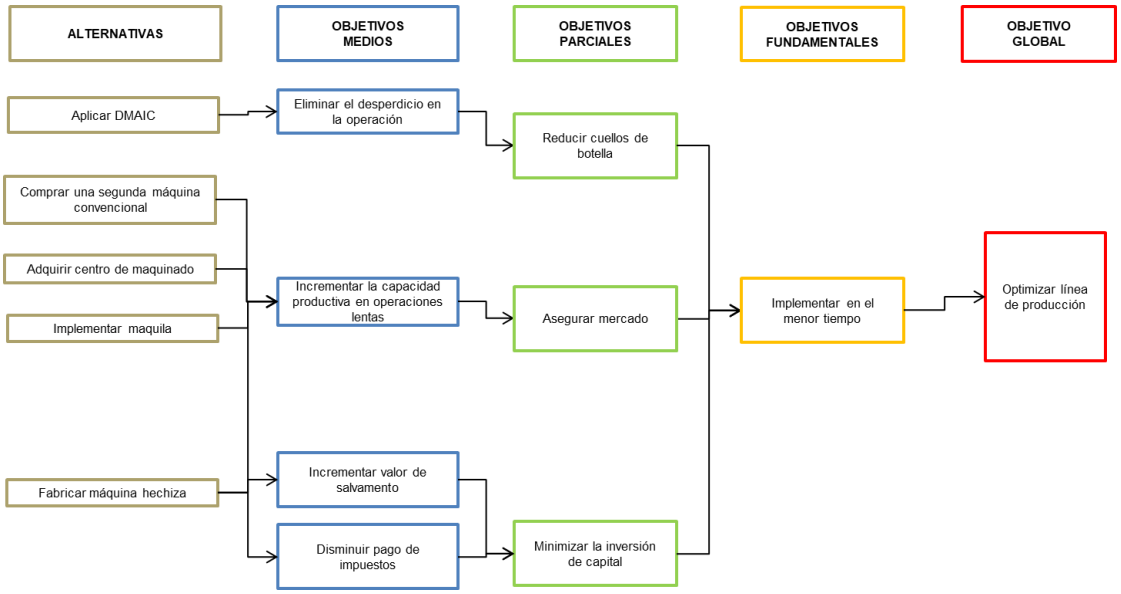


Figura 3. Red de objetivos (Elaboración propia)

Alternativas

Las alternativas son posibilidades reales de acción que tiene a su disposición el decisor y son cualitativamente diferentes a los objetivos, buscándose la manera de conectarlas con los objetivos que son el ámbito de lo deseado. Esta debe ser factible en las condiciones actuales del decisor o en condiciones en que pueda estar el decisor en el ámbito de la situación que se analiza y debe estar sujeta sólo a la voluntad del decisor. (Ley B. R., 2009). Si las alternativas son los medios (posibles) para lograr los objetivos (deseables), se utiliza la red de objetivos para generar las alternativas, ver tabla 1. Alternativas de acción:

Tabla 1. Alternativas de acción

Alternativa	Aplicación de DMAIC	Adquirir 2da máquina convencional paralela a la actual	Comprar centro de maquinado	Fabricar maquila	Fabricar máquina hechiza paralela a la actual
Rate Producción	20 JPH	40 JPH	40 JPH	20 JPH/ embarques semanales	40 JPH
Eficiencia de la máquina	> de 0.80	> de 0.80	> de 0.80	-	> de 0.80
Tiempo del proceso continuo	+ de 5 días a la semana	dentro de los 5 días de la semana	dentro de los 5 días de la semana	dentro de los 5 días de la semana	dentro de los 5 días de la semana

 ISSN 2007-8102

Costo potencial de la pieza	$20.67 USD	< de $19.00 USD	< de $19.00 USD	< de $18.00 USD	< de $19.00 USD
Inversión	< a $25,000.00 USD *proceso	< a $129,000.00 USD *máquina convencional	< a $258,000.00 USD *centro de maquinado	< a $360,000.00 USD *desarrollo de proveedores	< a $62,000.00 USD *máquina convencional
Proceso de implementación	< a 180 días	< a 180 días	< a 180 días	< a 180 días	< a 180 días
Consumo de herramienta	< a 200 piezas anuales	< a 250 piezas anuales	< a 100 piezas anuales	0 piezas	< a 250 piezas anuales
Barreno de manufactura	0.476 +/- 0.040 pulgadas	0.476 +/- 0.040 pulgadas	0.476 +/- 0.040 pulgadas	0.476 +/- 0.040 pulgadas	0.476 +/- 0.040 pulgadas
Minimice mano de obra	< 3 operadores con un costo de 24.12 USD	< 4 operadores con un costo de 24.12 USD	< 2 operadores con un costo de 29.00 USD	-	< 4 operadores con un costo de 24.12 USD
Costo de mantenimiento	< $11,000.00 USD	< $13,000.00 USD	< $5,000.00 USD	-	< $13,000.00 USD
Turnos	2	2	2	-	2
Costo tiempo extra	-	-	-	-	-
Pérdida de mercado/falta de piezas	0	0	0	-	0
Scrap	< a 5 piezas al mes	< a 25 piezas al mes	< 1 pieza al mes	< 1 pieza al mes	< a 35 piezas al mes
Valor de salvamento	-	> a $45,000.00 USD	> a $110,000.00 USD	-	-
Pago de impuestos	-	< a $12,000.00 USD	< a $25,000.00 USD	-	-

 ISSN 2007-8102

Análisis de eventos

Las matrices de resultados permiten dar estructura a una situación de decisión concentrando información que se obtienen de las combinaciones de alternativas "mutuamente excluyentes" y sucesos mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos, en los renglones se anotan los nombres de las alternativas y en las columnas los nombres de los sucesos, en las celdas interiores de la tabla se indican los resultados numéricos correspondientes de cada combinación que satisfaga el objetivo fundamental global (Ley B. R., 2001). Se elaboran diferentes matrices de decisión con las condiciones establecidas y las probabilidades asignadas de acuerdo con las alternativas y el universo de sucesos que las acompañan, se normalizan las probabilidades generadas para calcular el valor numérico que formaliza los resultados en las matrices indicadas en las tablas 2 a 6:

Tabla 2. Matriz de resultados para asegurar mercado

Matriz de resultados Asegurar mercado				
Alternativas de inversión	Asegurar mercado	PA	PN	Valor
Aplicar DMAIC	0.300	0.50	0.15	0.04
Adquirir 2da máquina	0.652	0.70	0.21	0.13
Adquirir centro de maquinado	1.217	0.90	0.26	0.32
Fabricar maquila	1.073	0.60	0.18	0.19
Readaptar máquina hechiza	1.382	0.70	0.21	0.28

Tabla 3. Matriz de resultados para minimizar la inversión

Matriz de resultados Minimizar inversión				
Alternativas de inversión	Minimizar inversión	PA	PN	Valor
Aplicar DMAIC	$ 25,839	0.30	0.10	2,584
Adquirir 2da máquina	$ 129,989	0.60	0.20	25,998
Adquirir centro de maquinado	$ 258,398	0.80	0.27	68,906
Fabricar maquila	$ 361,757	0.50	0.17	60,293
Readaptar máquina hechiza	$ 113,695	0.80	0.27	30,319

Tabla 4. Matriz de resultados de tiempos de respuesta

Matriz de resultados Tiempo de respuesta				
Alternativas de inversión	Tiempo respuesta	PA	PN	Valor
Aplicar DMAIC	180	0.80	0.21	37
Adquirir 2da máquina	90	0.90	0.23	21
Adquirir centro de maquinado	90	0.90	0.23	21
Fabricar maquila	270	0.60	0.15	42
Readaptar máquina hechiza	90	0.70	0.18	16

Tabla 5. Matriz de resultados de valor de salvamento

Matriz de resultados Valor de salvamento				
Alternativas de inversión	Valor salvamento	PA	PN	Valor
Aplicar DMAIC	$ -	0.75	0.21	-
Adquirir 2da máquina	$ 45,219	0.70	0.19	8,793
Adquirir centro de maquinado	$ 116,279	0.85	0.24	27,455
Fabricar maquila	$ -	0.60	0.17	-
Readaptar máquina hechiza	$ -	0.70	0.19	-

Posteriormente se elabora la matriz resultados final y de los valores obtenidos se busca satisfacer el objetivo fundamental global como se muestra en la tabla 9:

Tabla 9. Matriz de resultados final

Matriz de resultados & Tabla de generación de estrategias	Optimizar línea producción				
	Sucesos				
Alternativas de inversión	Asegurar mercado	Minimizar inversión	Tiempo respuesta	Valor salvamento	Impuestos
Aplicar DMAIC	0.04	2,584	37	-	-
Adquirir 2da máquina	0.13	25,998	21	8,793	2,402
Adquirir centro de maquinado	0.32	68,906	21	27,455	5,670
Fabricar maquila	0.19	60,293	42	-	-
Readaptar máquina hechiza	0.28	30,319	16	-	-

Resultados y discusión

Una vez resuelta la matriz de resultados se procede a analizarla con conocimiento de causa, valor agregado que se obtuvo al ejecutar un análisis de decisión sistemático:
-La alternativa **aplicación de 6 sigma**, se rechaza debido a que no asegura la capacidad productiva, aunque la máquina actual es robusta para algunas operaciones no para el producto de estudio debido al

 ISSN 2007-8102

cabeceo que presenta el husillo, aunque está presente al más bajo costo de inversión, además el tiempo de estudio y corrección total del problema es bastante largo saliendo de lo deseado.
-La alternativa **adquisición de una 2da máquina paralela** a la actual nos asegura mercado en una parte, la inversión es media, el tiempo de implementación es bueno, el valor de salvamento y pago de impuestos es accesible sin embargo el motivo por el cual es declinada consiste en que esta máquina solo rectificará y barrenará este producto restando flexibilidad para artículos futuros siendo un activo que estará ocioso una vez pasada la etapa de contingencia.
-La alternativa **fabricación de maquila** es la decisión con mayor desventaja, aunque asegura el mercado al trabajar en paralelo con la máquina actual, el costo de inversión y tiempo de respuesta es muy alto debido a la búsqueda de un proveedor confiable y el desarrollo de este.
-La alternativa **readaptación de una máquina hechiza** no es viable debido a que, aunque cumple con la capacidad productiva al trabajar en paralelo con la máquina actual, es dinero que se invertirá y después se desechará sin recuperación alguna una vez pasada la etapa de contingencia.
-La alternativa **comprar un centro de maquinado** es la mejor opción debido a que asegura por completo la capacidad productiva sin requerir la máquina actual y poder enviar está a realizar otras operaciones, aunque la inversión es alta el valor de salvamento también lo es, el tiempo de implementación es corto y presenta una alta flexibilidad para casi cualquier otro producto, la alta capacidad productiva permite en un momento dado trabajar otros artículos en el tiempo de ocio de esta con un cambio rápido de modelo. Y ocupar la máquina actual en otros procesos con mayor tolerancia de especificación.

En la tabla 10. Resultado final del análisis de decisión, se muestran los datos relevantes que se obtuvieron al hacer el cambio a un centro de maquinado e implementado el proyecto:

Resultado dinal de la situación de decisón	Situación anterior		Resultado actual		Ahorro	
	%	USD	%	USD	%	USD
1.0 Costo Máquina		$62,015.50		$258,397.93		$0.00
2.0 Herramienta	33%	$129,198.97	35%	$25,839.79	33%	$103,359.17
3.0 Mano de obra	20%	$79,225.37	58%	$42,756.50	12%	$36,468.88
4.0 Mantenimiento	3%	$12,919.90	7%	$5,167.96	2%	$7,751.94
5.0 Capacidad productiva		$1,905,116.28		$2,857,674.42		-$952,558.14
6.0 Pérdida de mercado	42%	$162,067.18	0%	$0.00	52%	$162,067.18
7.0 Scrap	1%	$4,961.24	0%	$248.06	1%	$4,713.18
Total	100%	$388,372.66	100%	$74,012.31	100%	$314,360.35

		USD			
Beneficio	=	$314,360.35	=	1.217	> 1 Fue rentable en un año
Costo		$258,397.93			
12	Meses	=	9.864	La inversión se recuperó en 9.8 meses	
1.217	Factor				

Trabajo a futuro (Recomendaciones*)*

Aplicar la metodología de análisis de decisiones para dar claridad en procesos de reemplazo de líneas de productivas, ya que estos descansan sobre la ingeniería económica sin explorar rubros como la meta de la empresa, tiempos de respuesta; ya que cada caso de estudio es diferente.
El método expuesto puede ser utilizado en diferentes situaciones de decisión de optimización de una línea de producción realizando algunas adecuaciones.

Conclusiones

El método de Análisis de Decisiones es una herramienta adecuada que da claridad, para una empresa manufacturera que explora pondera y evalúa el proceso de optimización de una línea de producción dentro de una amplia variedad de métodos teniendo como incertidumbre cual es la mejor opción para el momento actual, a un corto, mediano y largo plazo, eliminando los problemas de calidad, evitar la pérdida de mercado, minimizar la inversión y tiempo de respuesta y la probabilidad de éxito, comprobándose que efectivamente la mejor alternativa resultó ser una buena decisión al implementarla.

Referencias

1.Aguilera, C. C. (2000). Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones. Estudios Gerenciales. Redalyc. Recuperado el 21 de Febrero de 2019, de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21207704
2.ENFASIS Logística. (septiembre de 2019). Tiene industria automotriz impacto en PIB de México. ENFASIS Logística. Obtenido de http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/81127-tiene-industria-automotriz-impacto-pib-mexico
3.Howard, R. A. (1994). Decision Analysis. Traducción del Manuscrito. EE. UU: Stanford University.
Institute for Operations Research and the Management Sciencies. (septiembre de 2019). Informs. Recuperado el septiembre de 2019, de https://www.informs.org/content/search?SearchText=analysis+decision&SearchButton=Search&SubTreeArray%5B%5D=
4.Lara T., A. (s.f.). Metodología Seis Sigma. Recuperado el 21 de Febrero de 2019, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/lara_t_a/capitulo4.pdf
5.Ley, B. R. (2001). Análisis de Incertudumbre y Riesgo para la Toma de Decisiones. Orizaba, Veracruz, México: Comunidad Morelos S.A de C.V.
6.Ley, B. R. (2009). Análisis de Decisiones Integral. México: Consultoría de Decisiones.
7.Lopez L., L. G. (Mayo De 2005). Diseño de Línea de Manufactura Mediante la Metodología de Tecnología de Flujo por Demanda para los Productos Quicktach y Lower Link Componentes del Mini Cargador Frontal. Tesis. San Nicólas de la Garza, Nuevo León, México. Obtenido de http://eprints.uanl.mx/5588/1/1020154794.PDF
8.MacMamee, P., & Celona, J. (2001). Decision Analysis for the Professional (Third ed.). (M. Cambell, B. Roehl, & M. Story, Edits.) EE. UU: SmartOrg, Inc.
9.Marmolejo G., L. (septiembre de 2012). Modelo de decisión para mejorar el índice de eficiencia terminal a nivel superior de instituciones públicas. Coacalco de Berrozábal, México, México.
10.Norma Internacional ISO/IEC 17025. (2005). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. MExico: Instituto Mexicano de Normalizacion y Certificacion A.C.
11.Organismo Nacional de Acreditación. (2009). Acreditacion. Sistema Nacional de la Calidad, 1-2.
12.Ramos, G. (2001). Optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio. Monterrey, Nuevo León, México: UANL.
13.Ros H., S. (septiembre de 2008). Herramientas para optimizar la producción en una empresa productora de componentes del automóvil. Proyecto. Cartagena, Colombia. Obtenido de http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/768/pfc2861.pdf?sequence=1&isAllowed=y
14.RUIZ L., J. M. (agosto de 2015). Gestión y arranque de línea de producción “Mixed Model Manufacturing – 3P”. Tesis. Aguascalientes, Aguascalientes, México. Obtenido de https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/55/1/RuizLopezJonathanM%20MMANAV%202015%20AUTORIZADA.pdf
15.Viveros Folleco, A., González V., G. A., & Rodríguez B., R. (2004). Aproximación al reemplazo de equipo industrial. Redalyc. Recuperado el 20 de Febrero de 2019, de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911685029

Reducción de tiempos de cambio en las líneas de producción en la empresa Coca Cola FEMSA Distribuidora y Manufacturera del Valle de México S. de R. L. de C. V.

M. E. Bendaña Nájera[1], MC. L. M. Blanco González[2], MC. J. A. Sarmiento Torres[3], MII. B. A. Villalobos Martínez[3], Ing. S. Velasco Bermúdez[4]*
[1]Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
[2]Jefa del departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
[3]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
[4]Jefe del departamento de Servicios Escolares, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
**elisabendana@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El proyecto tiene como objetivo reducir los tiempos de cambio y saneamiento en las líneas de producción en la planta de San Cristóbal de la empresa Coca-Cola. Esto es porque para hacer un cambio de formato, la producción tiene que parar, por lo tanto, la eficiencia y utilización de la planta se ven perjudicadas. Es necesario reducir los tiempos de cambio de formato y saneamientos para tener más tiempo de producción.

La reducción de estos tiempos impacta en un aumento de eficiencia, aumenta la producción y también conlleva a un beneficio económico debido a que el tener más tiempo de producción ayuda a satisfacer la demanda y reducir los costos de fleteo. Con la implementación de este proyecto, se redujeron 1465 minutos en la línea 2 y 260 minutos en la línea 1.

***Palabras clave**: Cambio de formato, saneamientos, cuello de botella, reducción de tiempos.*

Abstract

The objective of the project is to reduce the times of change and sanitation in the production lines at the San Cristóbal plant of the Coca-Cola company. This is because to make a format change, the production has to stop, therefore, the efficiency and use of the plant are impaired. It is necessary to reduce the time of format change and sanitation to have more production time.

The reduction of these times impacts on an increase in efficiency, increases production and also leads to an economic benefit because having more production time helps meet demand and reduce freight costs. With the implementation of this project, 1465 minutes on line 2 and 260 minutes on line 1 were reduced.

***Key words**: Change of format, sanitation, bottleneck, time reduction.*

Introducción

En la planta de la empresa Coca-Cola que se encuentra ubicada en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, se tiene la necesidad de reducir los tiempos de cambio de producto y saneamientos en las dos líneas de producción utilizando la metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die). Esta herramienta se basa en un conjunto de técnicas diseñadas para reducir los tiempos en los que se hacen las operaciones de cambio de formato del producto y los saneamientos que se tienen que realizar en las líneas de producción para garantizar un producto inocuo y de buena calidad. Se analizan los

 ISSN 2007-8102

procedimientos de cambio y se establecen estándares para realizar los cambios de formato y saneamientos, con el objetivo de optimizar los tiempos e incrementar la producción.

Metodología

El proyecto se desarrolla en la Planta San Cristóbal de la empresa Coca Cola FEMSA Distribuidora y Manufacturera del Valle de México S. de R. L. de C. V., la metodología usada se basó en el desarrollo de la herramienta **SMED (Single-Minute Exchange of Die)**, esta herramienta permite disminuir el tiempo de cambio de formatos, piezas, guías y herramientas, aumentando la flexibilidad de adaptación de los cambios con respecto a la demanda.

Los pasos de la metodología para el desarrollo del proyecto fueron los siguientes:

1. Se determinó la frecuencia de los cambios de formato con un análisis de frecuencias.
2. Se elaboró un diagrama de Ishikawa para determinar las posibles causas de los cambios de formato excesivamente largos.
3. Se analizó la tendencia de tiempo promedio para la realización de un cambio según los registros históricos.
4. Se elaboró un estudio de tiempos y movimientos para mejorar el tiempo de cambio actual
5. Se realizó un análisis de los resultados obtenidos.

Una vez determinado que los cambios de formato se realizaban de forma suficientemente frecuente se realizó un diagrama de Ishikawa, como se muestra en la figura 1, para determinar las posibles causas de que los tiempos de cambio de formato se prolonguen.

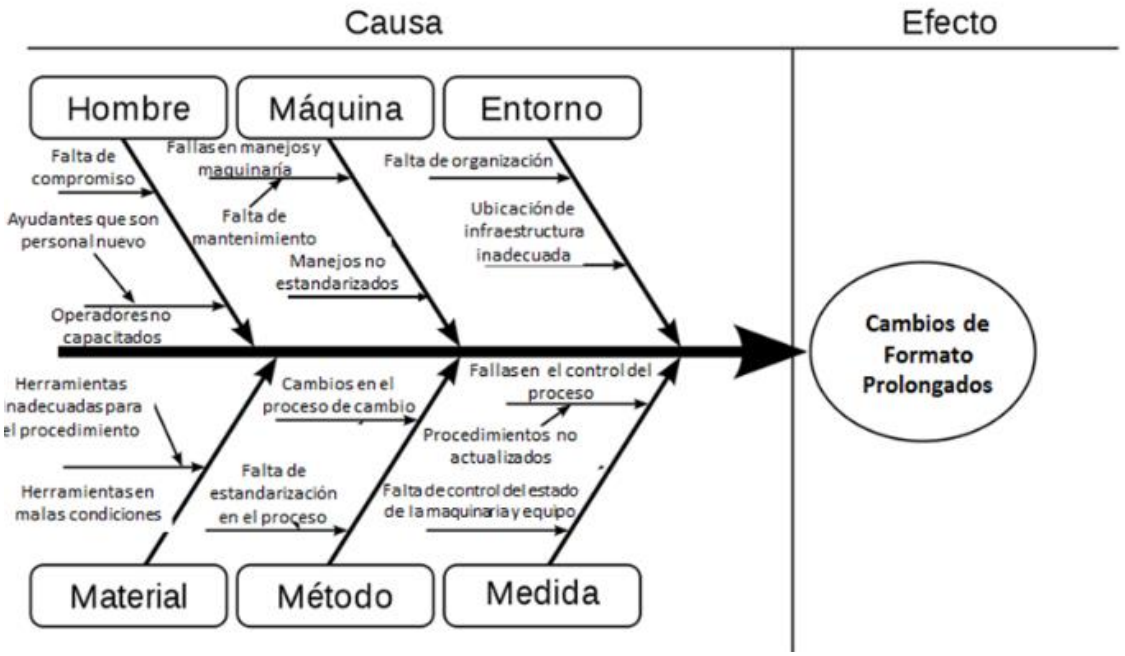


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

Se analiza la situación actual de la planta, en la figura 2 se puede ver que los puntos perdidos de eficiencia por cambio y saneamiento han ido incrementando en los últimos años. Con la implementación

 ISSN 2007-8102

de este proyecto se espera reducir estos puntos perdidos para impactar en el aumento de la eficiencia de la planta.

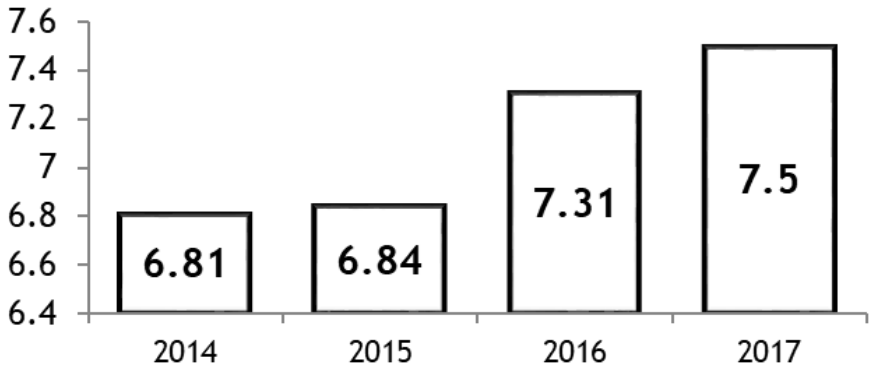


Figura 2. Puntos perdidos de eficiencia por cambios y saneamientos.

Se realizan estudios de movimientos y tiempos tomando en cuenta los cambios más frecuentes, se toman tiempos en distintas ocasiones cuando se presenta el mismo cambio, se analizan las actividades que se realizan para determinar las actividades ociosas, posteriormente se definen las actividades externas e internas para después convertir las actividades internas que sean posibles, en externas, es decir, realizar esas actividades antes de que la producción pare y no afecte en el tiempo efectivo de producción. Se documentan las actividades con imágenes como se muestra en la figura 3 y se tiene un concentrado de los tiempos que toma hacer cada actividad.



Figura 3. Actividades que se realizan en los cambios y saneamientos.

Se registran todas las actividades que se realizan en el cambio, desde preparas las herramientas hasta que sale la producción del nuevo formato. El tiempo de cambio se toma en cuenta desde la última botella que sale de la presentación que se está produciendo, hasta la primera botella de la nueva producción.

Las metas a alcanzar con la aplicación de este proyecto se muestran en la figura 4. Estas metas se expresan en puntos perdidos de eficiencia, entre menos puntos sean es mejor, eso quiere decir que la eficiencia aumenta, y por lo tanto, se incrementa la producción.

 ISSN 2007-8102

2018	Meta Min.	Meta Sat.	Meta Exc.
L-1	7.07	7.00	6.93
L-2	7.74	7.67	7.59
Planta	7.41	7.34	7.27

Figura 4. Metas a alcanzar.

Se presentan con la gerencia los avances de los análisis y estudios hechos, con el objetivo de retroalimentar el proceso de mejora. Posteriormente se analiza el proceso con los cambios realizados para identificar nuevas áreas de oportunidad.

Resultados y discusión

Con la implementación se este proyecto se definieron las actividades externas e internas en cada procedimiento de cambio, se estandarizaron los procedimientos de cambio para cada máquina, debido a que en el proceso de producción intervienen distintas máquinas, aunque el enfoque se dio en las llenadoras porque ahí se encuentra el cuello de botella, debido a que en estos equipos, el proceso de cambio se tarda más porque es el equipo en el que se cambian más componentes, se tiene contacto directo con el producto, por lo tanto se debe asegurar la inocuidad y calidad del mismo, por eso las otras máquinas tienen que esperar a que el cambio se realice en las llenadoras para continuar con el proceso de producción.

Se realizaron 28 mediciones en los cambios que se han presentado durante el proyecto, con la implementación de la metodología **SMED (Single-Minute Exchange of Die)**, se obtuvieron los resultados que se muestran en las figuras 5 y 6.

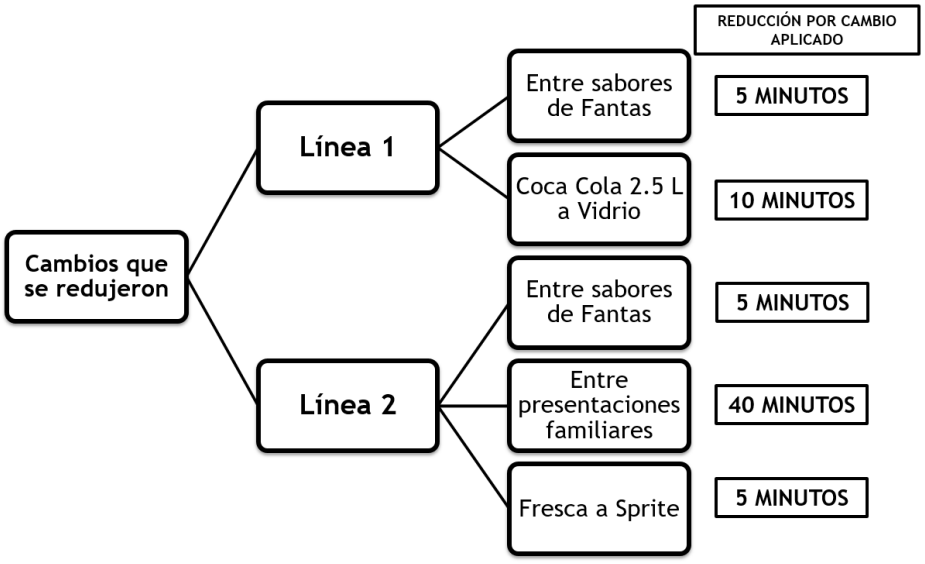


Figura 5. Reducción de tiempos.

 ISSN 2007-8102



Figura 6. Acumulación de la reducción de tiempos.

El impacto económico proyectado es el que se muestra en la figura 7. Al reducir los tiempos hay la posibilidad de producir más cajas de producto, lo que impacta en el costo de fleteo porque cuando no se satisface la demanda con la producción de la planta, se tienen que mandar a pedir producto de otras plantas y eso tiene un costo, como se puede ver en la figura 8.

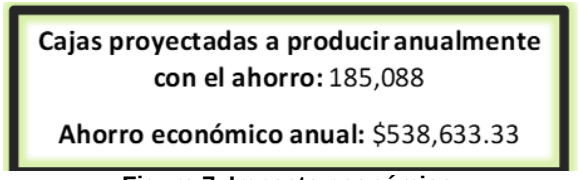


Figura 7. Impacto económico.

PRESENTACIÓN	CAJAS PRODUCIDAS POR HORA	COSTO POR FLETEO
CC 2.5 L	1650	$5.75
CC 3 L	3125	$3.08

Figura 8. Costo de fleteo y cajas producidas.

Se redujeron los puntos perdidos de eficiencia al reducir los tiempos de cambio de formato y saneamientos. Se ganaron 0.92 puntos, casi un punto de eficiencia para la planta. Esto se puede ver en la figura 9.

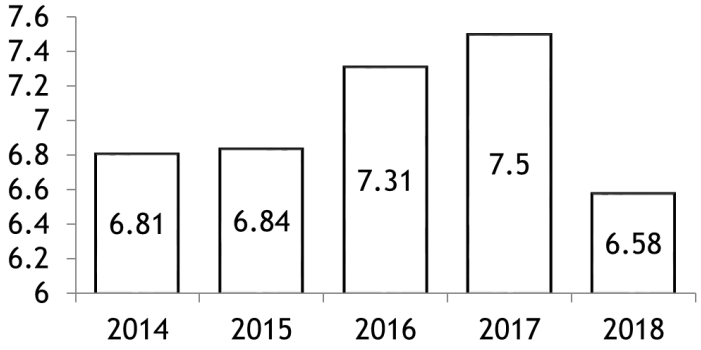


Figura 9. Gráfica actual de los puntos perdidos por cambio de formato y saneamientos.

 ISSN 2007-8102

Las metas establecidas se cumplieron, debido a que la meta excelente era tener 7.27 puntos perdidos en el 2018 y se obtuvieron 6.58 puntos.

Conclusiones

Con la implementación de este proyecto se obtiene la reducción de los tiempos de cambio de formato y saneamientos en las dos líneas de producción, lo cual es muy importante porque al reducir estos tiempos se tiene más tiempo de producción, esto impacta en la eficiencia y la utilización de las líneas. Los puntos perdidos de eficiencia por cambios y saneamientos en el año 2017 fueron 7.5, con la implementación de este proyecto y la aplicación de la metodología SMED, los puntos perdidos acumulados por cambios y saneamientos en el 2018 son 6.58, se tiene una reducción de 0.92 puntos. Se recomienda gestionar el recurso para adquirir contenedores e infraestructura necesaria, como los contenedores para las botellas falsas, la adquisición y mantenimiento de herramientas y la estandarización de la tornillería de los manejos. Lo anterior queda como propuestas de mejora para una reducción de los tiempos posterior.

Con la reducción de los tiempos de cambio de formato y saneamientos, se tiene más tiempo de producción, y por lo tanto, se producirán más cajas para satisfacer la demanda, lo que evita que se manden a pedir cajas de producto a otras plantas, esto impacta en un ahorro económico.

Referencias

1. Alvarez Rojas, A. (2010). Reducción de tiempos de cambio en Líneas de Producción. Coatepec.
2. Cabrera Cabrera, E. (2011). SMED. México, D.F.
3. Femsa, C. (2000). Limpieza y Saneamientos. México, D.F.
4. Femsa, C. (2008). Lean Six Sigma. San Cristóbal.
5. Femsa, C. (2012). Optimización de tiempos en cambios de formato. Morelia.
6. Lima Martinez, A. (2013). Taller de Especialistas en Reducción del Tiempo de Montaje. México, D.F.

Optimización Estadística del Diseño Termo-Hidráulico de un Intercambiador de Calor del Tipo Tubo y Coraza considerando Costos de Operación y de Inversión

J. M. Medina Flores[1], J. A. González Gutiérrez[1], A. Maeda Sánchez[1], P.Yáñez Contreras[2], F. Gasca Vargas[3]

[1]Departamento de Ingeniería Mecánica, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Avda. Tecnológico esq. Antonio García Cubas, Col. Alfredo Vázquez Bonfil, C.P. 38010, Celaya, Gto., México
[2]Ingeniería en Tecnologías de Manufactura, Universidad Politécnica de Guanajuato, Avda. Universidad Sur 1001, C.P. 38483, Cortázar, Gto., México
[3]Ingeniería en Robótica, Universidad Politécnica de Guanajuato, Avda. Universidad Sur 1001 C.P. 38483, Cortázar, Gto., México
**martin.medina@itcelaya.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En este trabajo se hace uso del diseño de experimentos con un enfoque de Taguchi para minimizar el costo total de un intercambiador de calor del tipo tubo y coraza, el cual, considera costos de operación más costos de inversión. Se considera en el proceso de optimización once factores controlables con dos niveles de evaluación, los cuales son: pitch, tipo de arreglo, número de pasos por el tubo, diámetro de la coraza, tipo de cabezal, diámetro exterior del tubo, espesor del tubo, separación de deflectores, corte del deflector, holgura tubo deflector y sellos. La metodología se aplica a un problema de diseño termo-hidráulico de un intercambiador de calor tomado de la literatura abierta, los resultados muestran que los factores pitch, la separación de los deflectores y los sellos no son estadísticamente significativos para el diseño del intercambiador mientras que los restantes afectan significativamente a la característica de calidad, es decir, al costo total del intercambiador de calor. Se obtiene una reducción del 24.5% en el costo total con respecto al diseño tomado de la literatura abierta.

***Palabras clave**: Intercambiadores de Calor, Optimización, Arreglos Ortogonales de Taguchi, ANOVA.*

Abstract

In the present work it makes use of the design of experiments with a Taguchi approach to minimize the total cost of a shell and tube heat exchanger, which considers operating costs plus investment costs. Eleven controllable factors are considered in the optimization process with two levels of evaluation, which are: pitch, type of arrangement, number of passages through the tube, shell diameter, head type, outside tube diameter, tube thickness, deflector spacing, deflector cut, deflector tube clearance and seals. The methodology is applied to a problem of thermo-hydraulic design of a heat exchanger taken from the open literature, the results show that the factors: pitch, the separation of the baffles and the seals are not statistically significant for the design of the heat exchanger, while the rest of the factors significantly affect the quality characteristic, that is, the total cost of the heat exchanger. A reduction of 24.5% in the total cost is obtained with respect to the design taken from the open literature.

***Key words**: Heat Exchangers, Optimization, Taguchi Orthogonal Arrangement, ANOVA.*

Introducción

El intercambiador de calor del tipo tubo y coraza es uno de los equipos que se encuentra con mayor frecuencia en la industria. Prácticamente no existe industria en la que no se encuentre un intercambiador de calor de este tipo (60% de los intercambiadores existentes son de este tipo) debido a que la operación de enfriamiento o calentamiento es inherente a todo proceso que maneje energía en cualquiera de sus formas. Sin embargo,

existen dos problemas que comúnmente se presentan en el diseño de intercambiadores de calor: a) el análisis de su desempeño y (b) el dimensionamiento del equipo. El análisis de desempeño está dirigido a la determinación de la velocidad de transferencia de calor y las temperaturas de salida de los fluidos para condiciones establecidas de velocidades de flujo, temperaturas de entrada y caídas de presión permitidas. El problema de dimensionamiento, por otro lado, se refiere a la determinación de las dimensiones del intercambiador. Esto último consiste en seleccionar un tipo apropiado de intercambiador y determinar el tamaño para cubrir los requerimientos específicos establecidos por las temperaturas de entrada y salida de los fluidos caliente y frío y por las velocidades de flujo y las caídas de presión (tanto del lado de los tubos como del lado de la coraza). Kern (1950) presentó el primer método de diseño termo-hidráulico de intercambiadores de calor de tubo y coraza. La principal aportación de dicho método es la obtención (basado en datos experimentales) de la ecuación para determinar la caída de presión de lado de la coraza suponiendo un corte de bafle de 25% y un patrón de flujo idealizado; es decir, no se toman en cuenta las fugas que existen del fluido que circula a través de la coraza. Posteriormente Bell (1963) desarrolló un método para determinar el coeficiente de transferencia de calor y la caída de presión de lado de la coraza considerando las diferentes fugas de fluido que existen dentro de ésta. Las metodologías de diseño mencionadas anteriormente han servido de base para el desarrollo de nuevas metodologías de diseño termo-hidráulico de intercambiadores de calor del tipo tubo y coraza. Se han reportado trabajos en tres corrientes principales: 1) Diseños termodinámicos iterativos que toman como parámetro de diseño las caídas de presión permitidas o establecidas en el proceso (Polley et al, 1991; Jegede y Polley, 1992; Serna y Jiménez, 2004; Serna y Jiménez, 2005); 2) Metodologías basadas en gráficas de un espacio de diseño que muestra las diferentes geometrías de los intercambiadores que satisfacen las condiciones de transferencia de calor y caídas de presión establecidas (Poddar y Polley, 1996; Poddar y Polley, 2000; Muralikrishna y Shenoy, 2000, Serna y col., 2007); 3) Metodologías de optimización de diseño termo-hidráulico de intercambiadores que utilizan técnicas de programación matemática (Selbas y col., 2006; Ravagnani y Caballero, 2007). En este trabajo se hace uso de herramientas estadísticas como son los arreglos ortogonales de Taguchi, los cuales se utilizan para llevar a cabo un diseño de experimentos fraccionado que conduce a la optimización (minimizar) del costo total de un intercambiador de calor del tipo tubo y coraza. Los diferentes experimentos se llevan a cabo utilizando un modelo de diseño termo-hidráulico basado en el método de Bell-Delaware (Taborek, 1983), el cual se implementa en el software "*Engineering Equation Solver*" (EES®). Se selecciona un caso de estudio de la literatura abierta como base para los diferentes dimensionamientos del intercambiador y se compara con el resultado de la optimización obteniéndose un costo total menor al del caso de estudio.

Metodología

Diseño de Experimentos Estadístico

La investigación experimental estadística conducida en este trabajo se fundamentó en el cálculo del costo total de un intercambiador de calor típico de tubo y coraza, el cual, se pretende minimizar considerando costos de operación más costos de inversión, como se muestra en la Ecuación (1) (Caputo y col., 2008):

$$C_{tot} = \left(P C_E H \sum_{x=1}^{ny} \frac{1}{(1+i)^x} \right) + (a + bA^n) \quad (1)$$

donde A es el área de transferencia de calor en m^2 calculada con el método de diseño termo-hidráulico de intercambiadores de calor del tipo tubo y coraza desarrollado por Taborek (1983); a, b, y n son constantes empleadas para el cálculo del costo de inversión, considerando que el material de fabricación del intercambiador de calor es de acero inoxidable, los valores de las constantes mencionadas son: 8000, 259.2 y 0.93 respectivamente (Taal y col., 2003). El término ny es el número de años de vida útil del equipo, i es la tasa de descuento anual, C_E es el costo de energía eléctrica y H es la cantidad de horas que el intercambiador trabaja durante el año, los valores de las constantes mencionadas son: 10 años, 10 %, 0.12 USD/kW-hora y 7000 horas/año respectivamente (Patel y Rao, 2010). La variable P representa la capacidad de bombeo en kW que se requiere para hacer que los fluidos circulen a través del tubo y la coraza, la cual, se determina utilizando la Ecuación (2) (Caputo y col., 2008):

$$P = \frac{1}{\eta}\left(\frac{\dot{m}_t}{\rho_t}\Delta P_t + \frac{\dot{m}_s}{\rho_s}\Delta P_s\right) \quad (2)$$

donde $\dot{m}_t$, $\dot{m}_s$, ρ_t y ρ_s son los valores de la razón de flujo másico (kg/s) y de densidad (kg/m^3) de los fluidos que pasan por el lado del tubo y de la coraza respectivamente, η es la eficiencia de la bomba, la cual para nuestro caso de estudio se considera de 0.7 (Mott y Untener, 2014), mientras que ΔP_t y ΔP_s es la caída de presión que sufren los fluidos cuando circulan a través de lado del tubo y de la coraza respectivamente, los cuales, se calculan con el método de diseño termo-hidráulico de intercambiadores de calor del tipo tubo y coraza desarrollado por Taborek (1983). En el presente trabajo se consideraron para el estudio once factores controlables con dos niveles de evaluación como se muestra en la Tabla 1. Por lo tanto; se debe conducir por lo menos doce experimentos para poder estimar el efecto de cada factor sobre la característica de calidad (costo del intercambiador). La Tabla 2 presenta el arreglo ortogonal seleccionado conocido como L_{16} (2^{15}), el cual, considera hasta quince factores a dos niveles de evaluación. Para obtener los diferentes valores de la característica de calidad mostrados en la Tabla 2 se hace uso del modelo termo-hidráulico de intercambiadores de calor del tipo tubo y coraza desarrollado por Taborek (1983) y la Ecuación (1) para cada uno de los experimentos evaluados en conjunto con los datos mostrados en la Tabla 3, los cuales representan las condiciones de trabajo que debe satisfacer el intercambiador de calor.

Tabla 1. Factores y sus respectivos niveles de experimentación.

Factor	Unidad	Nivel 1	Nivel 2
Pitch, Factor A	---	1.25	1.3
Tipo de arreglo, Factor B	---	Triangular 30°	Cuadrado 90°
Número de pasos por el tubo, Factor C	---	1	2
Diámetro de la coraza, Factor D	(m)	0.787	0.838
Tipo de cabezal, Factor E	---	Flotante Anillo Partido	Fijo con Tubos en U
Diámetro exterior del tubo, Factor F	(m)	0.019	0.025
Espesor del tubo, Factor G	(m)	0.002	0.003
Separación de deflectores, Factor H	(m)	0.36	0.5
Corte del deflector, Factor I	---	15	25
Holgura tubo deflector, Factor J	(m)	0.000395	0.000794
Sellos (pares de planchuelas), Factor K	---	1	2

Tabla 2. Arreglo ortogonal L_{16} (2^{15}) (Roy, 2001) y valores de la característica de calidad.

Experimento No.	FACTORES											Característica de Calidad (Costo del Intercambiador de Calor) (USD)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	55389
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	58933
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	60186
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	62873
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	74005
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	76799
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	62832
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	63315
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	72470
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	73101
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	67291
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	69014
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	55790
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	53564
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	59579
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	57284

Tabla 3. Características de operación y propiedades físicas de los fluidos.

Parámetro	Lado del Tubo	
	Unidades	Valor
Fluido frío	---	Agua Salobre
Temperatura de entrada	°C	25
Temperatura de salida	°C	40
Razón de flujo másico	kg/s	68.9
Capacidad calorífica	J/kg-°C	4200
Viscosidad dinámica	Ns/m^2	0.0008
Densidad	kg/m^3	995
Conductividad térmica	W/m-°C	0.59
Factor de ensuciamiento	m^2-°C/W	$3.333x10^{-4}$
Parámetro	Lado de la Coraza	
	Unidades	Valor
Fluido Caliente	---	Metanol
Temperatura de entrada	°C	90
Temperatura de salida	°C	40
Razón de flujo másico	kg/s	27.77
Capacidad calorífica	J/kg-°C	2840
Viscosidad dinámica	Ns/m^2	0.00034
Densidad	kg/m^3	750
Conductividad térmica	W/m-°C	0.19
Factor de ensuciamiento	m^2-°C/W	0.0002

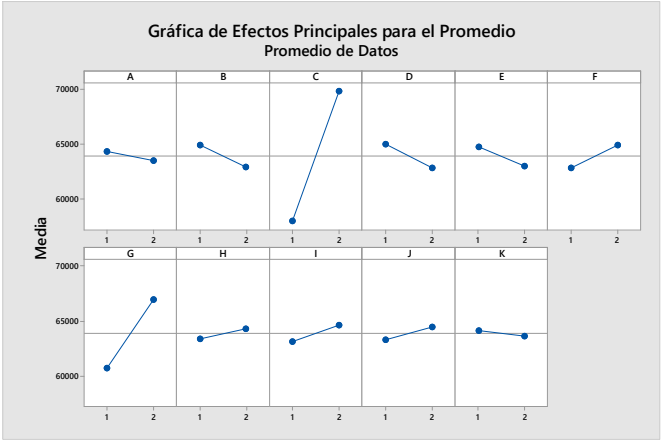


Figura 1. Efectos principales de los diferentes factores sobre la característica de calidad.

Resultados y Discusión

Análisis del Efecto de los Factores sobre la Característica de Calidad

Para llevar a cabo el proceso de optimización de la característica de calidad se analiza el efecto de los diferentes factores considerados en el estudio, la Figura 1 muestra los efectos principales para los valores promedio del costo total del intercambiador de calor para cada factor en cada uno de los niveles de experimentación. Como se pretende minimizar la característica de calidad se debe seleccionar el nivel que disminuya el valor promedio de dicha característica, se aprecia que existe una disminución del costo total promedio del intercambiador de calor en el nivel 2 para el factor A, en el nivel 2 para el factor B, en el nivel 1 para el factor C, en el nivel 2 para el factor D, en el nivel 2 para el factor E, en el nivel 1 para el factor F, en el nivel 1 para el factor G, en el nivel 1 para el factor H, en el nivel 1 para el factor I, en el nivel 1 para el factor J, en el nivel 2 para el factor K; por lo tanto, la mejor combinación de los factores es A2B2C1D2E2F1G1H1I1J1K2, la cual no se encuentra dentro de los diez y seis experimentos del arreglo ortogonal seleccionado (Tabla 2), por lo que se debe llevar a cabo un experimento de confirmación del valor óptimo de la característica de calidad (costo total del intercambiador de calor).

Análisis de Varianza

El análisis de varianza (ANOVA) permite determinar desde un punto de vista estadístico lo factores que tienen un impacto significativo en la variabilidad de la característica de calidad. La Tabla 4 muestra el análisis de varianza de la característica de calidad para el caso de estudio, el valor del estadístico *p* mayor a 0.05 (Montgomery y Runger, 2013) indica los factores que no tienen o tienen poca influencia significativa en la variable de respuesta desde un punto de vista estadístico; por lo tanto, se aprecia que el factor A, el factor H y el factor K no afectan considerablemente a la característica de calidad mientras que los restantes lo hacen. La proporción de la variación total que se observa en el experimento atribuido a cada factor se encuentra en la última columna de la Tabla 4. El número de pasos por el tubo (Factor C) es el factor más significativo contribuyendo con un porcentaje promedio aproximado del 69.74%, le sigue el espesor del tubo (Factor G) contribuyendo con un porcentaje promedio aproximado del 19.36%. La contribución del error es del 0.22% en promedio, el cual es menor comparado con el de los factores significativos, y se encuentra por debajo del 15% establecido como norma de comparación (Krishnaiah y Shahabudeen, 2012), lo cual significa que no se omitió ningún factor que pueda ser significativo para el estudio.

Tabla 4. Análisis de varianza de los diferentes factores sobre la característica de calidad.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor *F*	Valor *p*	Contribución (%)
Factor A	608205	1	608205	5.35	0.0818	0.30
Factor B	4044624	1	4044624	35.59	0.004	1.99
Factor C	141696288	1	141696288	1246.98	0.0001	69.74
Factor D	4882443	1	4882443	42.97	0.0028	2.40
Factor E	3134228	1	3134228	27.58	0.0062	1.54
Factor F	4315487	1	4315487	37.98	0.0035	2.12
Factor G	39327009	1	39327009	346.09	0.0001	19.36
Factor H	842036	1	842036	7.41	0.0529	0.41
Factor I	2129775	1	2129775	18.74	0.0124	1.05
Factor J	1509519	1	1509519	13.28	0.0219	0.74
Factor K	240223	1	240223	2.11	0.22	0.12
Error	454525	4	113631			0.22
Total	203184360	15				100

Optimización y Experimento de Confirmación

Una vez que se ha determinado el nivel óptimo o mejor combinación de los niveles de los factores involucrados en el diseño experimental, la etapa final es predecir y verificar la mejora de la característica de calidad. La Ecuación (3) establece como regla general que para determinar la proyección mencionada se debe contabilizar el efecto en promedio de cada uno de los factores que se tiene sobre la característica promedio de calidad (Roy, 2001):

$$\mu = \frac{T}{N} + \left(\bar{A}_2 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{B}_2 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{C}_1 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{D}_2 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{E}_2 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{F}_1 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{G}_1 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{H}_1 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{I}_1 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{J}_1 - \frac{T}{N}\right) + \left(\bar{K}_2 - \frac{T}{N}\right) \quad (3)$$

donde T es la suma total de los valores de la característica de calidad de cada uno de los experimentos (Tabla 2), N es el número total de experimentos (Tabla 2), $\bar{A}_2$, $\bar{B}_2$, $\bar{C}_1$, $\bar{D}_2$, $\bar{E}_2$, $\bar{F}_1$, $\bar{G}_1$, $\bar{H}_1$, $\bar{I}_1$, $\bar{J}_1$ y $\bar{K}_2$ son los valores de la característica de calidad promedio para cada uno de los factores en sus diferentes niveles, es decir, en los niveles 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 2, para los factores *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *I*, *J* y *K* respectivamente como se muestra en la Tabla 5. Por lo tanto; sustituyendo en la Ecuación (3) se tiene un valor promedio de la característica de calidad de $\mu = 48342.125\ USD$, el cual es únicamente un punto estimado en base al promedio de los resultados que se obtienen de los diferentes experimentos llevados a cabo. Por tal motivo, debe

determinarse un intervalo de confianza máximo y mínimo donde el valor de la característica de calidad real puede caer. La Ecuación (4) (Roy, 2001) se utiliza para determinar el intervalo de confianza mencionado:

$$C.I. = \pm\sqrt{\frac{[F(\alpha, 1, n_2)(V_e)]}{N_e}} \tag{4}$$

donde el valor de $F(\alpha, 1, n_2)$ se obtiene de tablas estadísticas de puntos porcentuales de la distribución F, n_2 representa los grados de libertad del error estadístico (Tabla 4), V_e indica la varianza del error estadístico (Tabla 4) y N_e indica el número efectivo de repeticiones, el cual se determina a partir de la Ecuación (5) (Roy, 2001):

$$N_e = \frac{NTE}{GDLM + GDLFM} \tag{5}$$

donde NTE es el número total de experimentos, el cual es igual a 16 (2), $GDLM$ es el grado de libertad de la media, el cual por regla es 1, $GDLFM$ es el grado de libertad de todos los factores que afectan a la media, el cual es igual a 11 (Tabla 4).

Tabla 5. Característica de calidad promedio para cada uno de los factores.

Nivel	Factores				
	A	B	C	D	E
1	64292	64907	57950	65006	64787
2	63512	62896	69853	62797	63016
Nivel	Factores				
	F	G	H	I	J
1	62863	60766	63443	63172	63287
2	64940	67037	64360	64631	64516
Nivel	Factores				
	K				
1	64147				
2	63657				

Tabla 6. Geometría del intercambiador de calor óptima.

Parámetro	Caso de Estudio Literatura Abierta	Optimización Estadística
Tipo de cabezal	F.A.P	F. y T. U
Arreglo de tubos	Triangular (30°)	Cuadrado (90°)
d_o (m)	0.02	0.019
L_B (m)	0.356	0.5
D_s (m)	0.894	0.838
es (m)	0.002	0.002
L_{pt} (m)	0.025	0.02375
B_c (m)	0.22	0.13
N_p	2	1
δ_{tb}(m)	0.000794	0.000395
N_{ss}	1	1
N_t	918	877
L_t(m)	5.41	4.64
Re_t	14925	8336
F	0.028	0.033
r_t(m^2°C/W)	0.000333	0.000333
α_t (W/m^2-°C)	3431	2470
ΔP_t (Pa)	6883	1229
Re_s	20025	17594
r_s(m^2°C/W)	0.0002	0.0002
α_{ss} (W/m^2-°C)	1127	1871
ΔP_s (Pa)	6557	6661
U (W/m^2-°C)	521	581
A (m^2)	332.87	243.2
c_i (USD)	65459	50915
C_{tot} (USD)	**70792**	**53363**

Por lo tanto, con un nivel de significancia del 5% el valor del estadístico $F_{0.05, 1, 4}$ es de 7.71, el valor de V_e es de 454,525 y N_e tiene un valor de 1.333, así que el valor que se calcule del costo total del intercambiador de calor utilizando el método de diseño termo-hidráulico de Taborek (1983) y la Ecuación (1) debe de encontrarse entre los siguientes valores de 46721 ≤ 48342 ≤ 49963. Se realiza un experimento de confirmación con los valores de los niveles seleccionados A2B2C1D2E2F1G1H1I1J1K2 y se obtiene un valor de 55,112USD, el cual se encuentra fuera de los límites establecidos con anterioridad. Por lo tanto, se selecciona un nivel de significancia del estadístico de Fisher (F) del 1% y como los factores A, H y K estadísticamente no son significativos, lo cual significa que no afectan el valor promedio de la característica de calidad, se estima el costo del intercambiador con la combinación en los niveles A1B2C1D2E2F1G1H2I1J1K1 resultando estadísticamente un valor de 45,798≤ 49,707 ≤ 53,615. Calculando nuevamente el costo del intercambiador con el método de diseño termo-hidráulico de Taborek (1983) y la Ecuación (1) se obtiene un valor de 53,363 USD, el cual se encuentra dentro de los límites establecidos estadísticamente, por lo que se concluye que los factores con sus niveles seleccionados son los correctos, además, se obtiene un error en porcentaje del 6.8% entre el valor calculado con el método de Taborek (1983) y la Ecuación (1) y el estimado estadísticamente, el cual se encuentra por debajo del 20% establecido como límite de comparación por Cetin y col., (2011). La Tabla 6 presenta la evaluación de la característica de calidad comparándola con los datos del caso de estudio seleccionado de la literatura abierta (Sinnot, 2005), en la cual se aprecia que existe una disminución significativa del costo total del intercambiador de calor.

Conclusiones

La combinación de la metodología propuesta por Taguchi en conjunto con la simulación nos demuestra la posibilidad que se tiene de conducir una optimización y/o selección de los componentes de diseño antes de proceder a la fabricación de un dispositivo termo-mecánico. Desde un punto de vista estadístico tres de los factores considerados no afectan considerablemente a la característica de calidad mientras que los restantes lo hacen, siendo el número de pasos por el tubo y el espesor del tubo los que más contribuyen a la variabilidad de la característica de calidad. En este trabajo se obtuvo una reducción del costo total del intercambiador de calor del orden del 24.5% en comparación con un diseño existente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada al Ing. Julio Alberto González Gutiérrez para llevar a cabo sus estudios de posgrado en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México en Celaya.

Referencias

1. Bell, K.J., Final Report of the Cooperative Resear Program on Shell and Tube Heat Exchanger, Engineering Experimental Station, bulletin no. (5), University of Delaware, U.S.A., 1963.
2. Caputo, A., C., Pelagagge, P., M., Salini, P., Heat Exchanger Design Base on Economic Optimization, Applied Thermal Engineering, vol. (28), pp. 1151-1159, 2008.
3. Cetin, M., H., Ozcelik, B., Kuram, E., Demirbas, E., Evaluation of Vegetable based Cuttings Fluids with Extreme Pressure and Cutting Parameters in Turning of AISI 304L by Taguchi Method, Journal of Cleaner Production, vol. 19, pp. 2049-2056, 2011.
4. Jegede, F., O., and Polley, G., T., Optimum Heat Exchanger Design, Trans IChemE, vol. (70), Part A, pp. 133-141, 1992.
5. Kern, D.Q., Process Heat Transfer, International book company, McGraw-Hill, USA, pp.135-145, 1950.
6. Krishnaiah, K., Shahabudeen, P., Applied Design of Experiments and Taguchi Methods, PHI Learning Privated Limited, 2012.
7. Montgomery, D., C., Runger, G., C., Applied Statistic and Probability for Engineers, 6th Edition, McGraw-Hill, 2013.
8. Mott, R., L., Untener, J., A., Applied Fluid Mechanics, 7th Edition, McGraw-Hill, 2014.
9. Muralikrishna, K., Shenoy, U., V., Heat Exchanger Design Targets for Minimum Area and Cost, Chemical Engineering Research and Design, vol. (78), pp. 161-167, 2000.

10. Patel, V., Rao, R., Design Optimization of Shell Tube Heat Exchanger Using Particle Swarm Optimization Technique, Applied Thermal Engineering, Vol. (30), pp. 1417-1425, 2010.
11. Poddar, T., K., Polley, G, T., Heat Exchanger Design Through Parameter Plotting, Chemical Engineering Research and Design, vol. (74), pp. 849-852, 1996.
12. Poddar, T., K., Polley, G., T., Optimize Shell and Tube Heat Exchanger Design, Chemical Engineering Progress, vol. (96), pp. 41-46, 2000.
13. Polley, G., T., Panjeh, S., M., H., Picón-Núñez, M., Rapid Design Algorithms for Shell-and-Tube and Compact Heat Exchangers, Trans IChemE, vol. (69), Part A, pp. 435-444, 1991.
14. Ravagnani, M., A., S., S., Caballero, J., A., A MINLP Model for the Rigorous Design of Shell and Tube Heat Exchanger Using the TEMA Standards, Institution of Chemical Engineers, vol. (85), pp. 1423-1435, 2007.
15. Roy, R., K., Design of Experiments Using Taguchi Approach (16 Steps to Product and Process Improvements), First Edition, John Wiley & Sons, 2001.
16. Selbas, R., Kizilkan, O., Reppich, M., A New Design Approach for Shell and Tube Heat Exchangers Using Genetic Algorithms from Economic Point of View, Chemical Engineering and Processing, vol. (45), pp. 268-275, 2006.
17. Serna, M., Jiménez, A., An Efficient Method for the Design of Shell and Tube Heat Exchangers, Heat Transfer Engineering, vol. (25), pp. 5-16, 2004.
18. Serna, M., Jiménez, A., A Compact Formulation of the Bell-Delaware Method for Heat Exchanger Design and Optimization, Chemical Engineering Research and Design, vol. (83), pp. 539-550, 2005.
19. Serna, M., Ponce-Ortega, J., M., Castro-Montoya, A., J., Feasible Design Space for Shell and Tube Heat Exchangers Using the Bell-Delaware Method, Industrial and Engineering Chemistry Research, vol. (46), pp. 143-155, 2007.
20. Sinnot, R., Coulson & Richardson´s Chemical Engineering vol. (6), 4th ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
21. Taal, M., Bulatov, I., Klemes, J., Stehlik, P., Cost estimation and energy price forecast for economic evaluation of retroût projects, Applied Thermal Engineering, Vol. (23), pp. 181-183, 2003.
22. Taborek, T., Shell-and-Tube Heat Exchangers, in Heat Exchanger Design Handbook, Hemisphere Publishing, Washington, D.C., 1983.

Reducción de desperdicio en el proceso de envasado en una empresa de productos lácteos

M.S. Flores Serrano1, G. Sánchez Martínez1, L.G. Tobón Galicia1*
1Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av. Veracruz s/n col. Pemex.
**er_211312@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen
En la empresa donde se lleva a cabo este proyecto, el área de producción reporta la generación de desperdicio de cinta de sellado en la línea de envasado, lo cual genera pérdidas monetarias. Al analizar el problema se determina usar la metodología seis sigma implementándola en sus 5 fases: definir, medir, analizar, mejorar, controlar (DMAMC); para este caso tiene como objetivo encontrar los niveles óptimos que permitan trabajar eficientemente la unidad de empalme automático de la tira que sella las cajas con las cuales envasan producto. En la fase definir se establece el objetivo de reducir un 46% del desperdicio, en la de medición se obtiene el desempeño y capacidad del proceso; en la fase de analizar se identifican las fuentes de variación; para pasar a la de mejora donde se desarrolla y prueba la solución potencial para reducir la variación y por último se realiza el plan de control estableciendo estándares e implementación de dispositivos a prueba de error.
Al implementar esta metodología se obtiene en promedio una reducción del desperdicio del 61.95% superando el objetivo planteado por la empresa impactando económicamente de manera favorable.

***Palabras clave**: desperdicio, seis sigma, productividad*

Abstract
In the company where this project is carried out, the production area reports the generation of sealing tape waste on the packaging line, resulting in monetary losses. Analyzing the problem determines to use the methodology six sigma implementing it in its 5 phases: define, measure, analyze, improve, control (DMAMC); for this case it aims to find the optimal levels that allow to work efficiently the automatic splicing unit of the strip that seals the boxes with which they package product. In the define phase the objective of reducing waste by 46% is set, in the measurement phase the performance and capacity of the process is obtained; sources of variation are identified in the analysis phase; to move to the improvement solution where the potential solution to reduce variation is developed and tested, and finally the control plan is made by setting standards and deployment of fail-safe devices.
Implementing this methodology results in an average waste reduction of 61.95%, surpassing the objective set by the company and having a favorable economic impact.

***Key words**: waste, six sigma, productivity*

Introducción
La industria alimentaria debe enfrentar los retos derivados de la creciente demanda de alimentos a nivel global. A nivel nacional es una de las industrias que aportan mayores recursos a la economía; según los datos que presenta el INEGI en su análisis de la industria de alimentos y bebidas 2018, muestran que, en América Latina, habrá un importante crecimiento de la demanda de alimentos en la próxima década. El reto de la industria no es sólo atender la demanda creciente, sino también lograr mayor sustentabilidad económica.

La empresa de la que se habla en el presente artículo, explota sus ventajas competitivas y pone en primer lugar traducir las estrategias empresariales al lenguaje del consumidor, entendiendo que satisfacer sus necesidades es una de las claves para su éxito. Por ello enfoca sus objetivos en la innovación de productos así como en el crecimiento fuera de la frontera de México. Esto implica entrar a un mercado de competencia muy difícil ya que requiere productos de mayor calidad que generen mayor utilidad.

Al generar un enfoque formal al análisis de desempeño del sistema y optimización de procesos, se podrá llegar a obtener la calidad y como efecto colateral una utilidad óptima. Una de las herramientas que se utiliza para la

 ISSN 2007-8102

mejora de procesos es la metodología de seis sigma, la cual mejora los procesos con un formato estructurado y disciplinario basado en el planteamiento de los problemas a mejorar. En los últimos meses el área de producción de la empresa ha reportado que la línea de envasado está ocasionando un desperdicio de cinta Elopack y tetrapak, lo cual provoca un impacto económico que afecta la productividad y utilidad, en promedio se pierde 5.52gr de cinta, esto sucede en cada cambio en la unidad de empalme automático de la tira, como depende de los parámetros fijados por el operador, es necesario que este sepa cuáles son los óptimos para su utilización.

Metodología

Flores (2017), define a Seis Sigma como “una metodología de calidad aplicada para ofrecer un mejor producto o servicio, más rápido y al costo más bajo, centrando su atención en la eliminación de defectos y la satisfacción del cliente, que involucra tanto al cliente interno y externo”.

El propósito de seis sigma es identificar, reducir y eliminar defectos en un proceso, los cuales al provocar inconformidades en los clientes afectan la rentabilidad de las organizaciones. (Tolamatl, Gallardo, Varela, & Flores, 2011). Al lograr tener un proceso con fallos mínimos se obtiene un grado de perfección, según Herrera y Fontalvo (2011), esto se alcanza con el ciclo definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAMC) presentada en la fig. 1.

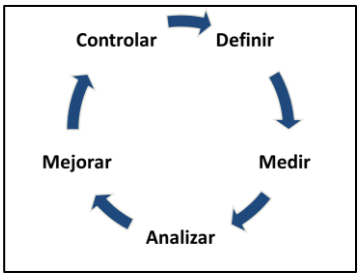


Fig. 1 Fases de seis sigma.
Fuente: Hernández & Fontalvo (2011)

Definición.
En esta etapa al identificar el proyecto a ser mejorado, definiendo objetivos, requerimientos del cliente y oportunidades de mejoramiento, se utiliza una combinación de 5 w y una h donde se declara el problema (Tabla 1), graficas de series de tiempos (fig. 2), diagrama de Pareto como herramientas de esta fase, para el tratamiento de datos.

Tabla 1. Declaración del Problema

¿Qué está sucediendo?
Merma de cinta en la Envasadora Speed
¿Cómo es diferente del estado actual?¿Cómo sucede?
Se esta mermando 5.52 gramos de cinta a diferencia del valor mas bajo registrado que es de 1.86
¿Qué patrón ves? (¿sucede del lado derecho, izquierdo, abajo, arriba, enfrente, aleatoriamente?)
Continuamente
¿Cuándo sucede? ¿Cuándo ocurrió el problema?
Cada cambio de cinta
¿Dónde sucede?
En la unidad de empalme automático de la tira.
¿Está relacionado el problema con las habilidades del operador?
Si depende de el parámetro fijado en la pantalla del operador por el mismo operador.

 ISSN 2007-8102

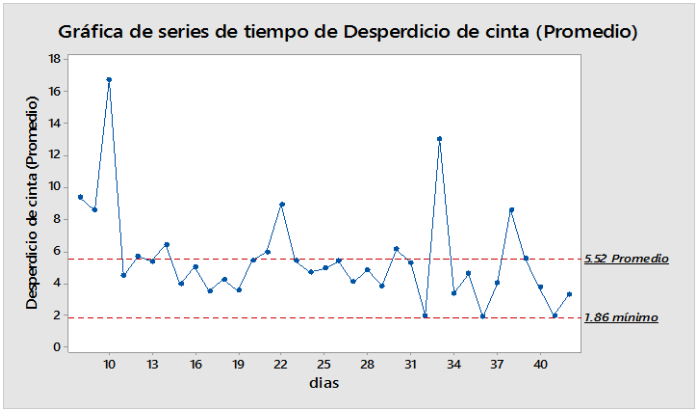


Fig. 2 Desperdicio generado medido en gramos.

En la fig. 2 se puede observar que en promedio se desperdicia 5.52gr., existen datos atípicos por encima de este con una diferencia grande con respecto a valores mínimos de 1,86gr. la desviación estándar es de 2.986 la cual indica una variabilidad en los datos muy grande. Con esto se empieza a la declaración del objetivo del proyecto el cual es mostrado en la tabla 2 que se muestra en la parte de abajo estableciéndolo en 2.958 gr de desperdicio un 46% menos.

Tabla 2. Calculo de objetivo del proyecto

Promedio	**5.52**
Mínimo	**1.86**
Brecha	**3.66**
Objetivo del proyecto	**2.958**

Medir.

Para obtener datos confiables, se revisó el sistema de medición, las posibles razones que pudieran originar inconsistencias de los datos, como errores a las lecturas, registros, sistemas, etc. Se tomaron los datos en línea de producción los cuales arrojan que el proceso no es estable según los gráficos de control y tampoco es capaz de cumplir con el objetivo del proyecto ya que tiene una capacidad de proceso de Cpk y Ppk de -0.37 y -0.29 respectivamente, valores que están por debajo de 1.33 para ser considerados como adecuados estadísticamente y de 2 para ser considerados de clase mundial (Gutierrez & De la Vara, 2013), como se muestra en la fig. 3

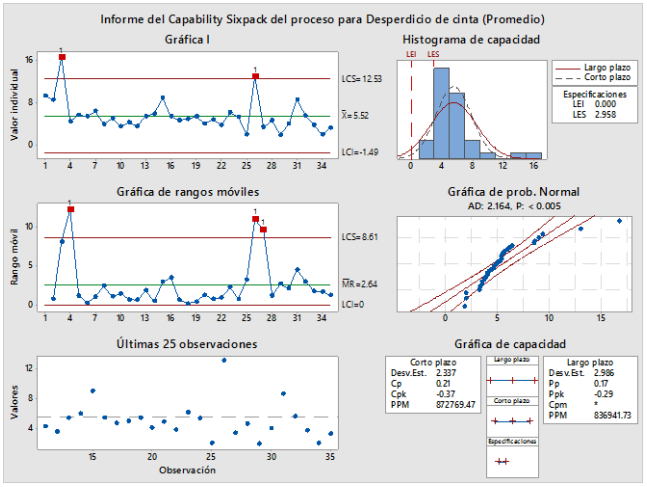


Fig. 3 Capacidad de proceso y gráficos de control. Fuente propia

 ISSN 2007-8102

Se establece también el plan de recolección de datos para validar el sistema de medición el cual se presenta en la tabla 3. Para el adecuado control de recolección de datos

Tabla 3. Plan de recolección de datos

Qué se medirá (QUE)	Unidad	Donde se medirá (DONDE)	Cada cuanto tiempo se medirá (CUANDO)	Cómo se recolectará (COMO)	Por qué recolectar (POR QUÉ)
Estandar de cinta	Si/No	Al operador de la Envasadora Speed 3	Por turno	1.-Verificar si cumple con el estandar de cinta. 2.- Verificar que cumplan con estandar del consumo de cinta. 3-Registrar cual es el estandar del consumo de cinta.	Para saber si existe un estandar para el consumo de la cinta y si cumple con el estandar.
Verificar el consumo de cinta en el lado 1 y 2 de la Envasadora Speed 3	Gr	Lado 1 y 2 en la Envasadora Speed 3	Por turno	1-Vericar si la cantidad consumida de cinta es la misma en el turno 1, 2 y 3	Para saber si el turno afecta el consumo de cinta.
Verificar si la frecuencia del empalme de cinta si afecta el consumo de cinta	Hz/Gr	Envasadora Speed 3	Por turno	1-Verificar por tuno si la frecuencia afecta el consumo de cinta.	Para saber si la frecuencia afecta el consumo de cinta
El comportamiento de la merma de cinta elopak	Gr	Envasadora Speed 3	Cada cambio de carrete de cinta por turno	1-Verificar por turno si el comportamiento de la cinta elopak varia en el consumo de cinta.	Para verificar si el comportamiento de la cinta elopak es la correcta
El comportamiento de desperdicio de cinta tetrapak	Gr	Envasadora Speed 3	Cada cambio de carrete de cinta por turno	1-Verificar por turno si el comportamiento de la cinta tetrapak varia en el consumo de cinta.	Para verificar si el comportamiento de la cinta tetrapak es la correcta
Influencia del operador	Gr	Envasadora Speed 3	Por turno	Verificar si el operador influye en el desperdicio de cinta.	Para verificar si el operador influye en la merma de cinta.
Verificar si los tres turnos si influyen en la merma de cinta	Gr	Envasadora Speed 3	Por turno	Verificar si el comportamiento del desperdicio de cinta en los tres turnos es la misma	Para saber si los 3 turnos si influyen en la merma de cinta.

.

Al realizar el gráfico de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para poder observar la precisión del sistema de medición se puede observar que no tiene validez, ya que se tomaron 3 corridas de datos a los diferentes operarios en sus turnos al operar los empalmes y se obtuvo lo siguiente (Fig. 4).

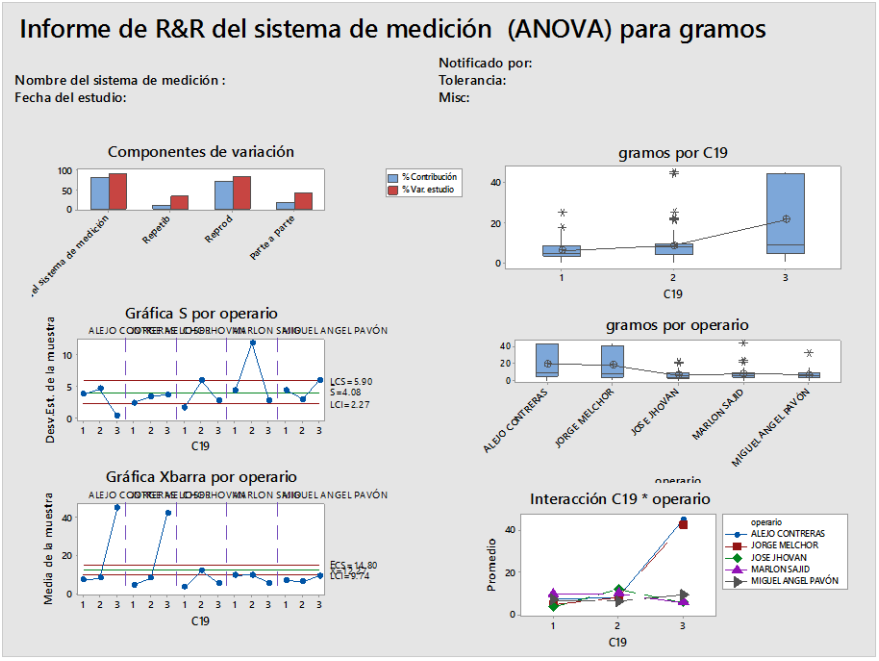


Fig. 4 Estudio de repetibilidad y reproducibilidad.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	13.0828	78.4965	90.62
Repetibilidad	4.7915	28.7491	33.19
Reproducibilidad	12.1737	73.0424	84.33
operario	0.0000	0.0000	0.00
operario*C19	12.1737	73.0424	84.33
Parte a parte	6.1032	36.6189	42.28
Variación total	14.4363	86.6178	100.00

La variación que presentan los 2 primeros trabajadores es muy grande con respecto a sus compañeros como se puede observar en la fig. 4, así también el sistema de medición es del 90.6% y la validez del sistema es inaceptable. Para lo cual se realiza un plan de acción que apoye a ver qué está pasando en línea de producción.

Al realizar la comparación por turnos se detecta que el turno 3 es el que mayor merma presenta, ya con esta información, se empieza a trabajar para darle solución al problema.

Analizar.
La mayoría de las pérdidas viene del deterioro o inhabilidad para establecer y mantener las condiciones básicas de la envasadora que garanticen un buen desempeño,

Mediante la elaboración del diagrama Ishikawa se pudo observar que las causas resultantes fueron atendidas desde la fase anterior donde se comenzó con la capacitación que dando el ramal de material y métodos por atender y para el ramal de material se apoyó mediante la restauración de condiciones básicas. Por último se debía atender el de método que evidenciaba la inexistencia de un estándar de la frecuencia de la cinta.

Al analizar los datos, la variable frecuencia sigue estando latente en el problema, por ello se empieza a monitorear. En la fig. 5, se muestran el seguimiento realizado y aunque no hay correlación entre ellas es importante para el caso.

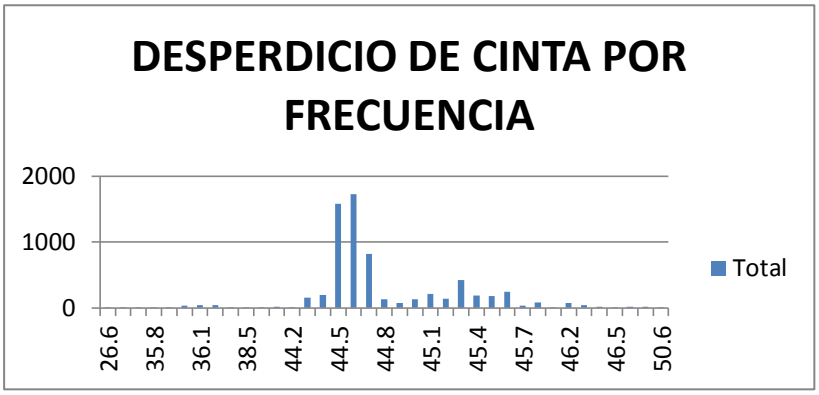


Fig. 5 Frecuencias utilizadas.

Implementar.
Se elaboró una lista de las ideas del equipo del proyecto que fueron evaluadas y agrupadas. Se realizó y analizó una matriz impacto esfuerzo, para crear un nuevo estándar de frecuencia por material (carrete de cinta), la cual puede observarse en la figura 6. Se propuso un procedimiento para la identificación de la frecuencia por material (carrete de cinta).

 ISSN 2007-8102

CAUSA RAÍZ PRIORIZADA	QUÉ	POR QUÉ	CÓMO	DÓNDE	QUIÉN	CUÁNDO	ESCALERA CONTRAMEDIDAS	ESTATUS
Por que no tienen un estandar de la frecuencia por material.	Crear un procedimiento para la identificación de frecuencia.	Por que no tenian un estandar correcto para el material	Apegandose al control de calidad de planta	En la Envasadora	encargado del proyecto	inmediatamente	3	Completado
Por que no tienen un estandar de la frecuencia por material.	Entrenar a los operadores	Para darles a conocer el nuevo procedimiento	Capacitar al personal en el nuevo procedimiento	En la Envasadora	encargado del proyecto	inmediatamente	1	Completado

Fig. 6. Plan de acción

Resultados y discusión

Cuando se realizó el plan de acción (fig. 6), se ejecutó en el área de envasado durante tres semanas, después se reunió todo el equipo del proyecto, para checar que si se haya alcanzado el objetivo, se realizó una gráfica de tendencia de la implementación del procedimiento para identificar que estándar de frecuencia se utilizara para cada carrete de cinta(tabla 5), usando los datos recolectados de merma de cinta antes y después para verificar la efectividad de las acciones y la reducción de los resultados de desperdicio.

Tabla 5. Tabla de frecuencias

TETRAPACK		ELOPAK	
PESO DEL CARETE	FRECUENCIA	PESO DEL CARETE	FRECUENCIA
2110-2120	46.6	2130-2139	45
2121-2130	46.2-46-4	2140-2144	45.3
2131-2140	46.1	2180-2200	44.6
2141-2150	46.8-47	2201-2219	44.8
		2220-2235	44.4
		2245-2255	44.9

Al monitorear nuevamente el proceso y tomar datos en la línea de envasado se vuelve a realizar un gráfico de serie de tiempos para observar su comportamiento ya establecidas las frecuencias y una vez que se pesa cada carrete se toman datos obteniéndose un promedio de 2.1 gr, de merma de cinta, los resultados comparados con los objetivos se pueden apreciar en la figura 7.

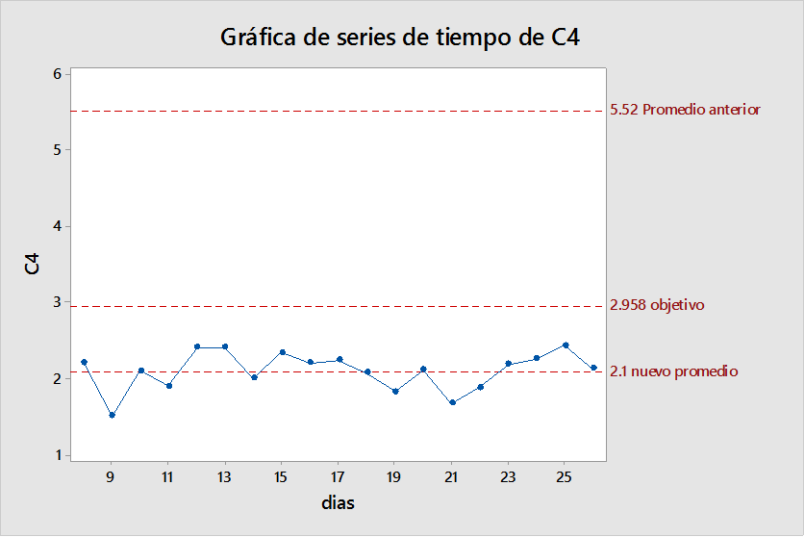


Fig. 7 Resultados de la implementación de frecuencias.

 ISSN 2007-8102

Al hacer el estudio Capacidad de proceso y gráficos de control en el proceso con las frecuencias de la tabla 5 arrojan resultados buenos los cuales son: estabilidad y capacidad del proceso, con un cp >1.33 mencionada por Gutierrez & De la Vara, (2013) (Fig. 8).

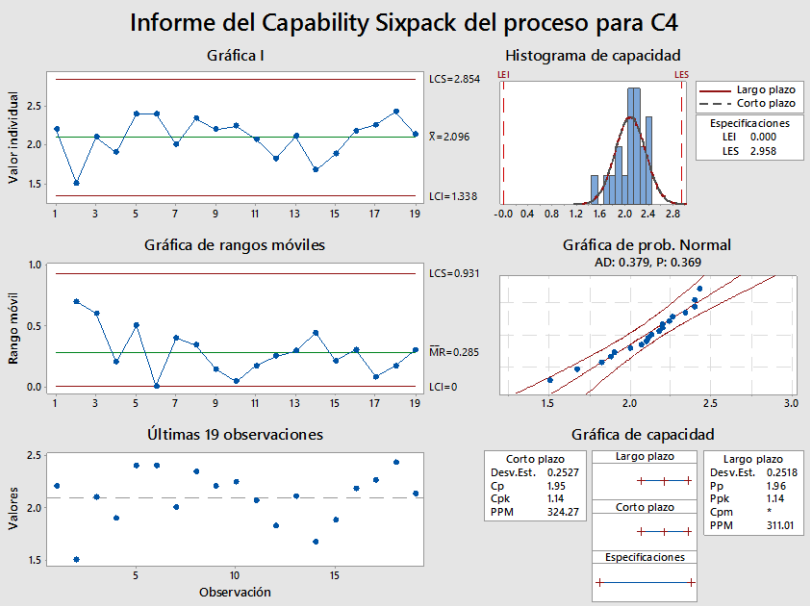


Fig. 8 Capacidad de proceso y gráficos de control

Controlar.

El principal objetivo de la fase controlar es mantener la consistencia en los resultados a largo tiempo.

Se usó la creatividad para asegurar que el problema de la merma de cinta no aparezca de nuevo, se incorporó dispositivos a prueba de error en los estándares de tal forma que los dueños del proceso puedan ejecutar el procedimiento. Como son guías y tablas de frecuencias a la vista, básculas para el peso de carrete, boquillas para centrar la cinta.

También se les explico a los operadores mediante un OPL (Lección de un punto) para que entendieran mejor el procedimiento para la identificación de la frecuencia por material y para futuros trabajadores que entre a elaborar dentro de la empresa, en área de producción.

Trabajo a futuro

Como se trabaja con producto que una vez ocupado no puede volver a recuperarse, es necesario utilizar simuladores o tener un departamento que pueda apoyar específicamente en estos proyectos, ya que por mínima que sea la pérdida anualizando los costos es un ahorro significativo, por ello es necesario implementarse en otras áreas.

Conclusiones

La metodología seis sigma empleada en proyectos cortos según el estado del arte ha arrojado buenos resultados al ser implementados y en este proyecto se logró superar lo planteado en el objetivo el cual era reducirlo el desperdicio a 2.958gr, también se redujo de un promedio de 5.52gr a 2.1gr; asimismo se observa una estabilidad en el proceso según las gráficas de control así como una capacidad de proceso de 1.96, es necesario trabajar en el proyecto ya que para ser de clase mundial tendría que llegar a 2 como lo menciona Gutierrez & De la Vara, (2013).

También se comprobó como la reducción de desperdicio impactó en una reducción de costos, la cual por razones propias de la empresa de manera general se puede mencionar fue mayor a los 250,000.00 anuales que al establecer el objetivo se calculaban.
La literatura señala que el involucramiento de todo el personal es clave en estas metodologías ya que se debe hacer una concientización de lo que se requiere encaminando a toda la organización al alcance de los objetivos.

Referencias

Flores, M. J. (2017). *Seis sigma, aplicado a procesos de implementación . Revista Tecnológica V.13*, 32-35.

Fontalvo, H. T. (2011). Aplicación de Seis Sigma en una empresa productora de Cemento. *Escenarios • Vol. 9, No. 1*, 7-17.

Goel, P. G. (2005). *Six Sigma for transactions and service.* New York, USA.: McGraw-Hill Inc.

Gutierrez, H., & De la Vara. (2013). *Control Estadístico de la calidad y seis sigma* (3ra. ed.). México, D. F.: McGraw-Hill.

INEGI. (2018). *Análisis de la industria de alimentos.* México.

Temblador, C., Ramirez-Galindo, J. G., & Beruvides, M. G. (2011). Transactional Six Sigma, Addressing Services. *American Society For Engineering Management Conference Proceedings.*

Temblador, M. d., Ramirez Galindo, J. G., & Beruvides, M. G. (Octubre de 2009). Six Sigma for Support Areas. *American Society For Engineering Management Conference Proceedings,*, 14-17.

Tolamatl, M. J., Gallardo, G. D., Varela, L. J., & Flores, Á. E. (2011). Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz. *Conciencia Tecnológica, núm. 42*, 11-18.

Control de inventarios de multi-productos.

C.A. Paz Molina[1], L. Martínez Hernández[1], M.C. Martínez Orencio[1], M. Panzi Utrera[2] C.R. Vázquez Trujillo[2]*

[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba,Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94350, Orizaba, Ver., México

[2]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba,Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94350, Orizaba, Ver., México

**lau_mtz@yahoo.com.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El proyecto que se presenta es parte del resultado de una investigación realizada en un almacén multi-productos de un proveedor de la industria automotriz. El objetivo fue aplicar el almacén caótico para optimizar espacio mejorando la distribución y aplicando técnicas de ingeniería industrial que permitan el acomodo más eficiente. Lo anterior, haciendo uso de tecnologías de la información en una hoja de cálculo que permitiera la simulación del acomodo y sirviera de entrenamiento al personal involucrado. Una vez probado, se dejó implementado a fin de seguir ayudando a la reducción de tiempos muertos ocasionados por no abastecimiento de materiales. Por otro lado, ha permitido el desarrollo del recurso humano a través de residentes y tesistas que han contribuido a la investigación, siendo esto muy importante porque les permite desarrollar competencias adicionales a su formación profesional mediante la experiencia de investigación aplicada en casos reales en empresas de la región.

***Palabras clave**: Almacén, herramienta, multi-productos.*

Abstract

The project is part of the result of an investigation conducted in a multi-products store from one supplier in the automotive industry. The objective was to apply the chaotic store to optimize space by improving the distribution and industrial engineering techniques that allow the accommodation to be more efficient. The above, making use of tools in information technologies that would allow the simulation of the accommodation and serve as training to staff involved. Once tested, implemented in order to continue to assist the reduction of downtime caused by not providing materials. On the other hand, has allowed the development of human resources through residents and thesis students that have contributed to the research, and this is very important because it allows them to develop additional skills to their professional training through the experience of applied research in actual cases in companies in the region.

***Key words**:* Warehouse, tool, multi-products.

Introducción

Los sistemas de administración tradicional, en almacenes de productos, funcionan asignando áreas exclusivas para los mismos de acuerdo con una variable que les permita clasificarlos en tres clases A,B y C, obteniendo así una distribución de forma descendente o ascendente según convenga.

Los productos se clasifican, según el volumen de ventas, para establecer niveles de servicio diferenciales que se aplica en un sistema de inventarios por demanda probabilístico. (Marín, García, & Gómez, 2013)

Sin embargo, cuando se tiene un almacén con diferentes productos y proveedores se hace complejo aplicar los sistemas de administración tradicional, puesto que da lugar a errores humanos o decisiones incorrectas que conllevan no solo tiempos muertos o excesivos sino impacto negativo en costos. Por lo que surge la necesidad de buscar alternativas prácticas que permitan manejar los multi-productos.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

Lo anterior lleva a buscar la aplicación de sistemas de almacenamiento aleatorio, como el almacén caótico, que puede incrementar la utilización de las instalaciones y disminuir el costo por mano de obra, pero requieren registros precisos. (Render Barry, 2014)

En este trabajo se expone la solución propuesta a un almacén de multi-productos para poder aplicar el almacenamiento caótico, permitiendo la reducción de tiempos muertos, así como de los costos involucrados. Dicha solución se realizó en una hoja de cálculo que permitiera el control de los productos y las variables involucradas.

Metodología

El uso de tecnologías de información hoy en día y en casos como el expuesto en este artículo es de gran importancia debido a la dificultad para manejar una lista larga de criterios, los cuales son complejos de manejar en conjunto, debido a que todos ellos se presentan durante toda la jornada laboral.

Para facilitar el acceso a la herramienta se utiliza una hoja de cálculo, en el libro “Almacén Caótico” el Dr. Carlos Alfonso Paz Molina explica de manera detallada la creación y utilización de dicha herramienta, ver Figura 1, la cual debe simular las actividades y limitar las decisiones de los almacenistas u operadores. (Paz Molina, 2019). El libro de trabajo consta de 3 hojas de cálculo llamadas, BASE, INGRESO, REPORTE. La primera llamada “BASE” tiene el objetivo de almacenar los datos y detallar las bases de datos que se utilizarán durante el proceso además de realizar lo más importante, cálculos matemáticos y de fórmulas. La siguiente es “INGRESO”, es la parte amigable de la herramienta, en ella se alberga la parte gráfica y funcional de la herramienta, la cual será utilizada por el operador. Por último “REPORTE”, su objetivo, resumir las bases de datos para generar reportes útiles para operadores y supervisores.

AREA	No. MARBETE	No. PRODUCTO	QTY	FECHA	RACK	STD PACK	CAJAS	TIPO	CAPACIDAD	DISPONIBLE
A	8452520	69-341700	60	12-mar	A-AREAA-1	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452521	69-341700	60	12-ago	A-AREAA-1	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452522	69-315900	40	12-mar	A-AREAA-2	40	1	CHICA	0.25	0
A	8452523	69-315900	40	12-mar	A-AREAA-2	40	1	CHICA	0.25	0.25
A	8452524	69-315900	40	12-mar	A-AREAA-2	40	1	CHICA	0.25	0.5
A	8452525	69-316000	40	12-mar	A-AREAA-2	40	1	CHICA	0.25	0.75
A	8452526	69-316000	40	12-mar	A-AREAA-13	40	1	CHICA	0.25	0.5
A	8452527	69-316000	40	12-mar	A-AREAA-13	40	1	CHICA	0.25	0.75
A	8452528	69-316000	40	12-mar	A-AREAA-3	40	1	CHICA	0.25	0.75
A	8452529	69-359500	60	12-mar	A-AREAA-4	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452530	69-340100	60	12-mar	A-AREAA-4	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452531	69-340100	60	12-mar	A-AREAA-15	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452532	69-343400	60	12-mar	A-AREAA-15	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452533	69-343400	60	12-ago	A-AREAA-6	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452534	69-343400	60	12-ago	A-AREAA-6	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452534	69-339300	60	12-mar	A-AREAA-7	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452535	69-340100	60	12-mar	A-AREAA-7	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452536	69-340300	60	12-mar	A-AREAA-28	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452537	69-347800	60	12-mar	A-AREAA-28	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452538	69-348200	40	12-mar	A-AREAA-9	40	1	CHICA	0.25	0.25
A	8452539	69-348200	40	12-ago	A-AREAA-9	40	1	CHICA	0.25	0.5
A	8452540	69-321500	40	12-mar	A-AREAA-9	40	1	CHICA	0.25	0.75
A	8452541	69-185400	80	12-mar	A-AREAA-10	40	2	CHICA	0.5	0.5
A	8452542	69-185400	160	12-ago	A-AREAA-11	40	4	CHICA	1	0
A	8452543	69-167600	120	12-mar	A-AREAA-12	40	3	CHICA	0.75	0.25
A	8452544	69-147700	160	12-mar	A-AREAA-13	40	4	CHICA	1	0
A	8452545	69-359400	120	12-mar	A-AREAA-14	40	3	CHICA	0.75	0.25
A	6570110	69-312910	120	12-mar	B-AREAA-1	60	2	MEDIANA	1	0
A	6570118	69-251810	60	12-mar	B-AREAA-2	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	6570118	69-251810	120	12-ago	B-AREAA-3	60	2	MEDIANA	1	0
A	6570119	69-250510	120	12-mar	B-AREAA-14	60	2	MEDIANA	1	0
A	6570120	69-250810	60	12-mar	B-AREAA-5	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	4680119	69-201200	80	12-mar	B-AREAA-26	60	2	MEDIANA	1	0
A	4680119	69-201200	80	12-ago	B-AREAA-7	60	2	MEDIANA	1	0
A	4680120	69-201300	80	12-mar	B-AREAA-8	60	2	MEDIANA	1	0

Figura 1 Base para hoja de cálculo

El libro “Almacén Caótico” muestra y explica dentro de los campos de la base de datos los siguientes,

- *El área.* Es la zona específica bajo la cual fue segmentado el almacén, ya sea Zona A, zona B o zona C).
- *El número de marbete.* Numeración asignada de manera consecutiva para cada uno de los distintos productos que ingresan al Almacén.
- *El número de producto.* Es el número asignado por la empresa que permite identificar y diferenciar entre los distintos productos y en algunas ocasiones para diferenciar el mismo producto, pero con características distintas en color, tamaño o material.
- *La QTY o cantidad del Producto.* Es la cantidad de piezas existentes en almacenamiento.
- *La fecha.* Es el periodo exacto del tiempo de en el cual dicha cantidad de piezas del producto fue ingresada al almacén y permite diferenciar a los productos de la misma clase pero con mayor o menor antigüedad.

 ISSN 2007-8102

- *El rack.* Que es el anaquel o estante en el cual se colocan los productos con su clave específica, en esta clave la primera letra determina la sección dentro del anaquel y el último número identifica el espacio específico dentro del mismo.
- *El std pack.* Es la cantidad máxima de piezas que contiene el Paquete o caja de dicho producto.
- *Las cajas.* Es la cantidad existente de cajas de ese producto en almacenamiento, y cada rack tiene una capacidad determinada para almacenar los diferentes tamaños de ellas; solo 1 Grande, 2 Medianas o 4 Pequeñas.
- *El Tipo*. Es el tipo de caja almacenada, ya sea pequeña con capacidad de 40piezas, mediana de 60piezas o grande con capacidad de hasta 120 piezas.
- *La Capacidad*. Es la capacidad del espacio para los distintos tamaños de cajas dentro de cada uno de los racks existentes.
- *El espacio disponible.* Es la cantidad de espacio disponible para ingresar producto a ese lugar dentro del Rack ya sea que tenga disponible su totalidad 100%, la mitad 50% o un cuarto 25%.

SPEC	STD PACK	TIPO CAJA	AREA
69-341700	60	MEDIANA	A
69-312910	60	MEDIANA	A
69-358500	60	MEDIANA	A
69-340100	60	MEDIANA	A
69-349400	60	MEDIANA	B
69-339300	60	MEDIANA	B
69-310000	120	GRANDE	B
69-356900	120	GRANDE	B
69-377500	120	GRANDE	B
69-253300	120	GRANDE	B
69-358600	120	GRANDE	B
69-316000	40	CHICA	A
69-315900	40	CHICA	A
69-359000	40	CHICA	B
69-359100	40	CHICA	B
69-236610	40	CHICA	B
69-237610	40	CHICA	B
69-313010	40	CHICA	C

Figura 2 Base Std Pack/Caja/Área.

AREA A			
ZONA A			
A-AREAA-1	A-AREAA-8	A-AREAA-15	A-AREAA-22
A-AREAA-2	A-AREAA-9	A-AREAA-16	A-AREAA-23
A-AREAA-3	A-AREAA-10	A-AREAA-17	A-AREAA-24
A-AREAA-4	A-AREAA-11	A-AREAA-18	A-AREAA-25
A-AREAA-5	A-AREAA-12	A-AREAA-19	A-AREAA-26
A-AREAA-6	A-AREAA-13	A-AREAA-20	A-AREAA-27
A-AREAA-7	A-AREAA-14	A-AREAA-21	A-AREAA-28
ZONA B			
B-AREAA-1	B-AREAA-8	B-AREAA-15	B-AREAA-22
B-AREAA-2	B-AREAA-9	B-AREAA-16	B-AREAA-23
B-AREAA-3	B-AREAA-10	B-AREAA-17	B-AREAA-24
B-AREAA-4	B-AREAA-11	B-AREAA-18	B-AREAA-25
B-AREAA-5	B-AREAA-12	B-AREAA-19	B-AREAA-26
B-AREAA-6	B-AREAA-13	B-AREAA-20	B-AREAA-27
B-AREAA-7	B-AREAA-14	B-AREAA-21	B-AREAA-28

Figura 3 Layout Área Funcional

Después de crear las bases de datos, se aplicaron fórmulas diversas y personalizadas a fin de poder administrar la información contenida en las bases de datos, con el objetivo de consolidar los criterios en una sola base. Cabe hacer mención que por confidencialidad de información no se permite ahondar más en los detalles de las bases de datos y el desarrollo de las mismas, así como de las fórmulas diseñadas y empleadas.

Además de las bases de datos y la interface para la interacción con ellas, así como para ilustrar el funcionamiento y acoplar una forma amigable de capacitar a las personas, se recomendó realizar un Layout como se muestra a en la Figura 3, el cual debe ser una clara representación de la ubicación del almacén, es decir, una copia exacta del acomodo real de los racks. Para la explicación del funcionamiento de la herramienta, se ilustran los siguientes ejemplos contenidos en el libro “Almacén Caótico”, los cuales muestran de manera particular, las actividades del operador.

Cada número corresponderá a cada celda, es decir, el ejemplo que el número señalado corresponde a la disponibilidad del A-AREAA-1, por lo cual es necesario traer la información de la tabla creada con anterioridad correspondiente a la ocupación Rack.

Con lo anterior, se tiene la comparación de los espacios actuales y la capacidad de caja de cada producto por almacenar. Si el Rack está disponible se podrá colocar el material en él, pero si no, no se podrá realizar. Existe una regla o condición mandatoria en al almacén caótico, no colocar material fuera de su área, por lo tanto los racks pertenecientes a diferentes áreas deben estar en estatus “no disponible” para eliminar el error de estibar material fuera del área asignada.

Por ejemplo, en la Figura 4, el Número de Marbete o etiqueta 95500051 pertenece a 40 piezas del Número de Producto 69-147700, el cual será ingresado en la fecha 22 de Marzo, en el área A, utilizando una caja Chica, en

 ISSN 2007-8102

el Rack# 3 Zona A, Rack asignado A-AREA-3. Ese Rack contiene espacio suficiente para estibar ese material, a pesar de tener una disponibilidad de 0.75. La ocupación de este Rack es de 0.25, es decir, contiene una caja chica. También se puede observar la cancelación de los Rack del Área B, todos se encuentra en color negro.

Todos los Racks en color verde tienen suficiente espacio para colocar caja chica, en caso contrario, los racks en color rojo no tienen disponibilidad o espacio suficiente para colocarle cajas adicionales. La Figura 4 también muestra debajo del Rack asignado una celda con “OK” y un condicional para validar si la decisión es correcta.

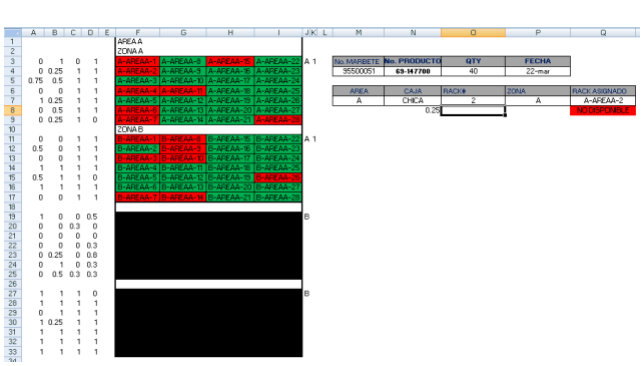


Figura 4 Almacén Caótico Simulador Rojo área A

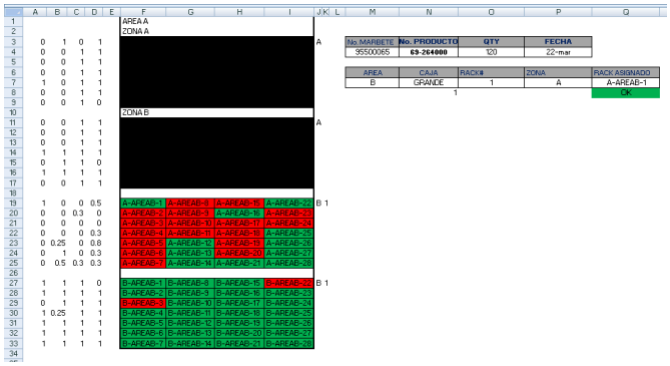


Figura 5 Almacén Caótico Simulador Verde área B.

Siguiendo el ejemplo, se puede observar que en dado caso de tratar de colocar material en el rack A-AREAA-2, enseguida la celda se tornará Roja con la leyenda “NO DISPONIBLE” debido a que ese rack no tiene espacio disponible para almacenar una caja chica.

Como se muestra en la Figura 5, se decide estibar material perteneciente al área B, por lo cual los racks de esa área correspondiente se habilitarán para poder estibar ese material, los que se encuentren en color rojo no tienen capacidad para poder estibar ese material, en caso contrario, los racks en color verde si pueden ser utilizados para colocar el material por estiba. En el caso siguiente el Rack A-AREAB-A tiene espacio suficiente para colocarle caja Grande dentro de ese espacio.

Este simulador fue utilizado para la capacitación del personal, el cual ilustra las reglas básicas del almacén caótico, se muestra la herramienta en la Figura 6.

1. El material se debe estibar dentro del área asignada, no utilizar espacio de otras áreas debido a la pertenencia dada de alta con anterioridad.
2. El rack es cualquiera que pertenezca al área asignada mientras tenga la suficiente disponibilidad para estibar o colocar material dentro de ese espacio.



Figura 6 Herramienta Almacén Caótico

Con el objetivo de mejorar el proceso de capacitación, se implementó la siguiente macro con el propósito de simular el procedimiento de ingreso de material al almacén. La hoja con el nombre “BASE” contiene los datos

 ISSN 2007-8102

ingresados o la base de datos del material localizado dentro del almacén. El nombre de la macro es “en” referente a la palabra entrada, a continuación se redacta la funcionalidad de la macro anteriormente mencionada.

Parte 1: Poka-yoke, se revisa la disponibilidad de estiba y si el marbete ha sido ingresado a la base o no.
Parte 2: Los datos colocados en la hoja “Ingreso” son trasladados a la hoja “Base”
Parte 3: Las fórmulas de identificación son colocadas en los datos ingresados.

El poka-yoke tiene como objetivo el verificar el suficiente espacio disponible para colocar las cajas, además de verificar si el marbete ya se encuentra dentro de la base.
En caso de que cualquiera de las dos opciones no sea cumplida, la macro mostrará un mensaje con la leyenda “NO PUEDE INGRESARSE”, impidiendo de esa manera el duplicar datos dentro de la base, se muestra en la Figura 7.Cuando las dos variables se cumplan, entonces el operador podrá ingresar el material en el espacio correspondiente seleccionado, como se muestra en la Figura 8.

```
Sub en()
'
' En macro

'Parte 1
If range("M2").value = "YA INGRESADO" or range("Q8").value = "NO DISPONIBLE" then
Msgbox "NO PUEDE INGRESARSE"

Else
'Parte 2
    application.screenupdating = false
    sheets("Ingreso").select
    range("M4").select
    application.cutcopymode = false
    selection.copy
    sheets("Base").select
    range("B5").select
    activesheet.paste
    sheets("Ingreso").select
    range("N4").select
    application.cutcopymode = false
    selection.copy
    sheets("Base").select
    range("C5").select
    selection.pastespecial paste:=xlpastevalues, operation:=xlnone, skipblanks _
        :=false, transpose:=false
    sheets("Ingreso").select
    range("O4").select
    application.cutcopymode = false
    selection.copy
    sheets("Base").select
    range("D5").select
    selection.pastespecial paste:=xlpastevalues, operation:=xlnone, skipblanks _
        :=false, transpose:=false
    sheets("Ingreso").select
    range("P4").select
    application.cutcopymode = false
    selection.copy
    sheets("Base").select
    range("E5").select
    selection.pastespecial paste:=xlpastevalues, operation:=xlnone, skipblanks _
        :=false, transpose:=false
    sheets("Ingreso").select
    range("Q7").select
    application.cutcopymode = false
    selection.copy
    sheets("Base").select
    range("F5").select
    selection.pastespecial paste:=xlpastevalues, operation:=xlnone, skipblanks _
        :=false, transpose:=false
    range("L5").select
    application.cutcopymode = false

'Parte 3
   range("A4").select
    range(selection, selection.end(xltoright)).select
    range(selection, selection.end(xldown)).select

activeworkbook.worksheets("Base").sort.sortfields.clear

activeworkbook.worksheets("Base").sort.sortfields.add key:=range("F5:F76") _
        , sorton:=xlsortonvalues, order:=xlascending, dataoption:=xlsortnormal
    with activeworkbook.worksheets("Base").sort
        .setrange range("A4:M76")
        .header = xlyes
        .matchcase = false
        .orientation = xltoptobottom
        .sortmethod = xlpinyin
        .apply
    end with
    range("A5").select
    range(selection, selection.end(xltoright)).select
    range(selection, selection.end(xldown)).select
    selection.copy
    range("A6").select
    activesheet.paste
```

 ISSN 2007-8102

```
range("B5:G5").select
range("B5:F5").select
selection.clearcontents
range("B5").select
sheets("Ingreso").select
range("M4").select
End if
End sub
```

En el siguiente ejemplo se muestra el no. Marbete 85000, para el producto 69-264000, se le asignará el rack B-AREAB-25, como lo muestra la imagen, el espacio está disponible.
Al finalizar dándole click al botón ingresar, la macro se activará y los datos serán ingresados.

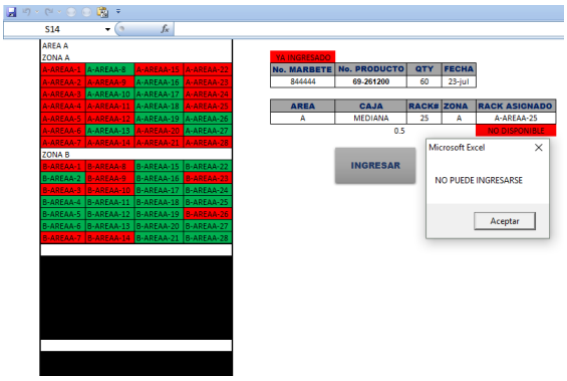


Figura 7 Poka Yoke de Ingreso

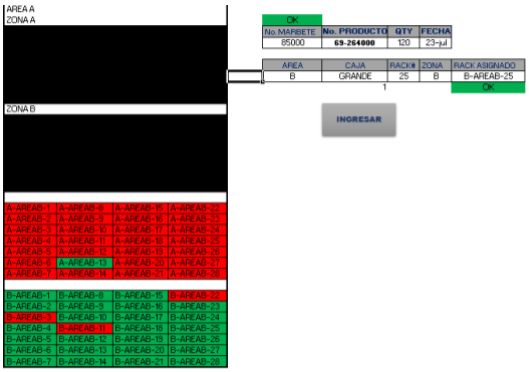


Figura 8 Poka Yoke de Ingreso aceptado.

Esto ocasionará que el rack asignado se muestre en rojo y en status ”no disponible” debido al tipo de caja ingresada, en este caso caja grande, por lo cual su valor es de 1, lo cual corresponde al 100% de ocupación de ese espacio.

Para establecer el almacén A,B,C cada número está asignado un rack dependiendo del volumen de demanda, High Runners se pretende colocar en los primeros rack o espacios cercanos a la entrada, después los Medium Runners y al final Low Runner.

SPEC	STD PACK	TIPO CAJA	AREA	CONSTRUCCION	RACK
69-341700	60	MEDIANA	A	AM78-32	A-AREAA
69-344700	60	MEDIANA	A	AM50-06	A-AREAA
69-358600	120	GRANDE	B	X96-A4-42-A	A-AREAB
69-250910	120	GRANDE	B	AM50-16	A-AREAB
69-359100	40	CHICA	B	AM50-50	B-AREAB
69-355800	64	CHICA	C	AM78-41	A-AREAC
69-335600	75	CHICA	A	AM50-45-A	B-AREAA

Figura 9 Asignación Rack A,B,C

La base principal contiene una columna adicional llamada “rack”, la cual corresponde al rack asignado de acuerdo al análisis A,B,C del volumen de demanda, se muestra en Figura 9. Al principio fueron generados las características y los datos para implementar almacén caótico, pero aún falta establecer el análisis A,B,C como estándar de acomodo dentro del almacén.

AREA	No. MARBETE	No. PRODUCTO	QTY	FECHA	RACK	STD PACK	CAJAS	TIPO	CAPACIDAD	DISPONIBLE	RACK CORRECTO	DIF
A	8452521	69-341700	60	12-ago	A-AREAA-1	60	1	MEDIANA	0.5	0.5	A-AREAA	VERDADERO
A	8452522	69-185400	80	12-mar	A-AREAA-10	40	2	CHICA	0.5	0.5	B-AREAA	FALSO

Figura 10 Comparación Rack correcto.

Las dos columnas siguientes, servirán para identificar si los materiales se encuentran colocados en los rack correcto o si fueron colocados fuera del rack asignado, ver Figura 10.

Rack Correcto: muestra el rack asignando para esa parte.
Dif: muestra si corresponde o no el rack a la parte estibada.

 ISSN 2007-8102

Como se muestra en el ejemplo, el producto 69-341700 está asignado al rack “A-AREAA”, y fue colocado en el rack: “A-AREAA-1”, por consiguiente si se encuentra en el rack correcto, por eso, la columna dif, muestra “verdadero”, por si corresponder al rack correcto. En caso contrario, el producto 69-185400 se le asignó el rack “B-AREAA”, pero está estibado en el rack “A-AREAA” por lo cual la columna dif, muestra la leyenda falso, por no corresponder al rack asignado.

Al finalizar el programa de producción semanal, los encargados del almacén deben colocar el material de acuerdo al estándar de acomodo, es decir, de acuerdo al análisis A,B,C, para ello la información anterior generada es la fuente para realizar un reporte de productos correctamente o incorrectamente estibados, para ello se eligió la herramienta tabla dinámica para ilustra la lista de material y proceder a colocar de manera física el material correctamente, ver Figura 11.

DIF	FALSO			
Suma de CAJAS				
AREA	RACK	No. PRODUCTO	RACK CORRECTO	Total
A	A-AREAA-10	69-185400	B-AREAA	2
	A-AREAA-11	69-185400	B-AREAA	4
	A-AREAA-12	69-147600	B-AREAA	3
	A-AREAA-14	69-359400	B-AREAA	3

Figura 11 Comparación de Estándar de Acomodo

Es necesaria la adecuación y sobre todo la capacitación del personal involucrado en todo proceso, ya que de ello depende el correcto funcionamiento y la eficiencia de las actividades a desarrollar en cada uno de los procesos dentro del almacén Caótico. Las partes principales que lleva este plan de capacitación son:

- Explicación y demostración física al personal sobre las nuevas áreas dentro de las Instalaciones del Almacén.
- Explicación detallada de las asignaciones de cada producto a su Zona, Rack y espacio específico dentro del rack, para su correcto almacenamiento de cada uno de los Productos.
- Explicación y/o difusión del control de las nuevas reglas del Almacén Caótico.

Para la elaboración del Plan Maestro de Capacitación de los temas anteriormente mencionados, fue necesaria la interacción y amplia comunicación del Jefe de Almacén y el área de Recursos Humanos. Ya que el Jefe de almacén determina los temas específicos a tocar dentro de cada uno de los tres puntos que se establecieron y en conjunto con el área de recursos humanos para ayudarse a determinar los tiempos disponibles para el personal, sin que se vean afectadas sus funciones actuales; así como la Facilitación del material didáctico o recursos materiales necesarios para poder explicarles al personal de la forma más clara la información pertinente del Almacén Caótico.

Resultados y discusión

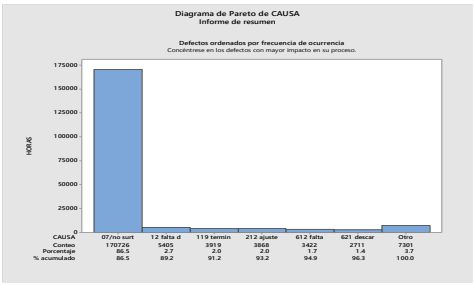
Los programas de Producción muestran los tiempos muertos, comparando el herramental preparado e instalado en las máquinas contra el material producido. El tiempo en el que las herramientas montadas se encuentran sin material disponible, es considerado como tiempo muerto y se calcula en horas/semana.

La Tabla 1 muestra los tiempos muertos por horas/semana y sus causas desde la semana 6-30 del año 2017. Para la causa “No surtimiento” con 170,726 horas de tiempo muerto o máquina parada, con 86.5% de impacto en esta medición, ver Gráfica 2.

 ISSN 2007-8102

Row Labels	Sum of HORAS
07/no surtimiento	170726
117 juntas	612
119 termino de programa	3919
12 falta de operador	5405
212 ajuste y reparacion	3868
26 falla de micro	955
612 falta de presion	3422
619 falla de empaque	1009
620 puente desajustado, dañado	480
621 descarrilamiento de carros	2711
622 falla de plataforma autoclave	1332
623 balero desgastado,roto	345
624 falla micro puerta autoclave	474
625 desfogue lento autoclave	895
626 error sincronizacion al cargar	1105
64 falla electrica	94
Grand Total	**197352**

Tabla 1 Causa de Tiempos Muertos en el Área



Gráfica 1 Pareto de causas de tiempos muertos

La Gráfica 2 muestra el Pareto de las causas que ocasionaban tiempos muertos en el área bajo estudio, lo cual muestra que el no surtimiento de materiales es la mayor y debía ser atendida.

Después de la aplicación de almacén caótico y tecnologías de la información, la falta de material y el tiempo muerto en el proceso disminuyeron considerablemente, de un promedio de 8,000 horas/semana con picos de 10,000 y 11,000 horas de tiempo muerto, a un promedio de 5,500 horas/semana con picos de 8,000 y 9,000 horas. Esto quiere decir, que la solución fue factible para la empresa, y se muestra un control en el registro de entradas y salidas, además de certidumbre en las existencias del almacén. También es necesario resaltar la disminución de material sin almacenar o fuera de sus áreas. (Paz Molina, 2019)

Trabajo a futuro

Dentro de los retos de la investigación está el desarrollo de una aplicación para el manejo de los lectores de códigos de barras a fin de que sea la forma en la cual se realice el registro de los productos. Adicional a lo anterior, se buscará la protección intelectual de la aplicación antes de entregarse a la empresa bajo estudio.

Conclusiones

Esta investigación ha permitido dar seguimiento al proyecto iniciado en el 2018 para comprender la organización de un almacén de piezas automotrices. En esta fase se ha dado continuidad a las modificaciones significativas en el almacén, habiendo cambiado su organización de la tradicional al caótico. Se ha estado trabajado con los colaboradores del área a fin de dar seguimiento a las mejoras. Además, se logró el diseño de un simulador en un software de hojas de cálculo que permita detectar dentro de un grupo de productos con misma autoclave, el que tenga mayor antigüedad o en su defecto si son únicas cajas existentes en almacenamiento.

Por otro lado, el proyecto ha permitido el desarrollo de recurso humano mediante la residencia profesional de estudiantes de Ingeniería Industrial y de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Lo que ha permitido realizar la vinculación entre empresa – escuela a fin de fortalecer el perfil de los futuros profesionistas.

Referencias

Marin, J. A., Garcia, J. A., & Gomez, O. D. (2013). Gestion de compras e inventarios a partir de pronosticos Holt-Winters y diferenciacion de nivel de servicio por clasificacion ABC. *Scientia et Technica* , 5.
Meyers, F. E. (1993). *Plant Layout and Material Handling.* Prentice Hall.
Miguel David Rojas López, E. Y. (2011). Logística integral, Una propuesta práctica para su negocio. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
Paz Molina, C. A. (2019). Almacén Caótico. Beau Bassin, Mauritius: Editorial Académica Española
Render Barry, H. J. (2014). Principios de Administración de Operaciones. Mexico: PEARSON.
Richard B. Chase, F. R. (2001). Administración de Operaciones, Producción y Cadenas de Suministros. Mexico, D.F.: McGraw Hill.
Richard L. Francis, L. F. (1992). Facility Layout and Location: An Analytical Approach. Prentice Hall.
Ríos, A. A. (2012). Mapeo de la cadena de Valor. En A. A. Ríos, Mapeo de Cadena de Valor (pág. 8). Mexico.

Aplicación de técnicas de administración de operaciones para la mejora del sistema de producción de una empresa constructora

G. Antonio Benito[1], J. J. Hurtado Moreno[2], B. Ávila Martínez[1], C. M. Medina Lerma[1],*
[1]División de Ingeniería Industrial e Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale, Km. 6.5. Carretera Tamazunchale – San Martín, C.P. 79960, San Luis Potosí, México
[2]Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), Instituto Politécnico Nacional, C.P. 08400, CDMX, México
**gaudencio126@tectamazunchale.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
La investigación desarrolla las técnicas de aplicación de la administración de las operaciones en una empresa productora de block ubicada en el municipio de Tamazuchale, San Luis Potosí. Se llevó a cabo la simulación Monte Carlo a través del análisis de la información obtenida de la demanda de los diferentes tipos de block que se fabrican en la empresa, identificando y seleccionado el método de pronóstico adecuado para los meses octubre, noviembre y diciembre. Posteriormente se desarrolló el plan agregado analizando los sistemas de trabajo actuales, así como la variación de tamaño de la fuerza de trabajo, la variación en el nivel de inventario y subcontratación de personal. Finalmente, los resultados obtenidos fueron la creación del programa maestro de producción, la determinación de la cantidad económica de pedido (EOQ) del cemento y del triturado para después establecer una general mediante la Planificación del Requerimiento de los Materiales (MRP).

***Palabras clave**: Simulación, Series de tiempo, Planeación Agregada, Programa Maestro de Producción, MRP.*

Abstract
The application management techniques of operations are developed in this research in a block company located in Tamazuchale, San Luis Potosí. Monte Carlo simulation was applied through analyzing of the information obtained from demand of different types of block that are manufactured in the company, to do this, it was necessary to identify and select the appropriate forecasting method. Subsequently, it was developed the aggregate production plan by analyzing the current work systems, as well as size variability of the workforce, level of inventory and outsourcing of employees. Finally, the results obtained were the creation of the master production program, the determination of the economic order quantity (EOQ) of the cement and crushing to then set a general quantity through the Material Requirements Planning (MRP).

***Key words**: Simulation, Time series, Aggregate Planning, Master Production Program, MRP.*

Introducción
Tovar y Muñoz [2018] identificaron los factores que permiten desarrollar los pronósticos que afectan al flujo de efectivo, mencionando que los dichos pronósticos son información útil que coadyuvan a incrementar la información para los procesos de negociación de compra venta, siendo vital para conocer el flujo de efectivo y las ganancias pasando a ser el principal valor de las empresas u organismo social productora, permitiendo de esta manera una adecuada toma de decisiones financieras. Los pronósticos de la demanda de un producto o servicio permiten que el sistema de producción sea eficiente y pueda responda a las necesidades en cantidad y momento adecuado a las necesidades de la empresa, esto permite una acertada inferencia y cumplimiento de las condiciones establecidas o pronosticadas para el soporte logístico de las operaciones [Calle, 2017].
En la práctica es necesario establecer métodos numéricos y estadísticos para realizar la proyección de los productos diversos de una empresa por lo que en esta investigación determinará diversos factores no observados que muestran la trayectoria de crecimiento o decrecimiento de los productos de una empresa productora. La mayoría de las decisiones se toman con base a números y datos pronosticados [Gil, 2017]. Según Widiarta et al [2017] para poder aplicar un modelo de planificación agregada, lo primero que se tiene que establecer es el pronóstico de familias de productos así mismo en un artículo publicado por De la Fuente y Santelices [2000] mencionan que son diversos los métodos de planificación agregada presentados en la literatura, pero siguiendo lo propuesto por Corominas et al [2017] se pueden clasificar en tres grandes grupos: 1) Modelos de comparación de alternativas, 2) Modelos que utilizan reglas de decisión y 3) Modelos basados en

programación lineal. Una planeación agregada es en sí una planeación de la producción, para fines de esta investigación se desarrolla en el marco de una empresa fabricante de materiales de construcción, Hernández y Mejía [2018] dan a conocer un caso de estudio mostrando la funcionalidad de la aplicación propuesta y comparan los resultados de las secuencias propuestas con las que resultaron de las prácticas actuales, esto a través de un aplicativo computacional para la planeación y secuenciación de la producción en una empresa colombiana fabricante de autopartes. El aplicativo integra pronósticos de ventas y órdenes en firme para calcular el plan maestro de producción, que se secuencia en la planta de producción. Los resultados muestran que la implementación del aplicativo puede mejorar los niveles de servicio y la satisfacción del cliente si se cumplen ciertos prerrequisitos descritos en el artículo fabricado. Siendo así, una empresa entonces sin importar su tamaño o giro debe de preocuparse siempre en la satisfacción del cliente, sin dejar a un lado el objetivo por lo cual la empresa ha sido creada, debe de preocuparse siempre en administrar bien sus inventarios, cumplir con los requerimientos del cliente y planificar siempre sus operaciones en materia de producción; razón por la que está investigación muestra un caso de estudio donde estos principios son aplicados.
Este estudio se desarrolla en una empresa productora, caso; empresa constructora ubicada en el Municipio de Tamazunchale San Luis Potosí, los resultados de la investigación serán mejoras en el cálculo de los pronósticos y la forma de analizar la situación de los inventarios, estableciendo una nueva metodología para el reabastecimiento de los mismos especificados en la planeación de la producción.

Metodología

El desarrollo de la metodología contempla datos determinísticos de las ventas anuales de las diferentes medidas de Block (block 12 pesado, 15 pesado, 15 sólido, 10 pesado, 12 mixto, 12 cara piedra) que se fabrica en la empresa constructora, se realizó el registro de las ventas de los periodos enero - febrero 2017 y enero – septiembre 2018, en donde se observó que existía variabilidad en la demanda de cada tipo de block. La presente investigación siguió los siguientes pasos.

Pronóstico de la demanda según las ventas registradas

Con el registro de ventas de los periodos estudiados se obtienen los pronósticos de los meses octubre, noviembre y diciembre; esto para hacer el análisis por dos años (2017 y 2018). Se analizan los datos de la demanda de cada uno de los block, por los métodos de series de tiempo, usando modelos de tendencia lineal, tendencia cuadrática, curva de crecimiento, exponencial simple y Winter multiplicativo, el resultado obtenido de cada uno de los métodos fueron analizados gráficamente y considerando el Error del Porcentaje Absoluto Medio (MAPE) como indicador de errores principales entre los métodos. Algunos de los modelos no pueden ser ejecutados dado que se mantienen sin ventas registradas en algunos de los meses correspondientes. En esta investigación también fue necesario demostrar que el block 12 pesado es el más importante para la empresa; por lo que se utilizó @RISK mediante la agrupación de datos.

Elaboración de un plan agregado a partir de ventas pronosticadas

Para elaborar el plan agregado en la empresa, se contempló las estrategias puras de la variación de la fuerza de trabajo, la variación en el nivel de inventario y la subcontratación de personal. Con el objetivo de establecer medidas de flexibilidad cuando en la producción de blocks existan cuellos de botella, así como también planear la forma a fin de tener menos gastos administrativos y costos de producción. Al iniciar con la evaluación de los planes de trabajo de la empresa se determinaron las siguientes variables:
Tasa de producción por trabajador (k): La tasa de producción por trabajador en promedio mensual es de 8850.2, que se obtiene a partir de la división del promedio de la demanda real y pronosticada, 44251 piezas producidas al mes, entre 5 trabajadores directos en el área de producción.
La fuerza de trabajo (WO): Se cuenta con 5 trabajadores en la empresa.
Costo de Contratación (CC): La empresa determina que no existe costo alguno para la contratación de personal, dado que la mayoría de los trabajadores que ingresan son capacitados mediante la observación directa.
Costo de Despido (CD): Para el cálculo correspondiente se simuló a un trabajador que fue despedido al haber trabajado durante un año, y teniendo como salario mínimo en la región de $50.00 (se toman 20 días de salario mínimo por cada año trabajado).
Costo de Producción (CP): Según los cálculos de la empresa el costo que se tiene de producción es de $4.91 por cada unidad.
Costo de mantener el inventario (CI): La empresa menciona de acuerdo a su experiencia; existe un costo total diario de $125.50, donde se contemplan gastos en combustible y electricidad, así como también el pago mensual del predial de $1,500.00, mediante la ecuación 1 se obtiene el costo de inventario, dónde el costo de

combustible y electricidad de la empresa en su producción se multiplica por treinta para hacerlo de forma mensual, se le suma los gastos de predial, renta de máquinas utilizadas, el seguro de terrenos y otros gastos como aditivos y lubricantes, dado que se debe de obtener el costo de mantener por unidad, en la ecuación especifica que se divide entre la cantidad de piezas producidas al mes.
Inventario al inicio (II) y final del horizonte (IF): La cantidad de piezas de block existentes antes de iniciar el siguiente proceso productivo de acuerdo al conteo realizado es de 6700 piezas, sin embargo al finalizar el mes, solo quedan 20 en existencia de las que se puedan vender sin ningún problema, aunado a eso deben existir 500 piezas en stock en casos de emergencia (solo para clientes constantes). Esto es, por lo que se toma en consideración para esta política como 6720 piezas al inicio y 20 al final del mes.
Costo faltante de Inventario (CF): Según el gerente de producción solo 2 veces por mes el personal deja de realizar labores por la falta materia prima para producir; la empresa al realiza sus cálculos como se observa en la ecuación 2, menciona que dicho costo es lo equivalente a una hora trabajada.

$$CI = \frac{\left[\text{Costo por día en combustibl e y electricid ad}\right]\left[30\right] + \text{Gastos de predial} + \text{Rentas (máquinas, madera, piezas, etc)} + \text{Seguro de terrenos} + \text{Otros gastos}}{\text{Produccion mensual de piezas de block}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$CF = \frac{\left[\left(\frac{\text{Salario por día}}{\text{Horas laborales}}\right)(\text{WO})\right]\left(\text{Frecuencia de ocurrencia al mes}\right)}{\text{Producción al mes}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde el salario por día es de $130, las horas laborales son de 8 horas, el número de trabajadores en el área de producción son 5, la frecuencia de ocurrencia por mes es de dos veces y la producción por mes de 44,251 piezas.
Costo de subcontratación (CS): La planta no requiere ninguna fuente externa, los mismos ingenieros industriales que laboran en planta programan el PLC y la sistematización continua de la bloquera.
Costo de producción en tiempo extra (CTE): Tomando en cuenta la variable de pago fijo por hora extra trabajada ($40.00 por trabajador) establecidos por el departamento de recursos humanos de la empresa, se realizó la siguiente operación (ecuación 3). Todos los cálculos antes realizados se resumen en la tabla 1.

$$CTE = \frac{\text{Producción al mes}}{30(\text{WO})(\text{Horas laborales})(\text{Pago por una hora extra/Trab ajador})} \quad \text{Ecuación 3}$$

Tabla 1. Variables de entrada para el análisis de las políticas de la planeación agregada

Tasa de producción por trabajador-periodo		8850.2	k (u/Trabajo-Mes)
Fuerza de trabajo		5	WO (Trabajo)
Costo de contratación	$	-	CC ($/Trabajo)
Costo de despido	$	1,000.00	CD ($/Trabajo)
Costo de producción	$	4.91	CP/($/Unidad)
Costo de mantener en inventario	$	0.12	CI ($/Unidad-Mes)
Inventario al inicio del horizonte		6720	Unidades
Inventario al final del horizonte		20	Unidades
Costo de Faltante de inventario	$	0.00367	$ Unidad-mes
Costo de subcontratación	$	-	$ Unidad
Costo de producción en Tiempo Extra	$	0.92	$ Unidad

Definidas las variables de entrada para la elaboración del plan agregado se establecen las tres políticas de producción por dos años.
Variación de la fuerza de trabajo. Los cálculos demuestran que existe una fluctuación de la fuerza de trabajo en cuanto a despidos y contrataciones, gráficamente se observa que existen datos atípicos (picos positivos son contrataciones), mientras que los puntos negativos indican despidos de la fuerza de trabajo, analizados por un periodos de 2 años.
Variación en el Nivel de Inventario. Al realizar los cálculos se le demuestra a la empresa que con esta política evitará las contrataciones y los despidos. En este caso lo común es que se elija un nivel de producción igual a su demanda promedio y cubrir sus variaciones de demanda mediante un inventario, por lo que se sigue la

misma metodología que la política variación de la fuerza de trabajo, sin embargo se deben iniciar hacer los cálculos obteniendo el promedio de la demanda neta de los dos años analizados.
Subcontratación. Es probable que la empresa prefiera producir una cantidad igual a sus capacidades actuales (con 300 trabajadores en este caso) y cubrir el resto de la demanda por medio de la subcontratación. Para esta política es necesario la capacidad de producción, que se deriva del producto de la fuerza de trabajo y la taza de producción por trabajador que mediante un comando lógico se selecciona la forma de producción mínima de la capacidad de producción y demanda neta, obteniendo así el nivel de subcontratación, esto mediante la diferencia de la demanda neta y la producción, puesto que no se tiene algún costo de subcontratación, se establece entonces que no existe perdidas económicas del mismo.

Programa Maestro de Producción (MPS)
Para el programa maestro se opta analizar los meses octubre, noviembre y diciembre, de tal forma que se logre cumplir con las necesidades establecidas en el plan a largo plazo, manteniendo a la vez niveles mínimos de costos y un buen nivel de servicio al cliente. De acuerdo con lo anterior se sabe bajo que política de producción se debe de trabajar, sin embargo, la "agregación" se realiza en dos niveles: el nivel de productos en la cual se agrupan los productos en familias; y el nivel de tiempo, considerando 3 meses de plazo. El MPS de la empresa se obtiene de la desagregación del Plan Agregado correspondientes a cada familia, es decir, como ya se sabe cuál debe ser las cantidades a producir durante los meses establecidos por el Plan Agregado, ahora esas mismas cantidades se tienen que desagregar en semanas cuyo objetivo es determinar las cantidades de producción y los niveles requeridos de recursos para alcanzar las metas de producción. Y por tanto se puede considerar el problema es cumplir tanto como sea posible la demanda esperada balanceando los impactos por los cambios de los niveles de producción, inventario y/o subcontratación de personal. La desagregación de la producción de los meses de septiembre (mes cero), octubre, noviembre y diciembre, con una demanda variante por mes y el análisis de la información de las entregas pronosticadas se tiene los porcentajes de demanda de los productos iniciando con el 12 pesado y concluyendo con el 10 pesado.
Desagregación método suavización del flujo. Para el modelo de la desagregación se probó el método suavización del flujo para la producción de Blocks en la empresa constructora dándole prioridad al producto estrella que este caso es el Block 12 pesado, y se programó las cuatro semanas de cada mes para completar la demanda del mismo de acuerdo a su porcentaje de demanda.
Desagregación método lote por lote (LXL). Otra estrategia de desagregación que se realizó en esta investigación es la del método lote por lote, donde el producto del block número 12 solo se recomienda producir en los meses que se están pronosticando, es decir los meses de octubre, noviembre y diciembre, solo el mes de octubre se producirá todas las semanas, y los meses de noviembre y diciembre solo las primeras tres semanas.

Modelos de inventarios determinísticos
Durante la investigación se encontró que el empresa mantiene una demanda aproximadamente constante e independiente a otro tipo de acciones que se llevan a cabo, también no se ofrece a los clientes descuentos por comprar grandes cantidades de block por lo que el requerimientos de la materia prima no varía en diferentes tiempos. Por lo anterior de decide trabajar con el modelo Cantidad Económica de Pedido (EOQ), estableciendo las variables de entrada para el sistema del EOQ tras realizar los cálculos de forma analítica se obtuvieron cada una de las variables para el triturado componente esencial para la fabricación de blocks (Tabla 2, columna 3).
El cemento forma parte esencial de la mezcla para la fabricación de block, por lo que si no hay existencia de este suministro el departamento de fabricación no puede realizar su trabajo, con el mismo mecanismo se desarrollan las ecuaciones del EOQ que permiten obtener indicadores como los costos logísticos, cantidad de pedido, tiempo entre pedido y el punto de reorden (Tabla 2, columna 4).

Elaboración del MRP (Material Requirements Planning)
Al iniciar las operaciones para el estudio del MRP se contempla el costo fijo de ordenar (k) de $715.44 por orden al mes, el costo de mantener el inventario (h) es de 0.12 por mes, el tiempo de retraso (Leadtime) es 0 meses, así como la información del área de producción (1200 kg de triturado y 85 kg de cemento para la producción de 144 piezas de blocks número 12). Al estudiar los modelos propuesto tales como desagregación método suavización del flujo y desagregación método lote por lote se determina que la programación de la producción de los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en algunas semanas se produce en pequeñas cantidades de producto, sobre todo en el método de suavización del flujo, incluyendo al producto más demandado, lo que lleva a la necesidad de producir en grandes cantidades en algunos periodos, pudiendo ser

una causa de las fallas en el equipo, debido a que no se encuentra un equilibrio en la producción y se requiere del funcionamiento al máximo del equipo. En base a lo anterior los meses octubre, noviembre y diciembre se investiga y determina que las recepciones programadas son de 200,000, 200,000 y 300,000 kg de triturado respectivamente, por lo que al realizar los cálculos las recepciones programas se establecen como se muestra en la tabla número 3, se analiza lo siguiente:

- La estrategia de planeación de las recepciones de triturado muestran una requisición balanceada, donde el mes de septiembre se muestra como la más alta de todos los demás.
- El costo total anual se obtiene sumando el costo de ordenar y el costo de inventario estableciendo un monto de $8,585.28.
- La demanda de kilogramos al año es de 2, 799,091.67, es decir, 233,257.64 kg/mes
- La cantidad mínima de pedido de kilogramos es de 52,739.00.
- El número de órdenes por año es de 53.07, es decir, 54.

Mientras que en el análisis del MRP de cemento se obtiene lo siguiente:

- El costo total anual se obtiene sumando el costo de ordenar y el costo de inventario estableciendo un monto de $8,585.28.
- La demanda de kilogramos al año es de 4040, es decir, 336.67 kg/mes
- La cantidad mínima de pedido de kilogramos es de 2,004.
- El número de órdenes por año es de 2.02.

Tabla 2. Resultados obtenidos del modelo EOQ del triturado.

Métricas del EOQ	Símbolo matemático	Costo / Cantidad Para Triturado	Costo / Cantidad Para Cemento
Tiempo de ajuste/Costo pedido/corrida de producción	k	$ 10,880.65	$ 10,880.65
Demanda / año	d	3504092	4964.129861
Costo de mantener	h=p*c	12.93294	12.93294
Costo/producción	c	58.92	58.92
Tasa de interés anual /costo de inventario	p	21.95%	21.95%
Hacer p = tiempo de demanda, Año, mes, semana, quincena - 1, 12, 52, 24		1	
Cantidad Óptima a Ordenar	q	76786	2891
Costo de Ordenar	k*d/q	$ 496,533.76	$ 18,683.14
Costo de comprar	c*d	$ 206,461,081.00	$ 292,486.53
Costo de Inventario	h*q/2	$ 496,533.76	$ 18,694.56
Costo total	μ(q)	$ 207,454,148.52	$ 329,864.24
Costo Logístico	k*d/q+h*q/2	$ 993,067.52	$ 37,377.71
Tiempo entre pedidos	T=q/d	0.02	0.58
Tiempo en días	365	8	213
Pedidos al año (n)	d/q	45.63	1.72
Tiempo de entrega (Leadtime - 1 día)	L	1	1
Punto de reorden (R)	d*L	9600.25	13.60

Se desarrollaron estrategias que establecen políticas basados en la producción, la fuerza laboral y el impacto económico de la empresa, tales estrategias son las variaciones del tamaño de la fuerza de trabajo, variación en el nivel de inventario y subcontratación, con el plan agregado se analiza que la subcontratación es la mejor opción para la empresa. Actualmente la empresa trabaja por subcontrataciones únicamente en el departamento de proyectos civiles, es decir, subcontratan personal para la elaboración de proyectos urbanos del sector gobierno y del sector privado, sin embargo no se trabaja con esta política en el área de producción.

El programa maestro de producción utiliza los pronósticos desarrollados para los últimos tres meses del año 2018, mismos que son desagregados por los métodos de suavización de flujo y lote por lote, gracias a estas metodologías la empresa conoce la cantidad de piezas que tiene que fabricar como mínimo y máximo por semana.

Resultados y discusión

 ISSN 2007-8102

Hallazgo del número de block más vendido y con mayor aportación económica.
Al correr la simulación se observa que la media es 1.078 analíticamente se llega a la conclusión que el block más vendido es de tamaño #12. El conocer que el block tamaño #12 es el portador de mayor la estabilidad económica de la empresa, efectúa decisiones que pueden tomarse concentrándose más aun en la fabricación de este tipo de blocks ya que por su mayor demanda, reacciona existiendo una mejor programación de la producción, es decir, un plan maestro de producción.

Tabla 3. MRP del triturado.

Mes	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos Brutos (u)	341867	324200	273008	225125	202242	321900	281300	223692	493467	266458	228467	322367
Recepciones programadas (u)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200000	200000	300000
Inventario inicial (u)	341866.67	324200	273008.33	225125	202241.67	321900	281300	223691.67	493466.67	266458.33	228466.67	322366.67
Inventario final (u)	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda neta (u)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recepciones planeadas (u)	336867	324200	273008	225125	202242	321900	281300	223692	493467	66458	28467	22367
Liberaciones de ordenes planeadas (u)	336866.67	324200	273008.33	225125	202241.67	321900	281300	223691.67	493466.67	300000	28466.67	22366.67
Costo de ordenar ($)	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44	$715.44
Costo de inventario ($)	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -

Obtención de los pronósticos de los últimos meses del 2018
Los procedimientos realizados describen el comportamiento de la demanda futura de los diferentes tipos de block, cuya elección de modelo ajustado se basó en el criterio de menor error (MAPE), así como el comportamiento histórico de un año, es decir bajo criterios estacionales, teniendo datos completos de dos periodos, del año 2017 y 2018.

Resultados del plan agregado (mejor política de producción)
En forma resumida se considera la tabla 4 donde a través de las tres políticas de producción analizadas en esta investigación se determina que la puede considerar es la de subcontratación.

Tabla 4. Resultados de las diferentes políticas implementadas en la empresa

Política de producción	Costo total mensual por dos años
Variación de la fuerza de trabajo	$5, 887,898.14
Variación en el nivel de inventario	$5, 119,682.65
Subcontratación de personal	$4, 545,609.26

Es posible decir que la empresa le conviene implementar una subcontratación como primera instancia que le ofrece un consto mensual menor que los demás métodos realizados, como segunda opción se tiene el método de variación en los niveles de inventario o una subcontratación con un costo de $5, 119,682.65 esto con una desviación menos de un millón con la política anterior y la última opción es hacer una variación en los tamaños de la fuerza de trabajo. Es claro que la mejor opción política a ejecutar en la empresa con las variables que se tiene es el que nos da un costo mensual de $4, 545,609.26 mediante la estrategia de subcontratación.

Resultados del programa maestro de producción para el MRP
El programa maestro de producción utiliza los pronósticos desarrollados para los últimos tres meses del año 2017, mismos que son desagregados por los métodos de suavización de flujo y lote por lote, gracias a estas metodologías la empresa conoce la cantidad de piezas que tiene que fabricar como mínimo y máximo por semana. Analíticamente el resultado del EOQ del cemento no es recomendable, ya que esta metodología sugiere que solo debe hacerse un pedido en todo el año, lo cual es imposible, se sabe que el cemento solo

puede durar aproximadamente 2 meses en condiciones favorables para evitar su descomposición, pasando ese tiempo se pierden la propiedades, por lo que en MRP del cemento juega un papel importante para este caso de estudio.
La planeación del requerimiento de materiales se analiza de manera mensual de acuerdo a la demanda de mes enero a septiembre, mientras que los meses de octubre, noviembre y diciembre se toman los valores pronosticados, así como las recepciones programadas de la cantidad de kilogramos de triturado y sacos de cemento para la producción de blocks, mediante el MRP se tiene un panorama más nivelada de los requerimientos de material que se necesitan cada mes, estos mismos son utilizados para producir de acuerdo a la producción programada por el método de suavización de flujo o lote por lote.
En la tabla 5 se muestra una tabla comparativa de la situación actual de la empresa y la situación propuesta utilizando herramientas de Administración de Operaciones.

Tabla 5. Tabla comparativa, situación actual y propuesta

Situación actual de la empresa	Situación propuesta utilizando herramientas de Administración de las Operaciones
No se tiene un pronóstico orientado a la producción de blocks en base a la demanda.	Se tiene un pronóstico utilizando diversos modelos adaptados a la situación actual de la empresa.
Se pide la materia prima (triturado y cemento) una vez sabiendo la cantidad de blocks que el cliente necesita.	Pedir el material con anticipación de acuerdo al mínimo error (MAPE) de los pronósticos desarrollados.
Solo se tienen 5 trabajadores para toda el área de producción, teniendo un costo total de $12, 007,405.00 anualmente.	De acuerdo al plan agregado se pueden desarrollar 3 políticas benéficas a la empresa, resultando la más económica el realizar una subcontratación con un costo total de $4, 545,611.64, ahorrando $7, 461,793.36 anualmente.
Si se tiene materia prima se fabrican 6700 piezas de block número 12, sin embargo siempre hay existencia excesiva que no rota.	Con la desagregación semanal se establece las cantidad de piezas a fabricar del block número 12, existen dos técnicas de fabricación: suavización de flujo y lote por lote, lo más recomendable que se fabrique por suavización de flujo, procurando siempre que el tiempo de fabricación no exceda de 8 horas laborales.
El triturado se pide en unidades de toneladas y no se tiene un control en el pedido de este material, de acuerdo a registros por la empresa, se tiene un promedio de pedido de 348 toneladas de triturado cada mes (29 días), existe desperdicio de material.	Con la técnica EOQ el triturado se debe de pedir cada 8 días, con 77 toneladas para satisfacer la demanda, con una cantidad de una tonelada de reorden. Ahorrando 43 toneladas de desperdicio de materia prima.
El cemento se pide en sacos de 50 kg. Mensualmente se gastan 24.65 toneladas de cemento equivalente a 493 bultos, mismos que se hacen cada mes.	Con la técnica EOQ el cemento se pide dos veces por año, lo cual no es posible para este escenario dado que el cemento sufre cambios en su composición química después de 2 meses sin utilizarse aun estando en buenas condiciones de almacenamiento.
No se tiene una programación de requerimientos de materiales del triturado y del cemento.	Con el MRP se programan y planean los requerimientos del triturado y del cemento.

Las recepciones planeadas en el MRP son las establecidas a pedir cada mes para cubrir los requerimientos brutos según la tabla 6, aunado el EOQ se conocen los costos totales, el tiempo entre pedidos, el punto de reorden de la materia prima, y la cantidad óptima de pedido, gracias a esta técnica de análisis de inventarios se puede tomar decisiones más precisas que no afecten al sistema productivo, que mejoren los sistemas de almacenamiento y de solución a las expectativas del cliente.

Trabajo a futuro

Se está trabajando actualmente con la empresa a través de herramientas de lean manufacturing en su fase diagnóstica mediante el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) para mejorar y regular las operaciones internas de la empresa, dado que se observa que actualmente la empresa hace contacto con sus proveedores una vez que se conoce el orden de pedido del cliente, lo cual hace que la fabricación de las piezas sea en más tiempo de lo estimado, atrasando la entrega del pedido del cliente, a pesar de que la empresa ya conoce sus operaciones, siempre tienen problemas con el desperdicio de su materia prima, esto porque no se tiene un control de la cantidad en que se pide, regularmente sucede a menudo con el triturado; por lo que el conocimiento del resultado que muestre el VSM será útil para tomar decisiones.

Tabla 6. Resumen del MRP para el triturado y el cemento.

Mes	Triturado			Cemento		
	Requerimientos brutos	Recepciones programadas	Recepciones planeadas	Requerimientos brutos	Recepciones programadas	Recepciones planeadas
Enero	341867	0	336867	485	0	455
Febrero	324200	0	324200	460	0	460
Marzo	273008	0	273008	387	0	387
Abril	225125	0	225125	319	0	319
Mayo	202242	0	202242	287	0	287
Junio	321900	0	321900	457	0	457
Julio	281300	0	281300	399	0	399
Agosto	223692	0	223692	317	0	317
Septiembre	493467	0	493467	700	0	700
Octubre	266458	200000	66458	378	300	78
Noviembre	228467	200000	28467	324	300	24
Diciembre	322367	300000	22367	457	300	157

Conclusiones

De acuerdo a los pronósticos analizados y calculados para los últimos tres meses se elaboró el programa maestro de producción utilizando la desagregación por los métodos suavización de flujo y lote por lote. El triturado y el cemento se analizan desde un punto de vista diferente, dando que el triturado se pide por camiones con toneladas específicas, mientras que el cemento se piden por sacos y en cantidades optimas, cuidando siempre que no queden en almacén ya que si pasan más de dos meses sin utilizarse, estos sacos tienden a perder sus propiedades. El MRP del cemento es la mejor opción de como programar el requerimiento de esta materia prima, de acuerdo a datos proporcionados por la empresa, anualmente se realiza un gasto de $12, 007,405.00 donde se incluyen los costos de ordenar, comprar, inventarios y logísticos, sin embargo utilizando el MRP de forma realista se obtiene un total de $8,585.28 anualmente, más los 4, 545,611.64 de la política de subcontratación teniendo un total de $4,554,196.92, lo cual se establece entonces que las políticas de administración de las operaciones en el cemento y el triturado provocan un ahorro de $7,453,208.08.

Al aplicar esta investigación se observaron que los niveles de inventarios mejoraron favoreciendo el cumplimiento de pedidos realizadas por los clientes especiales, se establecieron las condiciones administrativas optimas de la empresa, como es contratación de personal, retribución monetaria, análisis de inventarios, satisfacción al cliente y acuerdos con los proveedores, así mismo se controló la fabricación de las piezas de block, dado que las compras de materia prima ya no eran tan prolongadas y sin justificación de llegadas de camiones con cargamento de triturado y cemento.

Referencias

1. Calle, M. D. (2016). Modelos de pronósticos de series de tiempo: propuesta de soporte logístico aeronáutico para la flota súper tucano. Ciencia y poder aéreo, 42-56.
2. Corominas, A., Lusa, A. & Boiteux, O, (2017). Estado del arte sobre planificación agregada de la producción. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Cataluña.
3. De la Fuente Gallegos Rodrigo, Santelices Malfanti Iván, (2000). Diseño de un modelo de planeación agregada para las prestaciones médicas en un servicio de ginecología y obstetricia. Revista de Ingeniería Industrial. 9(2), 27-46.
4. Gil, V. D. (2016). pronóstico de la demanda mensual de electricidad con series de tiempo. Revista EIA, 111-120.
5. Hernández Andrea, Mejía Gonzalo, (2018). Aplicativo computacional para la planeación de la producción en una empresa fabricante de autopartes. Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 1(1), 24-30.
6. Tovar, M., & Muñoz, I. T. (2018). Metodología para valoración financiera de Pymes colombianas utilizando flujos de efectivo. Civilizar: Ciencias Sociales y Humanas, 139-162.
7. Widiarta, H., Viswanathan, S., & Piplani, R., (2017). An analytical evaluation of top-down versus bottom-up forecasting in a production planning framework. IMA journal of management mathematics. 19 (2), 207-218.

Uso de metaheurísticos para la optimización del flujo de redes de transporte de personal.

A. Domínguez Martinez[1], G. Solís Rodríguez [2], M. A. López Jiménez[2],*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, TECNM- Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. V. Carranza #2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México
[2]Departamento de Posgrado, TECNM- Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. V. Carranza #2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México
**adominguez@itsaltillo.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En la actualidad las empresas generalmente cuentan con un sistema de recolección y distribución de personal a la entrada y salida de cada turno. El plan logístico para dicha tarea representa un área de oportunidad, ya que la productividad de una empresa suele ser afectada por diversas inconformidades que dan origen a retardos, ausentismo y bajas del personal mencionado. La aplicación de metaheurísticas para optimizar las rutas de transporte en un conjunto delimitado de municipios y conociendo las ubicaciones reales de un conjunto definidos de trabajadores, permitirá obtener menores tiempos de traslados y distancias recorridos por cada uno de ellos. Con dichos resultados y su aplicación se espera disminuir las inconformidades mencionadas. Inicialmente se emplea como caso de estudio, una planta con 329 trabajadores, atendidos por 14 rutas cubriendo 4 municipios en el estado de Coahuila.

***Palabras clave**: GRASP, Optimización.*

Abstract

Currently, companies generally have a system for collecting and distributing personnel at the entrance and exit of each shift. The logistics plan for this task represents an area of opportunity, since the productivity of a company is usually affected by various disagreements that give rise to delays, absenteeism and casualties of the mentioned personnel. The application of metaheuristics to optimize transport routes in a limited set of municipalities and knowing the real locations of a defined set of workers, will allow to obtain shorter transfer times and distances traveled by each of them. With these results and their application it is expected to reduce the mentioned nonconformities. Initially used as a case study, a plant with 329 workers, served by 14 routes covering 4 municipalities in the state of Coahuila.

***Key words**: GRASP, Optimization.*

Introducción

El origen de este trabajo de investigación reside en la importancia que ha tomado la logística en la actualidad, logística, un término que se liga en primera instancia a la transportación de un "algo", y sin embargo está ligado a otros aspectos más profundos como la comunicación y la tecnología, y que dependiendo del enfoque que se le dé, adquirirá un significado propio, por lo que se puede inferir que la logística es el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, o de un evento, especialmente de distribución.

La importancia de tener una buena logística impacta directamente en la misión de toda empresa, la satisfacción y superación de expectativas del (los) cliente(s), lo que a su vez repercute el objetivo de todo negocio, la obtención e incremento de capital, o reducción del mismo, por lo que al tener la mejor alternativa de entrega y obtención de los requerimientos lo anterior será más alcanzable.

 ISSN 2007-8102

Para lograr los óptimos en los procesos existen herramientas que permite mediante la modelación matemática encontrar el valor mínimo o máximo del objetivo que se pretenda, sin embargo cuando los problemas presentan un número grande de combinaciones posibles los métodos clásicos de solución presentan complejidad computacional de tal manera que es casi imposible encontrar la solución óptima puesto que la búsqueda de un valor mínimo o máximo en la función matemática correspondiente al modelo aunado a sus restricciones presenta tiempos computacionales muy altos o infactibles y aún más cuando las soluciones en la problemática de la realidad es representada con valores enteros, debido a lo anterior se plantean algoritmos que pese a que no se encuentra usualmente un óptimo global se pueden encontrar soluciones muy buenas, cercanas a nuestra función objetivo de minimizar o maximizar y en un tiempo computacional relativamente corto, estos métodos son llamados algoritmos de construcción o heurísticos, sin embargo cuando nuestras variantes crecen, incluso dichas heurísticas generan dificultad en la búsqueda de las soluciones, por lo cual surgieron algoritmos que permiten encontrar aleatoriamente una solución, e ir buscando en el universo de soluciones a estos algoritmos para no cerrarse a soluciones locales, estos se los conoce como metaheurísticas, mismos que son empleados para resolución de problemas NP.

Metodología

Características del estudio

En la actualidad las empresas generalmente cuentan con el sistema de recolección y distribución de personal a la entrada y salida de cada turno laboral.

Por lo que se concluye que el plan logístico de esta empresa es un área de oportunidad, se plantea un caso de estudio de 303 trabajadores, de la empresa en mención. Este caso de estudio está delimitado con un rango de demanda dado. Teniendo como datos la ubicación de cada uno de los nodos en distancias y un escenario actual de 10 rutas, con distribución en 3 municipios.

Realizando un estudio de las razones de las bajas, ausentismo y de los retardos, se presentan dentro de los 5 principales por inconformidad de traslado, referente este último al servicio de transporte de personal.

	Problemas de transporte.											
	Jul.	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Jun.
Cant.	23	19	41	31	11	30	69	43	24	44	40	51
%	3.97	3.45	8.1	6.71	2.46	5.62	11.2	10.41	8.6	12.4	12.3	12.8

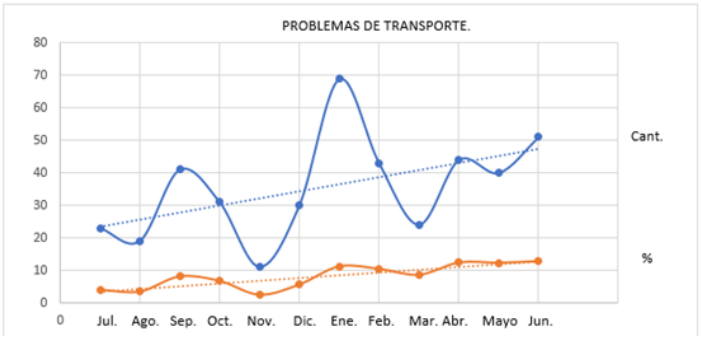


Figura 1. Indicadores correspondientes al ausentismo del 2do semestre del año 2017 y 1er semestre del 2018.

En la Figura. 1 se muestra el impacto de ausentismo de Julio 2017 a Junio 2018 derivados de los problemas presentados con el transporte de personal en la empresa de nuestro estudio que han sido reportados al departamento de Personal.

Ante este panorama se ha decidido atender el proceso de transporte de personal, buscando optimizar la cantidad de rutas que transporte y el recorrido óptimo de cada una de ellas con la finalidad que se puedan transportar la

 ISSN 2007-8102

mayor cantidad de trabajadores sin que la duración de los traslados requiera de tiempos muy grandes para cualesquiera de los trabajadores.

La población total es actualmente de 329 trabajadores. Analizando la información de cada uno de ellos se ha determinado no considerar como parte del estudio a 25 de los trabajadores por radicar en un municipio alejado, además que dicha cantidad representa una ruta exclusiva de transporte para ellos.

Diseño del estudio

En la actualidad las empresas generalmente cuentan con el sistema de recolección y distribución de personal a la entrada y salida de cada turno laboral. El primer dato es el nodo origen de cada ruta y el último dato coincidente es el destino. De la población total de 329 empleados se toman los datos de latitudes y longitudes. Como se indicó anteriormente y debido a la complejidad del problema se depreciarán las 25 personas, en nuestro caso nodos, del municipio más alejado, Parras de la Fuente, ya que invariablemente necesitarán de una ruta. El medio de transporte con que se cuenta corresponde a camiones con capacidad para 30 pasajeros.

Tabla 1. Latitudes y longitudes de los nodos (fracción).

Nodos	Latitud	Longitud	Demanda
1	-100.851622	25.4513736	1
2	-100.902507	25.4287470	1
3	-100.903921	25.4274315	1
4	-100.904860	25.4106847	1
5	-100.952511	25.4444645	1
6	-100.932303	25.4200163	1
7	-100.946348	25.4106874	1
8	-100.981669	25.4153662	1
9	-100.919620	25.4172610	1
10	-100.902632	25.4266657	1

De los restantes 304 empleados se concentran las latitudes y longitudes para establecer la cantidad de puntos de recolección de personal que debe considerar el problema (nodos) y cada uno de ellos se le establece la demanda cono se muestra en la Tabla 1.

En base a la información de la Tabla 1 se crea la tabla de costos (distancias en Kms.) que posteriormente se utilizarán para la solución del modelo. La Tabla 2 muestra una fracción de la tabla obtenida.

Para la solución se utiliza el siguiente modelo:

Función Objetivo:

$$\sum_{k\in K}\sum_{i\in V}\sum_{j\in V} C_{ij}\, X_{ijk}$$

Sujeto a:

1.- $$\sum_{k\in K}\sum_{\substack{i\in V\\ i\neq j}} X_{ijk} = 1 \qquad \forall j \in V\backslash\{0\}$$

2.- $$\sum_{k\in K}\sum_{\substack{i\in V\\ i\neq j}} X_{jik} \leq 1 \qquad \forall j \in V\backslash\{0\}$$

 ISSN 2007-8102

3.- $t_i - t_j + \sum_{k \in K} Q X_{ijk} \leq Q - d_i$ $\forall j \in V \backslash \{0\}$ $\forall i \in V \backslash \{0\}$ $i \neq j$ $j > 0$

4.- $d_i \leq t_i \leq Q$ $\forall i \in V \backslash \{0\}$

5.- $\sum_{i \in V} \sum_{\substack{j \in V \\ i \neq j \\ j \neq 0}} (C_{ij}) X_{ijk} \leq L$ $\forall j \in V \backslash \{0\}$ $\forall i \in V \backslash \{0\}$ $\forall k \in K \backslash \{0\}$

Tabla 2. Matriz de datos (fracción).

# DE EMPLEADO	O	1	2	3	4	5	6	7	8
O	0	3.7	5	12.4	8.2	9.4	10.6	14	18.5
1	4.4	0	8.7	8.7	10	11.9	15.8	13.4	14.6
2	5.5	7.4	0	13.1	4.3	8.3	21.9	20	18
3	12.7	7.4	14.3	0	16.2	2.2	20.6	2.9	3.5
4	8.4	10	16.8	18.4	0	12.9	6.2	22.5	19.9
5	10	12.1	11	4.1	1.4	0	25.4	13.1	24.1
6	11.5	14.9	20.6	10.3	20.1	5	0	18.4	14
7	14.4	13.5	5	4.7	20.3	22	8.6	0	15.3
8	19	14.5	1.9	4.1	21.1	24.8	7	23.3	0
9	21.3	11.7	1.6	2.6	13.7	8.8	10.2	15.6	24.8
10	11.5	7.5	20.9	14.9	6.7	20	17	19.7	25.7
11	16.2	17.7	18.3	18.3	19.2	14	17.4	23.8	7.7
12	23.3	14.6	24.1	20.6	2.3	20.7	12.2	13.4	6.7
13	6.1	14.5	14.4	6	10.2	8.1	19	23.1	2.6
14	4.6	17.3	20.1	9.1	14.4	2.6	21.7	8.3	5.4
15	13.7	19.6	21.9	24.8	3.4	10.1	3.8	1	8.2
16	15.9	15.4	22.3	9.7	11.1	11.4	1.9	10.5	8.8
17	12.1	9.4	9.1	4	2.8	10.1	4.4	14	20.5

La red, que se compone de las rutas y vehículos que efectúan el reparto de los empleados desde la planta, un servicio típico realizado por el transportista es el envío la recolección de un volumen D(demanda) entre dos nodos clientes i,j del territorio.

Sea V un conjunto de vértices en donde: - Se considera un depósito ubicado en v0 . - Sea V =V \ {v 0 } como el conjunto de ciudades. • A { }

Donde:

Conjuntos

V: de nodos={v0,v1,..., vn}donde se considera un depósito ubicado en v0.
R: Raíz = {v0}
K: de rutas disponibles
VN: de nodos sin raíz =V \ {v0} es el conjunto de nodos sin la ubicación planta.

Parámetros:

C: matriz de costos (distancias).
Q: capacidad de los transportes.
L: distancia o longitud máxima a recorrer por límite de horario.
TS: tiempo de servicio.
D: demandas.

Variables:

T: carga del vehículo.
X: arreglo para cada ubicación de i a j para la ruta k, donde:
Xij= {1 si el arco es parte de la solución, 0 en cualquier otro caso}

La función objetiva es minimizar distancias de para cada ruta.

Referente a:
La restricción 1, se indica que para cada cliente Xij (trabajador) pasará un transporte a recogerlo.

La restricción 2, refiere que para cada cliente Xji (trabajador) podrá o no salir un transporte.

La restricción 3, para cada nodo en el punto i y para cada nodo en el punto j, mientras i sea diferente de j, la carga del vehículo en i, menos la carga del vehículo en el punto j más la sumatoria del límite de la capacidad por el conjunto de aristas en acumulado será menor a la Capacidad menos la demanda en el punto i.

Restricción 4, la demanda en el punto i será menor o igual a la capacidad del trasporte en dicho punto, y estos serán menores o iguales a la capacidad de este.

Restricción 5, la suma de las distancias (costos) de cada arista, serán menores a una longitud máxima.

De la tabla 3 se alimenta el algoritmo GRASP para obtener nueva generación de rutas.

Resultados y discusión

Solución del modelo

Una vez alimentada la información al algoritmo de GRASP, el modelo se resuelve obteniéndose un listado de rutas que representa la solución óptima, para atender la demanda de empleados que deben ser colocados en cada ruta obtenida, presentando de esta forma la forma más económica de cubrir a todos los empleados con la menor cantidad de unidades de transporte de personal, así como con la mínima distancia recorrida por cada unidad

Estos resultados muestran una forma diferente de rutas a las tradicionales que opera la compañía de transporte a cargo del traslado de personal. Lo que optimiza costos a la empresa y al proveedor del servicio de transporte de personal.

Trabajo a futuro

Con el desarrollo actual del proyecto, se puede considerar aplicar otras heurísticas o metaheurísticas con la información de todos los empleados para comparar la solución obtenida. Con ello será posible comparar las soluciones obtenidas, en caso de ser coincidentes, nos permitirá demostrar que se logró encontrar la mejor solución y en otro caso podrá compararse la calidad de cada una de las soluciones obtenidas.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos podemos concluir que la aplicación de técnicas metaheurísticas, como lo es el GRASP es posible obtener soluciones rápidas a problemas clásicos de las empresas, con la utilización de tiempos computacionales cortos. El transporte de personal en nuestra empresa de estudio se ha considerado como un factor indirecto que puede afectar la productividad y margen de utilidad. El atender este factor representa para la industria una disminución de la deserción, impactando favorablemente en varios de los indicadores de éxito. Desde la perspectiva de los empleados, también se obtienen beneficios tangibles ya que diariamente invertirán menores tiempos de espera en los puntos designados para subirse a las unidades de transporte y tiempos más cortos de traslado a su lugar de trabajo o de regreso a casa.

Referencias

1. Bazaraa, M-S.; Jarvis, J-J.and Sherali. (2009). Linear Programming and Network Flows. Ed. Willey. 311-318.
2. Castro, S-J.; Gregorio, P.; Ortiz, L-I. and González E-M. (2018). Diseño de una metaheurística GRASP hibridizada con la metodología PAES y la simulación de Monte Carlo en un ambiente Flexible Flow Shop estocástico multi-objetivo. 1-30.
3. Defryn, C. and Sorensen, K. (2017). A fast two-level variable neighborhood search for the clustered vehicle routing problem, Computers & Operations Research, vol. 83 78-94.
4. Mantilla Mejía, J. D. (2019) Diseño de un algoritmo eficiente para establecer el diseño de las rutas y el embalaje para una empresa del sector de entretenimiento en la ciudad de Cali.. Pontificia Universidad Javeriana, Cali.
5. Marti, H.; (2000). Procedimientos Metaheurísticos en Optimización Combinatoria. 1-58.
6. Resende, M.C., & Ribeiro, C.C. (2016). GRASP: The basic heuristic. 95-112.
7. Restrepo Londoño, M.F. (2019). Desarrollo de aplicación para el transporte regular de personas por medio de microbuses. 1-105
8. Soifer, A (2016). Algoritmos de Colonia de Hormigas para el Problema del Viajante de Comercio por Familias y para el Problema de Ruteo de Vehículos por Familias. Universidad de Buenos Aires 1-61.

Evaluación Ergonómica como medida preventiva en los riesgos ocupacionales.

M. Hernández Cortez[1], M. L. López Cruz.[1], J.C. Flores Contreras[1],*
[1] Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Pról. Ave. Veracruz, Esq. Héroes de Puebla s/n, col PEMEX, C.P. 95120, Veracruz, México.
**57magda83@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Este trabajo de investigación tiene como objetivo mediante el método RULA, evaluar ergonómicamente las diversas posiciones que ejercen los trabajadores del cultivo de la siembra de caña, se emplea específicamente para evaluar la carga física postural, cuando las posturas forzadas se adoptan dentro de un ciclo repetitivo, como lo es dicha actividad, de tal manera que se obtendrá una puntuación a partir de la cual se establece un determinado nivel de actuación. El Nivel de Actuación indicará si la postura es aceptable o en qué medida son necesarios cambios o rediseños en el puesto. En definitiva, RULA permite al evaluador detectar posibles problemas ergonómicos derivados de una excesiva carga postural, así como prevenir riesgos ocupaciones que pueden afectar la salud de trabajador.

***Palabras clave**: RULA, Ergonomía, Evaluación*

Abstract

This research work aims at the RULA method, to ergonomically evaluate the various positions that workers in the cultivation of cane planting exercise, is specifically used to assess the physical postural load, when forced postures are adopted within a repetitive cycle, as is said activity, in such a way that a score will be obtained from which a certain level of performance is established. The Level of Action will indicate if the position is acceptable or to what extent changes or redesigns in the position are necessary. In short, RULA allows the evaluator to detect possible ergonomic problems arising from excessive postural load, as well as to prevent occupational hazards that may affect worker's health.

The results show that it is possible to induce asymmetry in a dense membrane by means of the procedure developed in this work. It was observed that the relationship of thickness of the porous layer/dense layer CH_3Cl/PSF increases with the increment of the mass relationship. The images of the porous layer show that the size average of pores falls to high densities of CO_2SC and that the depressurization rate has a worthless effect on the size average of pores.

***Key words**: RULA, Ergonomics, Evaluation*

Introducción

La ergonomía estudia la relación en el entorno de trabajo (lugar de trabajo), y quienes realizan el trabajo (los trabajadores). Su objetivo es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del trabajador y evitar así la existencia de los riesgos ergonómicos específicos, en particular los sobreesfuerzos.

Estos pueden producir trastornos o lesiones musculo-esqueléticos, originados fundamentalmente por la adopción de posturas forzadas, la realización de movimientos repetitivos, por la manipulación manual de cargas y por la aplicación de fuerzas. (Madrid, 2019).

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

Hoy en día los trastornos musculo- esqueléticos se encuentran entre las lesiones desarrollados. Concretamente las enfermedades músculo- esqueléticas representan 38 por ciento de las enfermedades en nuestro país y del total de los costos que se generan por enfermedades profesionales, 40 por ciento corresponde a la atención de trastornos músculo- esqueléticos, según datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

El costo para las empresas está considerado como uno de los más elevados, debido a la atención médica, recuperación y rehabilitación, disminución en la productividad y la calidad, ausentismo frecuente, entre otras. (Saludiario, 2019). Uno de los factores de riesgo más comúnmente asociados a la aparición de trastornos de tipo músculo-esqueléticos es la excesiva carga postural. Si se adoptan posturas inadecuadas de forma continuada o repetida en el trabajo se genera fatiga y, a la larga, pueden ocasionarse problemas de salud. Así pues, la evaluación de la carga postural o carga estática, y su reducción en caso de ser necesario, es una de las medidas fundamentales a adoptar en la mejora de puestos de trabajo.

Existen diversos métodos que permiten la evaluación del riesgo asociado a la carga postural, diferenciándose por el ámbito de aplicación, la evaluación de posturas individuales o por conjuntos de posturas, los condicionantes para su aplicación o por las partes del cuerpo evaluadas o consideradas para su evaluación. Uno de los métodos observacionales para la evaluación de posturas más extendido en la práctica es el método RULA.

Este método se analizara en una empresa dedicada a la carga y descarga de productos, los cuales por las actividades laborales está sujeta a poder ocasionar una enfermedad ocupacional. En este trabajo se lleva a cabo una medición de acuerdo a la metodología propuesta por el método RULA, aplicado a las actividades desarrolladas dentro de esta organización. El método consiste en identificar ciertas posturas al momento de realizar las actividades laborables y compararlas, además de estudiar el comportamiento de los trabajadores, así como los posibles daños que pueden adquirir por dichas posiciones. En la imagen 1 se muestra de manera gráfica los pasos a realizar.



Imagen 1.Esquema de aplicación del método
Fuente: Ergonautas

Metodología

Antes de iniciar con la aplicación de la metodología es necesario identificar la actividad que el individuo está realizando, en este estudio se realiza en la región de la cuenca del Papaloapan dicha región tiene una alta presencia de la siembra y cultivo de caña de azúcar, actividad que por muchos años se ha desempeñado por miles de trabajadores, sin embargo, el siguiente estudio se enfoca a la carga de la semilla (caña nueva), una actividad muy común en los campos agrícolas y que es la base en la producción de la caña de azúcar. Cabe señalar que para la medición de ángulos este estudio se apoyó con el software de Ergonautas.com.mx.

Evaluación del grupo A: Análisis de brazo, Antebrazo y Muñeca

Análisis brazo: La puntuación del brazo se obtiene a partir de su grado de flexión/extensión. Para ello se medirá el ángulo formado por el eje del brazo y el eje del tronco. (Antonio, 2019) La imagen 2 muestra los diferentes grados de flexión/extensión considerados por el método, esta puntuación será aumentada en un punto si existe

 ISSN 2007-8102

elevación del hombro, si el brazo está abducido (separado del tronco en el plano sagital) o si existe rotación del brazo. Si existe un punto de apoyo sobre el que descansa el brazo del trabajador mientras desarrolla la tarea la puntuación del brazo disminuye en un punto. Si no se da ninguna de estas circunstancias la puntuación del brazo no se modifica, tal como lo muestra la imagen 3.

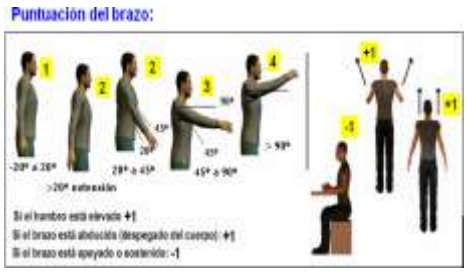


Imagen 2. Puntuación de brazo



Imagen 3. Modificación de Puntuación de brazo



Imagen 4. Estudio real de brazo

En la imagen 4, se puede apreciar que el individuo está cargando un rollo de caña y se encuentra esperando su turno para descargar. Se decidió asignar una puntuación de 4 por que el ángulo del brazo es mayor a 90°, además el hombro esta elevado dándole un valor de +1 y el brazo esta despegado del cuerpo, generando un +1 en la puntuación, por lo que la asignación final es de **6**

Ante brazo: La puntuación del antebrazo se obtiene a partir de su ángulo de flexión, medido como el ángulo formado por el eje del antebrazo y el eje del brazo, apoyándose de la imagen 5 se obtendrá esta puntuación. La puntuación así obtenida valora la flexión del antebrazo. Esta puntuación se aumentará en un punto si el antebrazo cruza la línea media del cuerpo, o si se realiza una actividad a un lado del cuerpo. Ambos casos son excluyentes, por lo que como máximo se aumentará un punto la puntuación inicial del antebrazo, en la imagen 6 se puede ver la aplicación de este punto.



Imagen 5. Puntuación de antebrazo

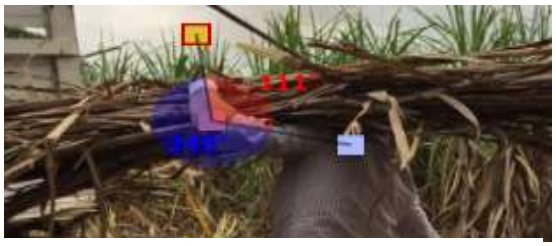


Imagen 6. Estudio Real de antebrazo

A esta actividad le daremos un valor de 2 puntos porque el ángulo del antebrazo es mayor a 100°. Además, sumaremos un +1 porque el antebrazo sale de la línea del cuerpo. Para en total hacer un valor de esta actividad de **3.**

Muñeca: La puntuación de la muñeca se obtiene a partir del ángulo de flexión/extensión medido desde la posición neutra. La imagen muestra las referencias para realizar la medición. La puntuación de la muñeca se obtiene mediante la imagen 7.



Imagen 7. Puntuación de muñeca

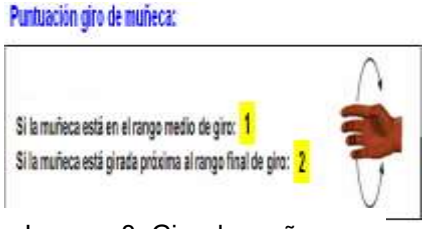


Imagen 8. Giro de muñeca



Imagen 9. Estudio real de muñeca

 ISSN 2007-8102

A esta actividad se le asignara una puntuación de 3 porque el ángulo de flexión /extensión de la muñeca es mayor a 15°. Y un valor agregado de +1 porque la muñeca esta desviada radial cúbicamente (imagen 8). El valor total de esta actividad es **4**, como se puede observar en la imagen 8. Una vez obtenida la puntuación de la muñeca se valorará el giro de la misma dando como resultado un 2. Este nuevo valor será independiente y no se añadirá a la puntuación anterior, si no que servirá posteriormente para obtener la valoración global del Grupo A.

Evaluación del grupo B: Cuello, Tronco y Piernas

Cuello: La puntuación del cuello se obtiene a partir de la flexión/extensión medida por el ángulo formado por el eje de la cabeza y el eje del tronco La imagen 10 muestra las referencias para realizar la medición. Esta puntuación será aumentada en un punto si existe rotación o inclinación lateral de la cabeza. Ambas circunstancias pueden ocurrir simultáneamente, por lo que la puntuación del cuello puede aumentar hasta en dos puntos. Si no se da ninguna de estas circunstancias la puntuación del cuello no se modifica.

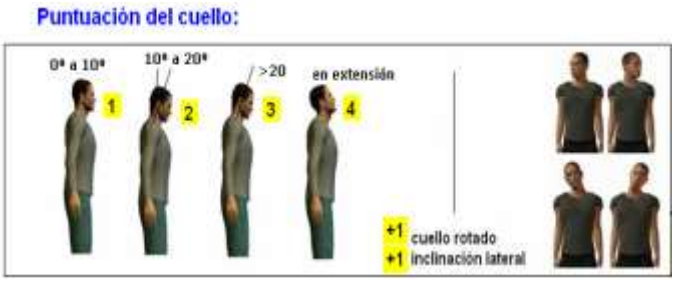


Imagen 10. Puntuación de muñeca



Imagen 11. Estudio real de cuello

El individuo con el rollo de caña nos puede dar una postura del cuello inclinada mayor a 20° por lo que se le asigna 3 puntos y existe una inclinación lateral del cuello generando un +1 la puntuación final es de **4.**

Tronco: La puntuación del tronco dependerá de si el trabajador realiza la tarea sentada o de pie. En este último caso la puntuación dependerá del ángulo de flexión del tronco medido por el ángulo entre el eje del tronco y la vertical. La imagen 12 muestra las referencias para realizar la medición, esta puntuación será aumentada en un punto si existe rotación o inclinación lateral del tronco. Ambas circunstancias pueden ocurrir simultáneamente, por lo que la puntuación del tronco puede aumentar hasta en dos puntos Si no se da ninguna de estas circunstancias la puntuación del tronco no se modifica. Para obtener la puntuación definitiva del tronco puede consultarse la La puntuación del tronco se obtiene mediante la imagen 13.

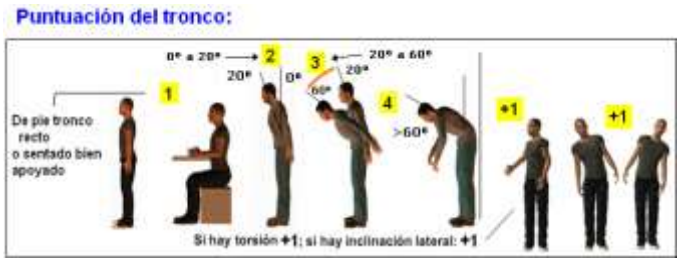


Imagen 12. Puntuación de tronco



Imagen 13. Estudio real de tronco

Como se puede observar el individuo se encuentra con una inclinación del tronco mayor a 60° asignándole una puntuación de 4 y un +1 de inclinación lateral. Quedando con una puntuación final de **5**.

Piernas: La puntuación de las piernas dependerá de la distribución del peso entre las ellas, los apoyos existentes y si la posición es sedente. La puntuación de las piernas se obtiene mediante la imagen 14.

ISSN 2007-3102

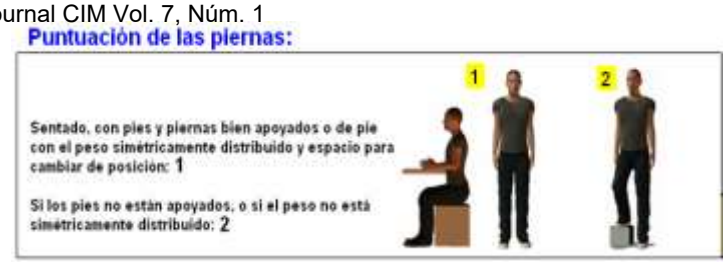


Imagen 14. Puntuación de piernas



Imagen 15. Estudio real de piernas

En esta acción del individuo se observa que los pies no están apoyados y el peso no está simétricamente distribuido. Asignándole una puntuación de **2**.

Una vez obtenidos estos datos se plasman para mayor entendimiento en el resumen de las tablas 1 y 2.

Tabla 1: Resumen de resultados de Grupo A

		Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
Brazo	Antebrazo	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabla 2: Resumen de resultados de Grupo B

	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
Cuello	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

 ISSN 2007-8102

Las puntuaciones globales de los Grupos A (9) y B (7) consideran la postura del trabajador. A continuación se valorará el carácter estático o dinámico de la misma y las fuerzas ejercidas durante su adopción, de acuerdo con la tabla 3. La puntuación de los Grupos A y B se incrementarán en un punto si la actividad es básicamente estática (la postura se mantiene más de un minuto seguido) o bien si es repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto). Si la tarea es ocasional, poco frecuente y de corta duración, se considerará actividad dinámica y las puntuaciones no se modificarán. **9+1 =10**

Tipo de actividad	Puntuación
Estática (se mantiene más de un minuto seguido)	+1
Repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto)	+1
Ocasional, poco frecuente y de corta duración	0

Tabla 3. Puntuación por tipo de actividad.

Por otra parte se incrementarán las puntuaciones anteriores en función de las fuerzas ejercidas. La Tabla 4 muestra el incremento en función de la carga soportada o fuerzas ejercidas**. 7 + 3**=10

Carga o fuerza	Puntuación
Carga menor de 2 Kg. mantenida intermitentemente	0
Carga entre 2 y 10 Kg. mantenida intermitentemente	+1
Carga entre 2 y 10 Kg. estática o repetitiva	+2
Carga superior a 10 Kg mantenida intermitentemente	+2
Carga superior a 10 Kg estática o repetitiva	+3
Se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas	+3

Tabla 4. Puntuación por carga o fuerza ejercida

Las puntuaciones de los Grupos A y B, incrementadas por las puntuaciones correspondientes al tipo de actividad y las cargas o fuerzas ejercidas pasarán a denominarse puntuaciones C y D respectivamente, estas permiten obtener la puntuación final del método empleando la Tabla 5. Ésta puntuación final global para la tarea oscilará entre 1 y 7, siendo mayor cuanto más elevado sea el riesgo.

	Puntuación D						
Puntuación C	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Tabla 5. Puntuación Final RULA

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Nivel de actuación

Nivel de Actuación: Obtenida la puntuación final la tabla 6, propone diferentes niveles de actuación sobre el puesto. Puntuaciones entre 1 y 2 indican que el riesgo de la tarea resulta aceptable y que no son precisos cambios. Puntuaciones entre 3 y 4 indican que es necesario un estudio en profundidad del puesto porque pueden requerirse cambios. Puntuaciones entre 5 y 6 indican que los cambios son necesarios y 7 indica que los cambios son urgentes. Las puntuaciones de cada miembro y grupo, así como las puntuaciones de fuerza y actividad muscular, indicarán al evaluador los aspectos en los que actuar para mejorar el puesto.

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

Tabla 6. Nivel de actuación.

Las implicaciones que trae como resultado esta evaluación es que mediante el método RULA, se puede identificar que los trastornos musculo- esqueléticos normalmente afectan a la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores, mismas que evalúa dicho método y aunque también pueden afectar a las extremidades inferiores, como lo es las piernas. Sin embargo comprenden cualquier daño o trastorno de las articulaciones y otros tejidos. Los problemas de salud abarcan desde pequeñas molestias y dolores a cuadros médicos más graves que obligan a solicitar la baja laboral e incluso a recibir tratamiento médico. En los casos más crónicos, pueden dar como resultado una discapacidad y la necesidad de dejar de trabajar.

La mayoría de los TME relacionados con el trabajo se desarrollan a lo largo del tiempo. Normalmente no hay una única causa, sino que son varios los factores que trabajan conjuntamente. Entre las causas físicas y los factores de riesgos organizativos se incluyen:

- Manipulación de cargas, especialmente al agacharse y girarse
- Movimientos repetitivos o forzados
- Posturas extrañas o estáticas
- Vibraciones, iluminación deficiente o entornos de trabajo fríos
- Trabajo a un ritmo elevado
- Estar de pie o sentado durante mucho tiempo en la misma posición

Mismas actividades que son desarrolladas por esta actividad del cultivo de la semilla de la caña.

Trabajo a futuro

Una vez identificados y cuantificado por el método RULA, las lesiones musculo- esqueléticas que este trabajo puede ocasionar a los trabajadores, el trabajo futuro, es con la ayuda de la ergonomía, buscar las herramientas necesarias, así como las posiciones idóneas que pueden adoptar los trabajadores de esta actividad, para poder prevenir una enfermedad profesional.

Conclusiones

 ISSN 2007-8102

Se lograron cuantificar las diversas posiciones con la ayuda del método RULA, analizando mediante un estudio de campo, así como con la ayuda de imágenes y videos, para mayor precisión en el momento de realizar la evaluación, cabe señalar que esta actividad es una de las más antiguas de la región y por tal motivo utilizan poco equipo de protección personal, por tal motivo, las lesiones suelen ser mayores, así como el tiempo promedio que le dedican a esta actividad es de al menos 6 horas diarias, por un tiempo de entre 3 y 4 meses al año, posteriormente desempeñan otra actividad pero es muy similar a esta, produciendo daños muy similares.
Además de permitir identificar los posibles riesgos a los que están expuestos si no se logra modificar esta actividad, causando enfermedades profesionales o daños severos a la salud.

Referencias

1. Antonio, d. -m. (01 de 08 de 2019). *Ergonautas*. Obtenido de https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php

2. Madrid, A. d. (01 de 08 de 2019). *AjeMadrid.* Obtenido de http://www.ajemadrid.es/wp-content/uploads/aje_ergonomicos.pdf

3. Saludiario. (05 de 08 de 2019). *Saludiario, el medio para médicos.* Obtenido de https://www.saludiario.com/mexico-destina-menos-de-4-por-ciento-del-pib-a-enfermedades-musculoesqueleticas/

Optimización de los procesos del almacén en una empresa Metalmecánica mediante Simulación en FlexSim

K. L. Avilés Coyoli [1], L.G. Aldana Alfaro [1], S.Martínez Pagola[2] J, González Nava[1],*

[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Pachuca, Departamento de Ingeniería Industrial. [2]Departamento de Sistemas y Computación. Carretera México - Pachuca Km. 87.5, C.P. 42083, Colonia Venta Prieta, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

** katiacoyoli@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente proyecto está dirigido hacia la optimización de los procesos en el almacén de la empresa metalmecánica IBM ubicada en la ciudad de Pachuca Hidalgo, con el fin de mejorar su funcionamiento y gestión por medio de la simulación. La metodología utilizada fue una adaptación a la propuesta por (Law & Kelton, 2010). Una vez construido y validado el modelo se evaluó con el Software *FlexSim* 2018 la alternativa de una nueva distribución en el sistema inicial logrando la optimización del tiempo de recorrido en un 52.3% y el tiempo de operación en un 37.95 % fortaleciendo de esta manera la toma de decisiones gerenciales en la empresa sin necesidad de construir, destruir o perturbar el sistema en cuestión.

***Palabras clave**: Almacén, simulación, FlexSim, Optimización.*

Abstract

This project is aimed at optimizing processes in the warehouse of the metalworking company IBM located in Pachuca Hidalgo city, in order to improve its operation and management through simulation. The methodology used was an adaptation to the one proposed by (Law & Kelton, 2010). Once the model was built and validated, the alternative of a new distribution in the initial system was evaluated with the *FlexSim* 2018 Software, achieving the optimization of the travel time by 52.3% and the operating time by 37.95%, thus strengthening the intake of managerial decisions in the company without the need to build, destroy or disturb the system in question.

***Key words**: Warehouse, simulation, FlexSim, Optimization.*

Introducción

En la actualidad, las empresas sin importar su tamaño buscan cada vez más el acercamiento a la competitividad, la mejora continua de los procesos, además de estrategias que permitan alcanzar sus niveles de éxito, reduciendo costos y mejorando el resultado final en el menor tiempo posible favoreciendo así la toma de decisiones (Labarca, 2007). Es así que mediante la optimización de los procesos se logran resultados consistentes, dirigidos y alineados con los objetivos de las empresas y a través de la gestión estos se identifican, diseñan, modelan, organizan, documentan, miden, monitorean y mejoran de forma continua (Alva, 2016).

En este sentido la Simulación se ha convertido en una herramienta que permite determinar y observar el comportamiento de los procesos, las fallas que se encuentren o se pudieran presentar en el sistema, permitiendo saber qué es lo que ocurriría en un proceso al modificar una o varias variables, lo que permite obtener la mejora de resultados y hacer cualquier cambio pertinente en él (Caselles, 2008). Así mismo, el hecho de diseñar el modelo de un sistema y simularlo, acelera la comprensión del proceso o del sistema que se esté evaluando logrando explicar, capacitar, mejorar y probar cualquier posible solución.

Atendiendo a estas consideraciones se desarrolló este proyecto enfocado a la optimización de los procesos del almacén en la empresa IBM Maquinados, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo; la cual está dedicada a la fabricación de equipos y refacciones industriales para la industria minera de la región y del país. Las principales problemáticas detectadas fueron: la deficiencia en los procesos del almacén generada por los excesivos tiempos de recorrido y de proceso influyendo estos factores en el desempeño del área productiva, aunado a lo anterior se detectó una deficiente distribución del área debido a la falta de un orden y clasificación de materia, producto terminado y herramental, siendo el objetivo de este trabajo el optimizar los procesos de

recepción, almacenamiento y suministro para agilizar el funcionamiento y control del almacén, con la ayuda de la simulación como herramienta de evaluación.

Metodología

El desarrollo del proyecto se dividió en 6 etapas (Figura 1), realizando una adaptación a la metodología propuesta por Law & Kelton (2010), quien definió 10 etapas: 1. Formulación del problema y plan de estudio, 2. Recolección de datos y definición del modelo, 3. Validación del modelo preliminar 4. Construcción del modelo en computadora y verificación, 5. Realizar corridas piloto, 6. Validación del modelo en computadora 7. Diseño de experimentos, 8. Realizar corridas del modelo, 9. Analizar datos de salida, 10. Documentación, presentación e implementación de resultados, en la adaptación se agrega el análisis inicial del sistema (1), las etapas 5, 6, 7, 8 y 9 propuestas por Law & Kelton, se integraron en la última etapa (6) de la metodología adaptada (Figura 1), considerando que la documentación se realiza durante el desarrollo del proyecto.

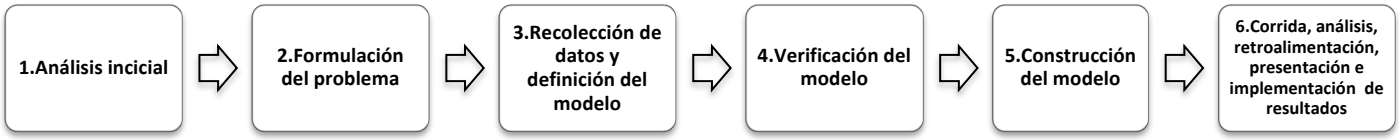


Figura 1. Metodología empleada.

1. Análisis Inicial

Se realizó un análisis inicial de la situación en la que se encontraba el almacén de la empresa, estudiando los flujos de materiales, personas, logística, producción de las áreas de trabajo y recabando la información necesaria que permitiera determinar las posibles áreas de mejora en el área.

2. Formulación del problema

Una vez detectadas y jerarquizadas las problemáticas detectadas se determinó que el problema principal del almacén era la deficiencia en los procesos de recepción, almacenamiento y suministro de materiales, causada por la incorrecta distribución en esta área.

3. Recolección de datos y definición del modelo.

En esta etapa se llevaron a cabo actividades como la definición del sistema, de las variables de interés, el diseño de las plantillas para recolección de datos, la recolección de datos y finalmente los análisis estadísticos de las muestras obtenidas, en la Tabla 1 se presentan los tres productos que se gestionan dentro del almacén y que para efectos de la simulación fueron denominados: entidades, sus atributos, variables, recursos, localización y eventos para cada uno de éstos.

Tabla 1. Componentes del Almacén desde el enfoque de la Simulación.

Sistema	Entidades	Atributos	Variables	Recursos	Localización	Eventos
Almacén	Materia prima	Tipo de material, peso, medidas	Tamaño, medidas, composición	Camionetas, carros de carga, obreros	Zona de recepción y almacenamiento	Llegada de materia prima, inspección, registro
	Herramental	Variedad de herramientas mecánicas	Cantidad de herramienta, medidas, tiempo de vida	Cajas de herramienta, obrero	Zona de almacenamiento y suministro	Solicitud y entrega de cajas de herramienta, acomodos, y recolección
	Producto Terminado	Volumen, modelos de producto terminado	Precio, tiempo de entrega, volumen de pedido	Cajas, carros de carga, obrero	Zona de almacenamiento y embarque	Inspección, etiquetado, empaquetado, aprobación

 ISSN 2007-8102

Previo a la simulación de un sistema los diagramas de flujo pueden utilizarse para analizar las interacciones en un sistema existente o para modelar uno nuevo, en la Figura 2 se muestra el diagrama para el suministro de herramental en el almacén de la empresa. Con la ayuda de éstos se diseñaron los formatos para la recolección de los datos de entrada para poder llevar a cabo el modelo de simulación (Fig. 3). Estas actividades se realizaron para cada uno de los procesos en el almacén que consisten en la recepción, almacenamiento o suministro de materia prima MP), suministro de herramental (H) y producto terminado (PT), con la finalidad de analizar las actividades desarrolladas para cada proceso.

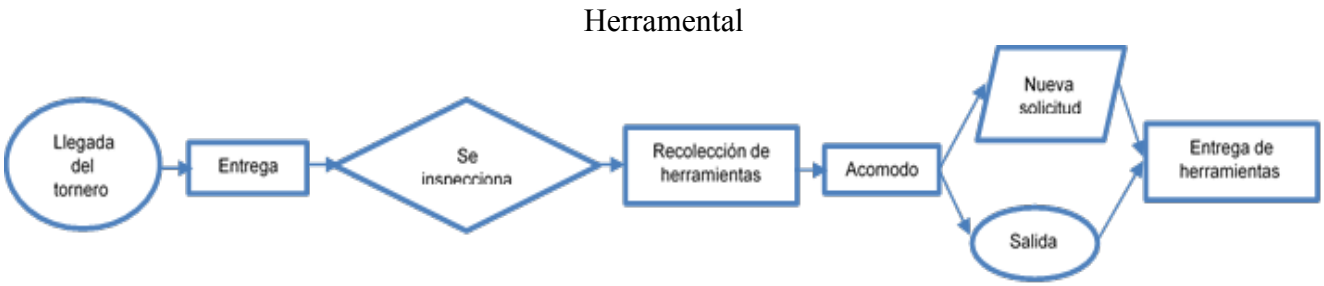


Figura 2. Diagrama de Flujo del proceso de suministro de herramental.

Una vez identificado el flujo de información en cada proceso y definidas las variables de interés se realizó la recolección de datos. Se registraron 30 observaciones para para cada proceso en el periodo del 15 de abril al 10 de mayo 2018, los tiempos están en segundos para cada una de las variables de interés definidas en el modelo, en la Figura 3 se muestran los datos para el proceso de recepción de materia prima cuyas variables son: x1=llenado de la hoja de revisión, x2=toma de medidas de la pieza, x3=recorrido interior, x4=acomodo en anaquel, x5=llenado de información en el escritorio y x6=registro de información en la base de datos. Este registro de tiempos se realizó para cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el almacén de la empresa (suministro de herramental y producto terminado).

		1	Materia Prima					
	Fecha de realizacion:	21 de Abril de 2018	Proceso :	Materia prima	Operario:	Victor		
	Seccion/ Area:	Almacen	Material:	Acero 1018	Aprovacion:	X		
	X1	X2	X3	X4	X5	X6		
n	Hoja de revision	Toma de medidas	Recorrido a interior	Acomodo en anaquel	Escritorio	Registro en base de datos	Total	Turno
1	7.67	10.33	14.33	8.66	13.57	75.28	129.84	1
2	7.32	9.45	15.12	8.25	13.3	76.67	130.11	1
3	7.23	10.21	15.02	9.32	12.78	78.66	133.22	1
4	7.03	10.45	15.53	8.22	13.12	75.92	130.27	1
5	6.91	10.79	14.45	8.14	13.57	76.15	130.01	1
6	7.66	9.93	14.95	8.98	13.59	76.85	131.96	1
7	7.9	11.3	15.17	8.17	13.4	76.23	132.17	1
8	8.09	10.67	15.66	8.56	13.85	73.54	130.37	1
9	9.55	10.99	17.26	8.57	13.19	78.3	137.86	1
10	7.27	10.13	15.97	9.15	14.98	79.58	122.1	1
11	6.98	10.25	15.84	8.85	13.39	76.84	131.95	1
12	7.63	10.07	15.73	8.43	13.94	75.63	131.43	1
13	7.94	10.97	15.64	8.55	13.65	76.53	133.28	1
14	7.36	10.06	14.98	8.54	13.86	76.64	131.44	1
15	7.09	10.89	15.39	8.05	13.76	76.93	132.11	1
16	8.05	10.19	15.54	8.25	13.06	76.84	131.93	1
17	7.64	10.43	15.06	8.96	13.42	76.43	131.94	1
18	7.93	10.84	15.94	8.65	13.86	75.54	132.76	1
19	7.12	10.93	16.03	8.76	13.43	78.54	134.81	1
20	7.45	10.67	15.93	8.84	13.23	76.44	132.56	1
21	7.87	10.42	15.43	8.65	13.85	79.85	136.07	1
22	7.67	10.25	15.73	8.04	13.64	76.54	131.87	1
23	7.64	10.78	14.16	8.63	13.32	75.96	130.49	1
24	7.36	10.15	15.97	8.52	13.01	76.94	131.95	1
25	6.79	10.85	15.48	8.43	12.96	77.94	132.45	1
26	7.29	11	15.93	8.81	13.75	77.54	134.32	1
27	7.98	11.05	14.96	8.02	13.65	77.43	133.09	1
28	7.39	10.93	14.1	8.28	14.65	79.96	135.31	1
29	6.59	10.68	15.87	8.63	13.89	76.23	131.89	1
30	7.68	10.34	15.67	8.96	13.65	76.44	132.74	1

Figura 3. Plantilla de recolección de datos.

Una vez recolectados los datos para cada uno de los procesos, se realizó el ajuste de datos mediante el uso del software *EasyFit,* con el fin de determinar las distribuciones estadísticas para cada uno los tres diferentes procesos y sus variables de interés (Tabla 2).

Tabla 2. Ajuste estadístico de datos para las variables de interés con el software *EasyFit.*

Proceso	Variable de interés	Distribución
Recepción, almacenamiento o suministro de materia prima (MP)	Hoja de revisión	Gamma
	Toma de medidas	Weibull
	Recorrido interior	Normal
	Acomodo en anaquel	Erlang
	Escritorio	Normal
	Registro en la base de datos	Erlang
Suministro de herramental (H)	Llegada de tornero	Weibull
	Inspección de herramienta	Weibull
	Llenado de nueva hoja de herramienta	Weibull
	Recolección de herramienta	Gamma
	Salida	Weibull
	Reacomodo	Weibull
Producto Terminado (PT)	Inspección	
	Limpieza	uniforme
	Empaquetado	Uniforme
	Etiquetado	Weibull
	Registro	Uniforme
	Acomodo	Weibull

4. Verificación del modelo.

Una vez que se realizó el modelo conceptualmente, este fue avalado por el personal del almacén y responsables de la gerencia de la empresa. El siguiente paso dentro de esta etapa fue calcular el número óptimo de corridas (réplicas) para la simulación, tomando en referencia los datos recolectados en la etapa anterior. Según (Vales, 2008) para una población n_1 de 30 o menos elementos, el cálculo óptimo de las simulaciones está dado por la ecuación 1. Resultando que el número de réplicas óptimo para el modelo de simulación fue de 13.

$$n = \frac{s^2(t_{n1-1,\alpha/2})^2}{K^2} \quad \text{.....ecuación 1}$$

Dónde:

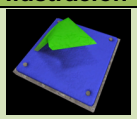
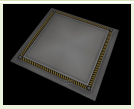
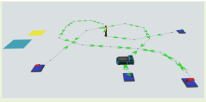
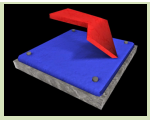
t=estadístico de la distribución t student
K=Desviación absoluta máxima permitida sobre la media de la distribución a simular
S^2= Estimados de la variación de la distribución a simular

5. Construcción del modelo

El montaje de simulación fue realizado en el programa *FlexSim* 2018, este Software permite modelar, simular, predecir, visualizar y entender con precisión problemas de sistemas de manufactura y logística sin la necesidad de programaciones complicadas (Simón *et. al*. 2013), en la Tabla 3 se muestran los elementos que se utilizaron para el desarrollo del modelado del sistema.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Elementos de la simulación en FlexSim.

Elemento	Ilustración	Función
***Source* (3)**		Generan el abastecimiento de material (Materia Prima, Producto Terminado y Herramental)
***Queue* (2)**		Funcionan como almacenes temporales antes de realizar alguna acción con los elementos dentro del sistema.
***Racks* (6)**		Tienen la función de mantener los productos, su función es tal cual en el sistema real
***Processor* (2)**		Estos dos tienen la función de recepción y suministro.
***Operator* (1)**		Este elemento cubrirá la función del operario como en el sistema real.
Networknodes		Nos permiten el traslado dentro del sistema, simulando las rutas que pudiera tomar el operario.
***Sink* (1)**		Nos permita darle salida a los elementos que estén dentro del sistema (Materiales)

La Figura 4 muestra el modelo inicial del almacén, se utilizaron medidas reales mediante la adecuación del plano del almacén, con la ayuda de la recolección de datos, se utilizaron tiempos reales entre los procesos desarrollados en el área.

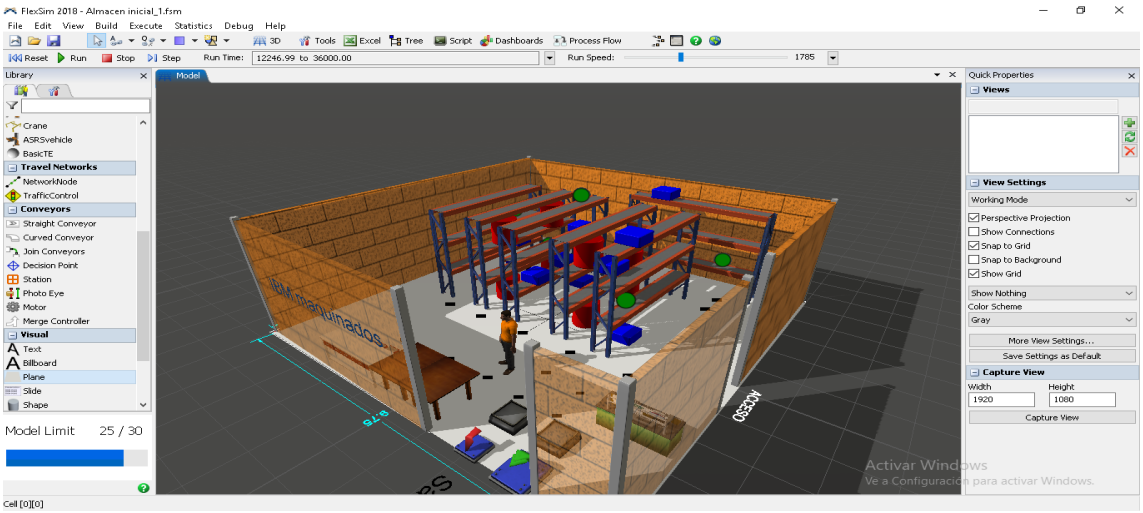


Figura 4. Simulación del sistema inicial

 ISSN 2007-8102

Una vez que se modeló el sistema inicial, se desarrolló el modelo propuesto del sistema basado en una adaptación de la metodología ABC, la cual consistió en definir el grado de utilización de cada material por cada área ya que anteriormente se encontraban sin orden alguno mezclándose indiscriminadamente la materia prima (MP), producto terminado (PT) y herramental (H). La clasificación fue: A para MP (*rack* amarillo), B para PT (*rack* azul) Terminado y C para H (*rack* naranja), logrando de esta manera delimitar las áreas y la ubicación de cada uno en el almacén, dando pauta a una nueva distribución de éste. En la Figura 5 se puede observar la distribución inicial y la propuesta (ambas se realizaron con el software *AutoCad*) basada en la adaptación de la metodología, se percibe la delimitación de áreas y pasillos.

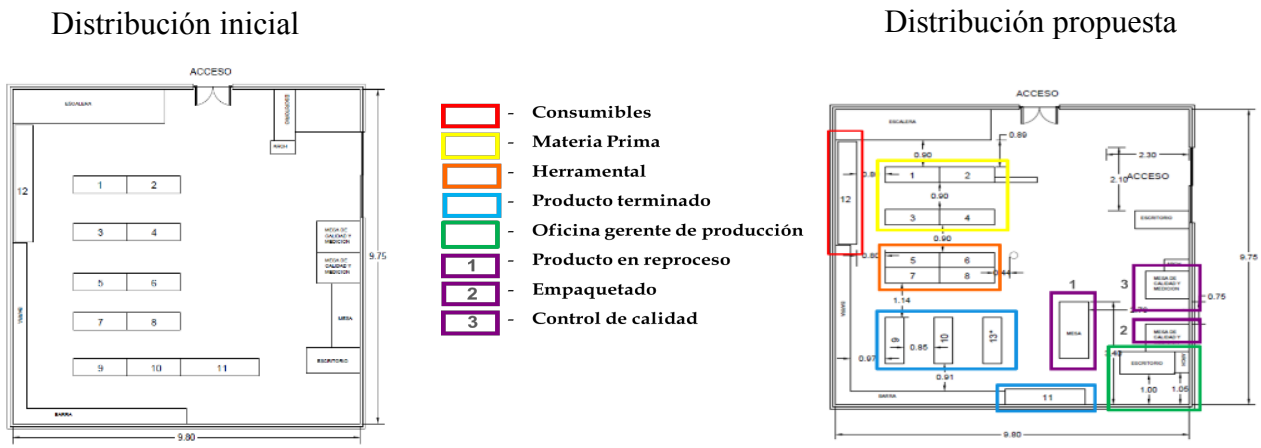


Figura 5. Distribución Inicial y propuesta

Una vez teniendo los criterios de la nueva distribución, se modeló la propuesta del nuevo *Layout* como se observa en la Fig. 6, en base a la metodología antes mencionada.

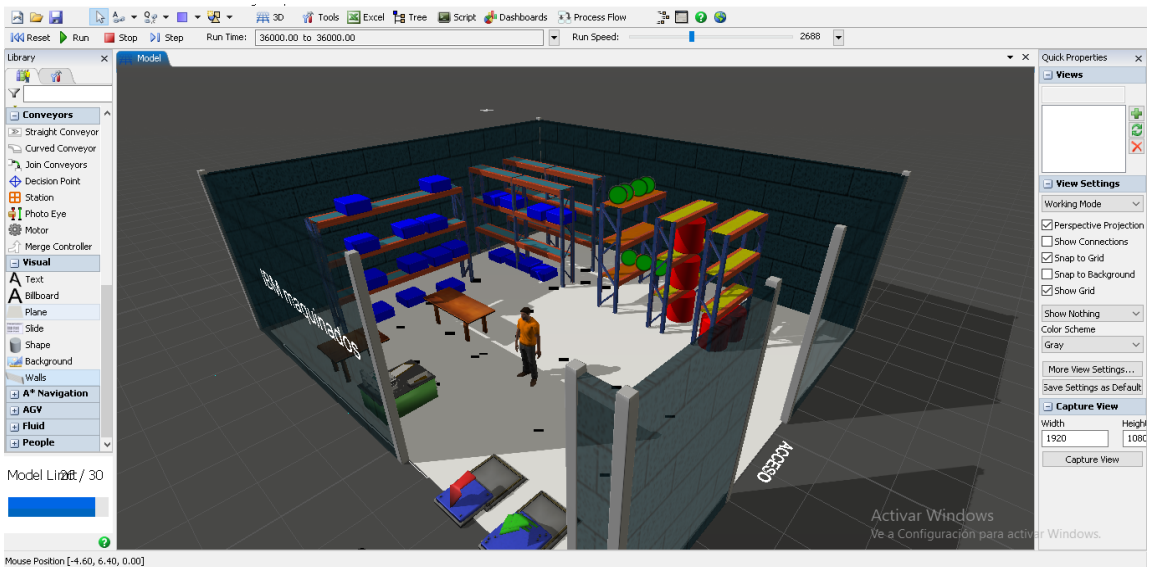


Figura 6. Simulación del modelo propuesto.

6. Corrida del modelo y análisis de resultados.

Una vez concluidas las réplicas del modelo original y del modelo propuesto, se analizaron las siguientes medidas de desempeño: tiempo de proceso, porcentaje de utilización, tiempo y distancia de recorrido. En la Figura 7 se

 ISSN 2007-8102

muestra un comparativo entre los tiempos de proceso evaluados en el modelo propuesto de simulación respecto a la situación inicial del almacén, se puede observar que con la implementación de la nueva distribución los tiempos de proceso disminuyen en un 18.8%,11.9% y 28.3 % respectivamente para cada operación.

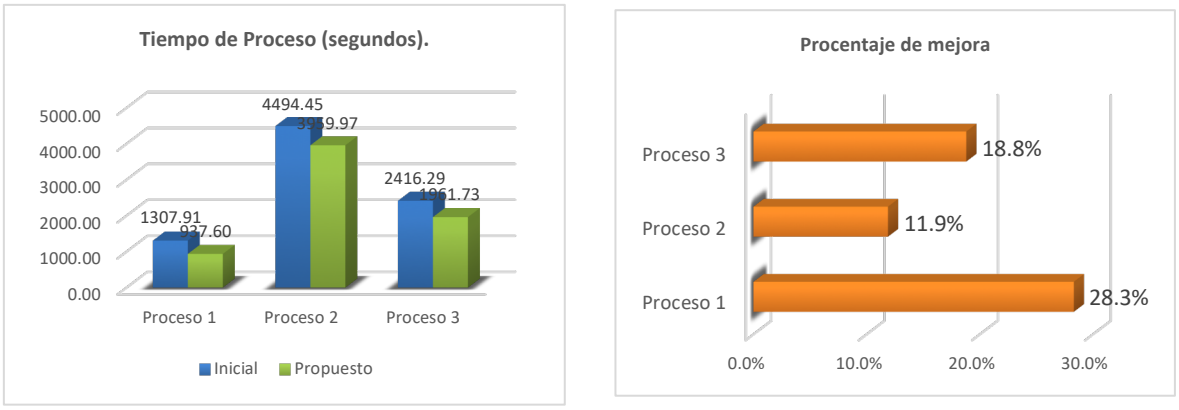


Figura 7. Comparación de los tiempos de proceso y el porcentaje de mejora

La Figura 8 muestra el porcentaje de utilización para cada uno de los *racks* instalados dentro del almacén antes y después de la propuesta de mejora, logrando que estos elementos tengan ahora un mayor aprovechamiento en el área.

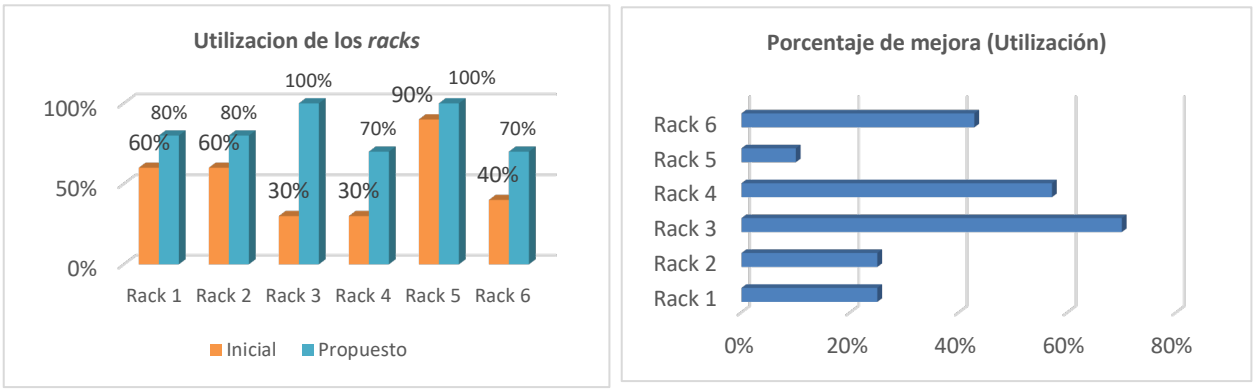


Figura 8. Porcentaje de utilización de *racks* en el almacén.

Respecto a los tiempos de recorrido y distancia que los trabajadores recorren en el almacén, en la Figura 9 se observa un porcentaje de mejora de 31.8% y 52.3 % respectivamente.

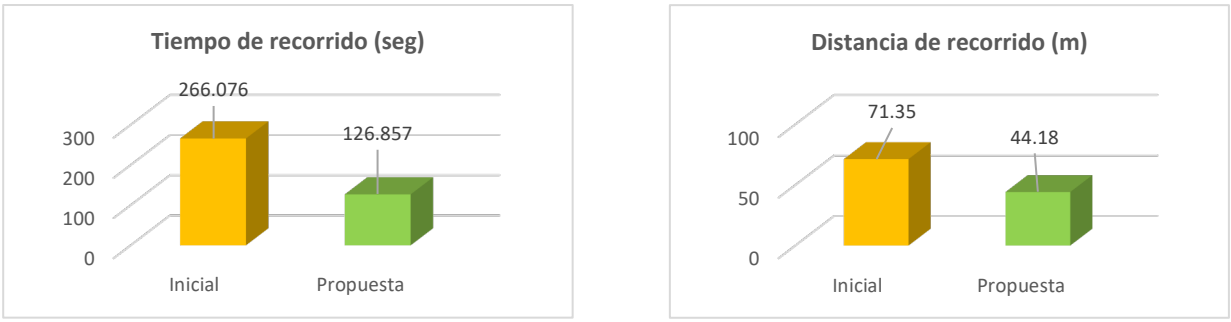


Figura 9. Tiempo y distancia de recorrido.

Resultados y discusión

La propuesta de la nueva distribución cumplió con su objetivo, el cual era mejorar los procesos desarrollados en el almacén, desde la reducción de tiempos, distancias, recorridos, y utilización de las áreas. Los rangos de mejora para los tiempos de proceso disminuyeron en un intervalo de 11 a 28%, demostrando que la distribución inadecuada del almacén interrumpía el desarrollo de las operaciones haciéndolas tardías. Por otra parte la simulación permitió evaluar la utilización de los *racks*, dando lugar a una mejor asignación y aprovechamiento de los espacios, aumentando el porcentaje de utilización de éstos desde un 20 a 70%. Uno de los principales problemas eran los excesivos tiempos y las distancias de recorrido, gracias a la simulación se logró observar un porcentaje de mejora, reduciendo los tiempos de recorrido de 266.07 segundos a 126.85 y la distancia que los trabajadores transitaban de 71.35 metros a 44.18.

Conclusiones

Una vez finalizado este trabajo es posible afirmar que la simulación se basa en el análisis de un modelo del sistema real permitiendo experimentar con él de manera que se puedan hacer cambios que ayuden o mejoren el proceso mismo, sin que se afecte el sistema real (Cantú 1996). En este sentido el software *FlexSim* es un programa de simulación que permite crear modelos semejantes a los reales con gran facilidad permitiendo evaluar las propuestas de mejora y ajustar la información facilitando así la toma de decisiones. Se destaca la reducción de los tiempos de los procesos de recepción, almacenamiento y suministro en un 18.8%, 11.9% y 28.3% respectivamente. Con la adaptación de la Metodología ABC se logró el aumento en la utilización de los *racks* en un 20% y 70% y finalmente con la nueva distribución implementada en el Software se redujo la distancia de recorrido en un 38.91% y el tiempo de recorrido en un 52.3%. Por último con las mejoras en los procesos del almacén fue posible coadyuvar en la optimización de los procesos en esta área sin necesidad de alterar el sistema real contribuyendo también en la toma de decisiones en la empresa.

Referencias

1.Alva, G. (2016). *GESTIÓN*. Obtenido de ¿Cuáles son las ventajas de optimizar los procesos en las empresas?: https://gestion.pe/tendencias/son-ventajas-optimizar-procesos-empresas-121297-noticia/

2. Cantú D., J. H. (1996) “Simulación y modelos estocásticos”, Editorial McGraw Hill, México.

3.Caselles, A. (2008). *MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS COMPLEJOS*. Universitat de València.

4.Labarca, N. (2007). Consideraciones teóricas de la competitividad empresarial. *Omnia*, *13*(02), 158–184.

5.Law, A., & Kelton, D. (2010). *SIMULATION MODELING ANALYSIS*. McGRAW· Hlll.

6.Simón-marmolejo, I., Santana-robles, F., Granillo-macías, R., Piedra-mayorga, V. M., & Autónoma, U. (2013). La simulación con FlexSim , una fuente en las operaciones de un sistema híbrido. *Científica*, *17*(1), 39–49.

7. Vales, G. (2008). *Apuntes de Simulación .* Acapulco, Mexico. : Instituto Tecnologico de Acapulco .

Análisis de costos logísticos en una cadena de suministro del sector agroindustrial. Estudio de caso.

O. Yañez Hernandez[1], M. de la Garza Carranza[1]. J. Gonzalez Farias[1], E. Guzmán Soria[1]*
[1]Departamento de ciencias económico-administrativas, Tecnológico Nacional de Mexico en Celaya, Antonio García Cubas 1200, Alfredo Vázquez Bonfil C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, México
**m1903022@itcelaya.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente artículo pretende mostrar elementos para el análisis, control y evaluación del complejo sistema de costos logísticos en las organizaciones del sector agroindustrial. De acuerdo con esto, se presenta un breve marco conceptual y se propone un procedimiento práctico para la determinación de los costos logísticos, aplicado en una empresa. Para el estudio de caso, fue seleccionada una empresa del municipio de Celaya, Guanajuato, dedicada a la producción y distribucion de fertilizantes. A continuación, se realiza un análisis tanto horizontal como vertical a la estructura de costos logísticos causados en dos periodos consecutivos. Al final, se relacionan valiosas conclusiones que pueden tomarse como reflexión para controlar y reducir el impacto de los costos logísticos en la rentabilidad y productividad de las organizaciones del sector agroindustrial.

***Palabras clave**: Costos logísticos, costos de distribución, plan de mejoramiento, costos de servicio al cliente.*

Abstract

This article pretends to show elements for the analysis, control and evaluation of the complex system of logistics costs in organizations in the agribusiness sector. Accordingly, a brief conceptual framework is presented, and a practical procedure is proposed for the determination of logistics costs, applied in a company. For the case study, a company from the municipality of Celaya, Guanajuato, dedicated to the production and distribution of fertilizers was selected. Next, a horizontal and vertical analysis of the structure of logistics costs caused in two consecutive periods is carried out. In the end, valuable conclusions are related that can be taken as reflection to control and reduce the impact of logistics costs on the profitability and productivity of organizations. In the end, valuable conclusions are related that can be taken as reflection to control and reduce the impact of logistics costs on the profitability and productivity of organizations in the agribusiness sector.

***Key words**: Logistic costs, distribution costs, improvement plan, customer service costs*

Introducción

En la mayoría de las empresas, se han hecho esfuerzos por mejorar en este importante tema relacionado con los costos logísticos. Lo cierto es que, en sus diferentes categorías, se logran, afectando por lo general un porcentaje de las ventas.

El objetivo de este trabajo radica en la necesidad de buscar una forma de analizar la repercusión de los costos logísticos, que contribuya efectivamente para evaluar el

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

cumplimiento de las funciones de la logística en cada vinculo de la cadena de suministro y su relación con el nivel de servicio ofertado.

En este artículo, se pretende analizar cómo los costos logísticos inciden en el proceso de crear valor para clientes, proveedores y para la misma empresa.

Para la empresa “ABC” el establecimiento de una estructura de costos logísticos, será utilizada como una herramienta por la administración para la toma de decisiones, le permitirá satisfacer sus necesidades de recolección y análisis de los costos logísticos con celeridad y con alto grado de confiabilidad a fin de permitir fijar acciones de mejora continua en sus actividades.

Ninguna actividad que se realiza en las organizaciones está libre de costo. Por ejemplo, mantener un elevado nivel de servicio al cliente implica una respuesta inmediata de tiempo, lugar e incluso de inventarios (existencias y almacenamiento) y esto cuesta. Uno de los resultados del artículo es indicar hasta dónde se pueden controlar los costos logísticos cuando se busca un equilibrio con el nivel de servicio ofrecido al cliente.

En el contexto que nos desenvolvemos, los costos logísticos están disgregados en varias actividades, lo cual dificulta su adecuada identificación y análisis, no obstante, se presentan en el presente trabajo algunos aportes para al menos ubicarlos en algunas categorías, propuestas en las fuentes bibliográficas que se han consultado, y que se relacionan en la bibliografía.

La metodología empleada para la redacción de este documento consistió en la revisión de varias fuentes bibliográficas conformadas por textos especializados de reconocidos autores, consultas realizadas en revistas de logísticas tanto físicas como virtuales y el conocimiento de las actuales políticas de logística que están en uso actualmente.

Marco conceptual

Para una mejor comprensión de los costos logísticos, es conveniente presentar algunos conceptos claves en el desarrollo del presente trabajo:

Costos logísticos: son los costos en que incurre la empresa u organización para garantizar un determinado nivel de servicio a sus clientes y proveedores. Existen varias formas para su clasificación, pero los autores se acogen a la propuesta de Ballou [2004]: Costos de distribución, costos de suministro físico, y costos de servicio al cliente.

Costos de distribución: Es quizá el costo más significativo dentro de los costos logísticos. Incluye entre otros los siguientes elementos: costos de transportes de productos terminados, inventarios de productos terminados, costo de procesamiento de pedidos y costos de administración y gastos generales asociados a la distribución. (Ver análisis vertical y horizontal presentado más adelante). Toda empresa hace inversión en equipos de transporte o subcontrata este servicio para realizar la distribución de sus productos y obviamente estas acciones implican erogación de recursos financieros importantes.

Costos de suministro físico: Son costos que tienen que ver con: transporte de bienes de suministro o insumos, costo de inventarios de bienes de suministro o insumos, costo de procesamiento de pedidos, costo de almacenamiento, costo de administración y gastos

 ISSN 2007-8102

generales asociados a los costos de suministro. Téngase en cuenta que este costo posee categorías similares al de los costos de distribución y en ambos casos es necesario ejercer control.

Costos de servicio al cliente: Su cálculo no es fácil y debe determinarse una medida o base del servicio logístico para poder hacer la comparación, como por ejemplo la medición del servicio de distribución en función del porcentaje de entregas desde el almacén en un día, establecer el porcentaje promedio de inventario, número y porcentaje de pedidos atrasados, tiempo total del ciclo de pedidos para el procesamiento normal y para pedidos atrasado, entre otros.

Metodología

Una forma práctica para determinar los costos logísticos con un buen nivel de confianza se presenta a continuación:

3.1 Desagregar los costos logísticos según las categorías establecidas.

3.2 Establecer las bases de cálculo de cada uno de los elementos de los costos logísticos por categoría.

3.3 Elaborar el informe de costos y servicios logísticos.

3.4 Hacer análisis de los resultados.

3.5 Validar los resultados.

3.6 Elaborar un plan de mejoramiento incluyendo indicadores de costos logísticos.

A continuación, se hace una descripción detallada de los numerales 3.1 y 3.2:

• Costos de distribución:

Costos de transporte: en este caso pueden considerarse dos tipos de transporte: Transporte de bienes entre productores y almacenes distribuidores y transporte de productos desde los almacenes distribuidores hacia los puntos de venta y clientes finales.

El primero, conocido también como transporte de larga distancia o transporte principal puede efectuarse por medios terrestres (ferrocarril y camión), aéreos (avión), marítimo y fluvial.

El segundo, transporte de distribución por su especialización, normalmente se hace con personal y medios de la propia empresa. Cuando este servicio se contrata se hace con la modalidad de auto patrones donde prima la exclusividad hacia la organización.

¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para su cálculo?

El costo total de transporte está determinado por la sumatoria de los diferentes costos que conforman la cadena de transporte. Cuando el servicio es prestado por un operador o proveedor de transporte, el costo se refleja en la respectiva factura.

Si el servicio de transporte es efectuado por medios propios, suele hacerse una clasificación de este costo en costos fijos y costos variables.

 ISSN 2007-8102

Como costos fijos se consideran: mantenimiento (parte) de los equipos o vehículos, administración y sistemas de información, amortización (parte), interés (constituidos por el costo de oportunidad de inversión en activos fijos), gastos generales (personal directivo y administrativos), alquileres y tarifas, licencias de transporte, personal de conducción y en ocasiones el pago de horas extras de los conductores y personal auxiliar en este rubro.

Los costos variables pueden ser: mantenimiento (parte), consumo de combustible, de aceite, de neumáticos. Esta información puede obtenerse en las respectivas hojas de los equipos o vehículos.

• **Costos de suministro físico:** los costos de transporte asociados a este rubro se calculan en forma idéntica al descrito en la sección anterior. Otros costos de esta categoría son:

Costo de los pedidos: comprende el conjunto de gastos necesarios para el reabastecimiento de insumos o productos o renovación del inventario. En este costo es conveniente considerar costo de la mano de obra (personal de compras y del almacén), gastos inmobiliarios (superficie y mantenimiento de la oficina y del almacén) deudas pasivas, costo del suministro, comunicaciones, recepción e inspección. Existen empresas que según su organización interna descomponen estos costos en fijos y variables.

Costo de almacenamiento: Tawfik [2005] afirma que el costo anual de almacenamiento puede oscilar entre el 14% y 36% del valor promedio de los productos almacenados. Son elementos de esta categoría el valor promedio de los inventarios (determinados por año), intereses sobre la inversión (estimados aplicando por ejemplo la tasa bancaria o su equivalente), gastos de seguros (pueden variar entre el 1% y 3% del valor promedio del inventario), impuesto predial (representados entre el 2% y 4% del valor inmobiliario- terreno y almacén), mano de obra (incluye los salarios pagados a los trabajadores por el control y la manipulación de inventarios), costos de ocupación o de espacio (se puede estimar aplicando una tasa entre el 1% y 5% para la depreciación), costo de obsolescencia (que puede estar representado entre un 4% y un 10% del valor promedio del inventario) y costo de deterioro (expresado como 1% del valor promedio del inventario).

Costos de administración logística: en este costo se identifican tres grupos de actividades asociadas a la administración de los inventarios: tareas relacionadas con las entradas (generación de etiquetas de ubicación, identificación de los productos recibidos, control de calidad y cantidad de los insumos y bienes recibidos, etc.), tareas relacionadas con las salidas y expediciones (elaboración de listas de empaque, remisiones, edición de órdenes de extracción, y órdenes de picking, control de calidad para las expediciones, entre otros), y tareas asociadas con el control de existencias (por ejemplo, conteos físicos del inventario).

¿Cómo se calculan los costos de administración logística?

Existen dos componentes que pueden ayudar en este proceso: considerar el costo del personal dedicado a estas labores (jefes y responsables de la coordinación de estos trabajos) y el costo de hardware y software si las tareas administrativas están sistematizadas.

Gastos generales: Los aspectos relacionados con la identificación y posterior evaluación de otros costos logísticos distintos a los descritos anteriormente tiene un cierto nivel de complejidad porque los planteamientos organizativos del departamento de logística y su

 ISSN 2007-8102

tratamiento contable pueden originar cierta confusión de criterios y conceptos que hacen dispendiosa esta actividad.

Un método práctico que contribuye en la identificación de estos otros costos logísticos es lograr subdividir en forma adecuada las operaciones logísticas y tener en cuenta en cada una de ellas todos los recursos necesarios para el normal desarrollo de la gestión logística.

De esta manera, es conveniente considerar como gastos generales la parte proporcional que le corresponda de los gastos que la organización incurre por conceptos tan variados como: servicios contratados a consultores o asesores externos (agentes de aduana, asesoría jurídica, etc.), servicios generales prestados por la propia empresa, incluyendo el mantenimiento de sus instalaciones (por ejemplo, electricidad, agua, calefacción, limpieza, vigilancia, etc.), gestión y administración de accesorios logísticos (como palets, montacargas, etc.) y dirección general de la empresa y su personal indirecto involucrado en actividades logísticas.

Se conocen dos formas de determinar estos gastos generales: por asignación directa cuando el servicio es ejecutado por empresas externas, a partir de la factura excluyendo los impuestos y otros servicios que no tiene relación con las actividades logísticas. Si hay intervención del personal de la propia empresa es necesario conocer las horas trabajadas en estos servicios. La ampliación a estas horas del coeficiente de costo por hora laborada permite establecer el costo total que se debe asignar.

La otra forma es utilizando un coeficiente para la asignación: aquí es conveniente conocer previamente el costo anual de los recursos internos asociados con las operaciones logísticas y luego, aplicar el correspondiente coeficiente que sea proporcional al porcentaje anual de los recursos utilizados en estas operaciones.

Costos de servicio al cliente: en este rubro los costos logísticos no tienen sentido sino existe una medida del servicio logístico contra el cual se puede comparar. Lo ideal es conocer cómo se afecta todo el sistema logístico en lo relacionado con los ingresos. En los informes de gestión logística estos costos de servicio al cliente se manifiestan a partir de porcentajes de cumplimiento de entregas, de promedio de inventario, de pedidos totales, de porcentajes de ventas brutas como en el caso de devoluciones de los clientes por diferentes conceptos.

Conocidos en detalle los diferentes costos logísticos, se procede a elaborar (ó tomar como referencia datos de empresa) el informe de costos y servicios logísticos, a partir de dos periodos consecutivos (normalmente en forma anual) para efectuar los respectivos análisis. (Esta fase corresponde al numeral 3.3 del procedimiento propuesto).

Esta información puede apreciarse en la tabla 1 que se muestra en este artículo.

A partir del informe se realizan los respectivos análisis en forma vertical como en forma horizontal (3.4 y 3.5):

 ISSN 2007-8102

Costo de distribucion física	**Año 2018**	**Año 2017**	**Variacion**
Costo de transporte de bienes o productos terminados			
Costos de transporte entrada al almacén	174000	156600	11%
Costos de entrega de salida al almacén	213150	195750	8,90%
Costos de transporte en devoluciones	26100	21750	20%
Costos extra de entrega en pedidos atrasados	41760	37120	20%
Costo de inventario de productos de productos terminados			
Costos de inventario de productos en transito	19488	18096	7,70%
Costos de almacenamiento	76560	38280	100%
Costos de manejo de materiales	135720	120640	12,50%
Costos de inventario obsoleto	21576	20184	6,90%
Costos de procesamiento de pedidos			
Costos de procesamiento de pedidos de clientes	6739,6	63336	6,40%
Costos de procesamiento de pedidos de reabastecimiento	14790	14355	3%
Costos de procesamiento de pedidos atrasados	28072	22620	24,10%
Costos de administración y gastos generales			
Distribucion de gastos generales no asignados	18096	16588	9,10%
Costos de depreciación del espacio de almacenamiento	13467,6	13467,6	0%
Costos de depreciación del equipo de manejo de materiales	7830	7830	0%
Costos de depreciación del equipo de transporte	4698	6264	-25%
Costos totales de distribucion física	862703,6	752880,6	14,60%
Costos de suministro físico			
Costos de transporte de bienes de abastecimiento			
Costos de transporte de entrada a la planta	92800	111360	-16,70%
Costos de transporte acelerado	23200	27840	-16,70%
Costos de bienes de abastecimiento			
Costos de almacenamiento de insumos	23200	32480	-28,60%
Costo de manejo de insumos	20880	25984	-19,60%
Costo de procesamiento de pedidos			
Costo de procesamiento de pedidos de abastecimiento	6090	5481	11,10%
Costos de pedidos acelerados	1218	1096,2	11,10%
Costos de administración y gastos generales en bienes suministrados			
Asignación de gastos generales no asignados	4176	5104	-18,20%
Costos de depreciación del espacio de almacenamiento propio	2001	2001	0%
Costos de depreciación del equipo de manejo de materiales	3654	3654	0%
Costos de depreciación del equipo de transporte	2900	2900	0%
Total costos de suministro	180119	217900,2	-17,30%
Total costos de distribucion	862703,6	752880,6	14,60%
Total de costos logísticos	1042822,6	970780,8	7,40%

Tabla 1. Reporte de costos y servicios logísticos en la empresa “ABC”

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Tomando como base los costos de suministro físico para cada año, su distribución porcentual en sus componentes es:

Análisis vertical:

Costos de distribución: Representan el 82.7 % de los costos logísticos totales para el año 2018 y el 77.6% para el año 2017.

Costos de transporte de bienes o productos terminados: Año 2018: 52.7 % y año 2017, 54.6% Costo de inventario de productos terminados: Año 2018: 29.4 % y año 2017, 26.2%

Costo de procesamiento de pedidos: Año 2018: 12.8 % y año 2017, 13.3%

Costos de administración y gastos generales Año 2018: 5.1 % y año 2017, 5.9%

Costos de suministro físico: Representan el 17.3 % de los costos logísticos totales para el año 2018 y el 22.4% para el año 2017.

Costos de transporte de bienes de abastecimiento: Año 2018: 64.4 % y año 2017, 63.9% Costos de bienes de abastecimiento: Año 2018: 24.5 % y año 2017, 26.8%

Costo de procesamiento de pedidos: Año 2018: 4.1 % y año 2017, 3.0%

Costos de administración y gastos generales en bienes Suministrados: Año 2018: 7.0 % y año 2017, 6.3%

Como puede observarse, la empresa debe intervenir fuertemente los costos de transporte y los de aprovisionamiento y suministro.

Análisis horizontal:

Costos de distribución física: presentó un incremento del 14.6% del año 2017 al año 2018.

En esta categoría, la variación anual (comparando año 2018 vs año 2017) por componentes es: Costos de transporte de bienes o productos terminados: Se incrementaron en un 10.6%. Costo de inventario de productos terminados: El aumento fue del 28.5%.

Costo de procesamiento de pedidos: aumentaron 9.9%.

Costos de administración y gastos generales: hubo una disminución del 1%.

Costos de suministro físico: hubo una disminución anual del 17.3%

Costos de transporte de bienes de abastecimiento: Su disminución fue del 16.7%.

Costos de bienes de abastecimiento: Disminuyeron en 24.6%.

Costo de procesamiento de pedidos: tuvieron un aumento del 11.1%.

Costos de administración y gastos generales en bienes Suministrados: su disminución fue del 6.8%

El comportamiento del total de costos logísticos tuvo un incremento del 7.4 % en los dos años de comparación.

Con base en estos resultados, las directivas de la empresa deben formular el respectivo plan de mejoramiento y controlar el cumplimiento de los objetivos a través de indicadores de costos logísticos (Etapa 3.6 del procedimiento).

Conclusiones

Como se desprende del análisis realizado en el estudio de caso, la información oportuna y confiable se constituye en el elemento esencial para el monitoreo de los elementos de costos que participan en cada uno de los procesos logísticos de la organización; es por ello que la administración de la empresa “ABC”, necesita de un sistema de información contable organizado y estructurado, que permita registrar los datos necesarios para la toma de decisiones.

La empresa “ABC” cuenta con información suficiente para llevar a cabo el seguimiento y control de los procesos logísticos y de los elementos de costos que se generan allí, lo que facilita la adopción de esta herramienta contable y administrativa para medir con eficiencia sus resultados.

La gerencia deberá apropiarse de esta herramienta de estructuración costos logísticos para lograr el óptimo funcionamiento de sus procesos y poder así, facilitar información confiable para la toma de decisiones.

Por lo anterior, no se debe desconocer que la administración de las cadenas de suministro se debe hacer con una adecuada coordinación desde la adquisición de los insumos hasta la entrega del producto al cliente y su subsecuente servicio de posventa, sin perder de vista el impacto de los diferentes costos en este proceso.

Todo informe de costos y servicios debe garantizar la información consolidada y necesaria para el control general de la función logística.

Se busca con este trabajo crear conciencia en la importancia en la reducción de intermediarios y en los costos de distribución por su alta participación en el total de los costos logísticos.

En este proceso de control de costos logísticos debe haber una adecuada planeación de acciones conducentes a la reducción de los costos logísticos a fin de mantenerlos dentro de límites razonables.

Se percibe a lo largo de este artículo que se requiere mucho compromiso gerencial para lograr un equilibrio adecuado entre los diversos costos logísticos y la calidad de los servicios proporcionados al cliente.

Referencias

1. Ballou, R. (2005). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson. 184-211.
2. Tawfik, L. y Chauvel, A. (2005). *Administración de la producción*. México: McGrawHill. 252-267.
3. Mora, L. (2017). *Gestion logística Integral.* Colombia: ECOE ediciones. 187-221.
4. Chase, R.; Jacobs, R. y Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*. Mexico: McGrawHill. 520-531
5. Hernandez, L. (2017). *Técnicas para ahorrar costos logísticos*. España: Alcalá. 21-79
6. Escalante, J. y Uribe, M. (2016*). Costos Logísticos.* Colombia: ECOE ediciones. 71-104.

Análisis de falla de rieles de transporte en horno de calentamiento de lingotes utilizando Lean Manufacturing

A. E. Rodríguez Mariano[*]*, M.A. Parra Rangel, E. U. Martinez Carmona, M.G. Sil Pérez*
Departamento de Ingeniería y desarrollo de proyectos, Integración De Proyectos Multidisciplina, Priv. Lardizabal 2745, La cañada, C.P. 90360, Apizaco, Tlaxcala, México
**ingenieria@ipmtlax.com.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Mediante la aplicación de la filosofía de *Lean Manufacturing* para el control de la calidad en servicios y fabricación de productos, se analizó la falla presentada en el sistema de transporte de un horno de calentamiento de lingotes de aluminio. A través de un análisis situacional se identificó la deformación mecánica de los rieles como la condición de falla principal en el equipo, posterior a ello se utilizó un diagrama de Ishikawa (causa-efecto) en conjunto con el método de las 5 M para identificar y definir de manera ordenada las acciones, procesos y actividades que dieron origen a la falla; con un análisis y evaluación de las causas probables se definieron las causas potenciales para las cuales se propusieron medidas de corrección.

***Palabras clave**: Lean Manufacturing, Análisis de falla, Método de las 5 M, Diagrama de Ishikawa*

Abstract

Through the application of Lean Manufacturing philosophy for the quality control on services and products manufacturing, it was analyzed the failure watched on the transport system of a heating of aluminum ingots furnace. Across of a situational analysis it was identified the mechanic deformation on the rails as the main condition failure in the equipment, subsequently an Ishikawa diagram together with the 5 M method were used to identify and to define of ordered way the actions, processes and activities which caused the failure; with an analysis and evaluation of the probable causes were defined the potential causes for which it was proposed correction measures.

***Key words**: Lean Manufacturing, Failure Analysis, The 5 M's Method, Ishikawa's Diagram*

Introducción

En la actualidad la mayoría de empresas del sector industrial buscan poder competir entre sí para cumplir con las exigencias del mercado global, para esto hacen uso de técnicas organizativas y de producción que les permitan mejorar la eficiencia de sus procesos, incrementar su productividad y garantizar la calidad en sus productos o servicios. A lo largo de los años se han diseñado técnicas y metodologías que les permitan cumplir con esta función, hoy en día uno de los sistemas que ha tenido mayor repercusión debido a los buenos resultados obtenidos por quien lo aplica es el Lean Manufacturing, el cual tiene su origen en el método de Just In Time (JIT) desarrollado por la empresa automovilística Toyota en los años 50 (J. C. Hernández, 2013).Con la extensión de este modelo a sectores distintos al automovilístico, además de la implementación de nuevos procedimientos que permiten su aplicación en la mayoría de las áreas de una empresa, este sistema se ha posicionado como líder en la búsqueda de la excelencia industrial.

Entre las varias técnicas y procedimientos ocupados en el Lean Manufacturing, existen aquellos que están enfocados al análisis y resolución de problemas, como el método de las 5'M, de los 5 ¿Por qué?, el diagrama de Ishikawa (causa –efecto), principio de Pareto, entre otros; tomando en cuenta lo anterior y considerando que una falla en algún producto, instalación o servicio se analiza como un problema cuya solución se lleva a cabo mediante la corrección de sus causas, en el presente trabajo se muestra la aplicación en conjunto del Diagrama

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

de Ishikawa y método de las 5 M's para el análisis y definición de las acciones principales que dieron origen a la falla de los rieles de transporte de un horno de calentamiento de lingotes de aluminio.

Marco teórico

El análisis de la falla en los rieles de transporte de lingotes se aborda mediante el conocimiento del modelo Lean Manufacturing, aplicando el método de las 5 M's para la identificación de las posibles causas de un problema y haciendo uso del diagrama de Ishikawa (diagrama causa-efecto) como técnica de representación gráfica.

Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing se define como una filosofía o cultura de trabajo basada en las personas, mediante la cual se establece la forma de mejora y optimización de un sistema de producción, teniendo como prioridad la de identificar y eliminar todo tipo de "desperdicios", definidos éstos como los procesos o actividades que ocupan más recursos de los estrictamente necesarios (J. C. Hernández, 2013).

Para cumplir con el objetivo de identificación y eliminación de desperdicios, se desarrolla una aplicación sistémica de un conjunto de varias técnicas que cubren prácticamente la totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, flujo interno de producción, gestión de la calidad, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro, por mencionar las áreas más importantes (J. C. Hernández, 2013).

Diagrama de Ishikawa (causa-efecto)

Un diagrama de causa y efecto es aquel que tiene como objetivo la representación gráfica de la relación que existe entre los resultados de un proceso y, todas aquellas causas que por razones técnicas se considere producen un efecto sobre el mismo. Permiten que se resuman y observen todas las relaciones entre las causas y efectos de un proceso. Al combinar este tipo de diagramas con otras herramientas estadísticas, los diagramas de causa y efecto son de ayuda para promover la mejora de un proceso según prioridades, para el análisis y resolución de problemas, acumular y organizar los conocimientos y la tecnología, facilitar las discusiones, entre otros usos (Ishikawa, K, 1989).

Existen dos tipos de diagrama causa-efecto: el estratégico, que consiste en agrupar las causas probables en cada "M" y el análitico mediante el cual se analizan las causas probables para obtener las causas potenciales (Integrated Quality Systems, 2004).

Método de las 5 M

Este método consiste en el análisis de un problema y la definición de sus posibles causas. Para su aplicación se considera que las causas de los problemas están agrupadas según cinco criterios:

- Máquinas
- Mano de obra
- Métodos
- Materiales
- Medio ambiente

Tomando en cuenta las 5 M como un punto de referencia que abarca en su mayoría las posibles causas de un problema, cada M constituye un brazo de un diagrama de causa-efecto (Herrero, P., 2018).

Levantamiento técnico y análisis situacional

Mediante una inspección visual se identificaron las condiciones de falla que directamente afectaron la funcionalidad del sistema de rieles del horno de calentamiento de lingotes.

I. Deformación en los extremos laterales de la estructura de canastillas del sistema de rieles (Figura 1)
   a. Zona identificada con mayor temperatura
   b. Zona identificada en base de soportes
   c. Durabilidad del riel: 15-20 días
II. Fractura del eje de rodillo (Figura 2)
   a. Una pieza identificada
III. Estancamiento de rodillos en algunas zonas

 ISSN 2007-8102

a. Por deformación de canastillas en zonas de temperatura excedente
b. Por apelmazamiento de sólidos en zonas más frías (Figura 3)



Figura 1. Deformación de canastillas



Figura 2. Fractura de eje de rodillo



Figura 3. Apelmazamiento de sólidos

Análisis causa-efecto, método de las 5 M's

Como se muestra en la figura 4, se realizó un diagrama causa-efecto utilizando el método de las 5 M's, marcando en rojo aquellas causas específicas que tienen mayor afección sobre las causas principales.

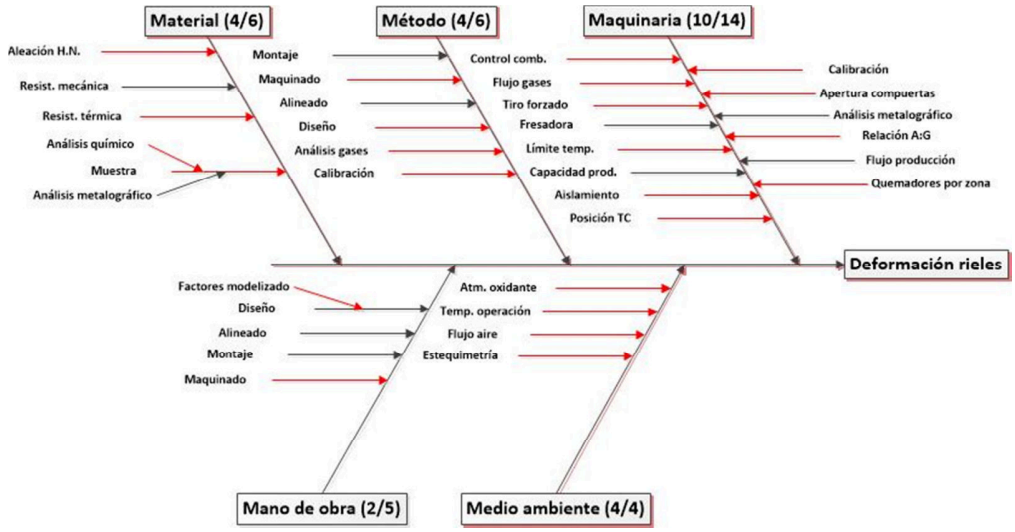


Figura 4. Diagrama de causa-efecto

Análisis de causas por categoría

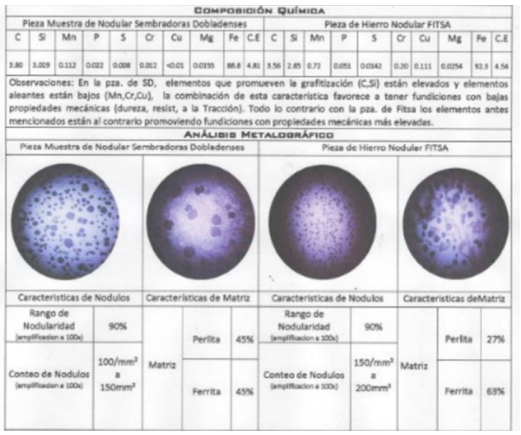
A partir del diagrama de causa-efecto se analizaron las causas indicadas en rojo de cada categoría, excluyendo aquellas que se repetían en dos o más brazos.

Material

Aleación hierro nodular-análisis químico

Se realizó un análisis químico a las muestras obtenidas de rieles originales del horno en 2 equipos espectro. Para las canastillas se obtuvo composición de Hierro Nodular (Figura 5), cuya aleación exacta no se pudo determinar debido a la falta de la curva de calibración especifica del material, se intuyó que el material a usar por aproximación era Hierro Nodular, aunque mostraba deformación en la aplicación actual en zonas más calientes; para los rodillos se identificó una aleación de hierro gris (Figura 6).

 ISSN 2007-8102



COMPOSICIÓN QUÍMICA

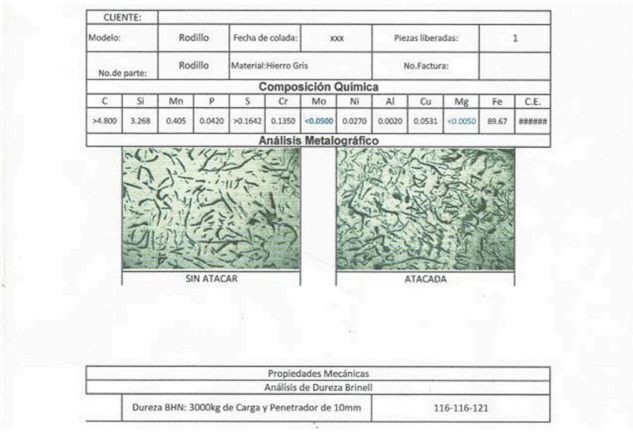
Pieza Muestra de Nodular Sembradoras Dobladenses										Pieza de Hierro Nodular FITSA									
C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mg	Fe	C.E	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mg	Fe	C.E
3.80	3.029	0.112	0.022	0.008	0.012	<0.01	0.0355	88.8	4.81	3.56	2.85	0.72	0.051	0.0342	0.20	0.111	0.0254	92.5	4.54

Observaciones: En la pza. de SD, elementos que promueven la grafitización (C,Si) están elevados y elementos aleantes están bajos (Mn,Cr,Cu), la combinación de esta característica favorece a tener fundiciones con bajas propiedades mecánicas (dureza, resist, a la Tracción). Todo lo contrario con la pza. de Fitsa los elementos antes mencionados están al contrario promoviendo fundiciones con propiedades mecánicas más elevadas.

ANÁLISIS METALOGRÁFICO

Pieza Muestra de Nodular Sembradoras Dobladenses					Pieza de Hierro Nodular FITSA				
Características de Nodulos		Características de Matriz			Características de Nodulos		Características deMatriz		
Rango de Nodularidad (amplificacion a 100x)	90%	Matriz	Perlita	45%	Rango de Nodularidad (amplificacion a 100x)	90%	Matriz	Perlita	27%
Conteo de Nodulos (amplificacion a 100x)	100/mm² a 150mm²		Ferrita	45%	Conteo de Nodulos (amplificacion a 100x)	150/mm² a 200mm²		Ferrita	63%

Figura 5. Resultados de análisis químico metalográfico a canastillas



CLIENTE:											
Modelo:	Rodillo	Fecha de colada:	xxx	Piezas liberadas:	1						
No.de parte:	Rodillo	Material:Hierro Gris		No.Factura:							

Composición Química

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Mg	Fe	C.E.
>4.800	3.268	0.405	0.0420	>0.1642	0.1350	<0.0500	0.0270	0.0020	0.0531	<0.0050	89.67	######

Análisis Metalográfico

SIN ATACAR ATACADA

Propiedades Mecánicas	
Análisis de Dureza Brinell	
Dureza BHN: 3000kg de Carga y Penetrador de 10mm	116-116-121

Figura 6. Resultados de análisis químico metalográfico a rodillos

Resistencia térmica

Para validar la resistencia térmica/mecánica del material se realizó un análisis por elemento finito, en el cual se consideraron parámetros ideales, como se muestra en la figura 7: una carga de 500 Kg uniformemente distribuida, una temperatura en todas las caras de 550°C y la base de las canastillas totalmente fija y soportada.

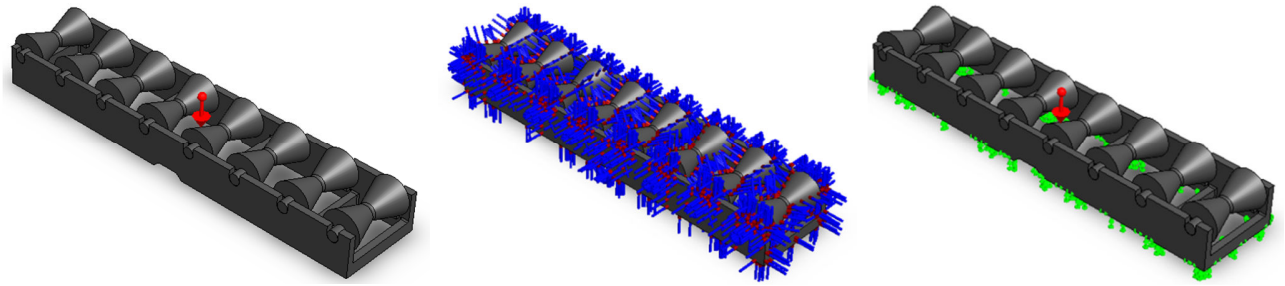


Figura 7. Condiciones ideales de rieles para análisis por elemento finito

Los resultados del primer análisis fueron positivos, ya que como se muestra en la figura 8 no hay zonas en color rojo que indiquen una concentración de esfuerzos crítica, sin embargo, durante la instalación de nuevo aislante en el horno se observó que las bases de soporte de los rieles eran distintas a las establecidas en el primer análisis, ya que las canastillas se encontraban solo soportadas en 4 puntos a los extremos laterales. Se realizó un nuevo análisis con las nuevas condiciones, del cual se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 9 donde se pueden visualizar zonas en color rojo y naranja que indican una concentración de esfuerzos crítica que a su vez provocó las deformaciones observadas en la inspección visual de la falla.

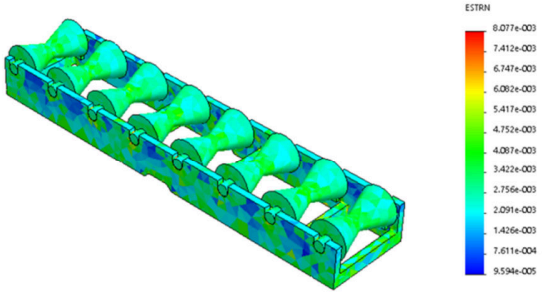


Figura 8. Resultado de análisis por elemento finito en condiciones ideales

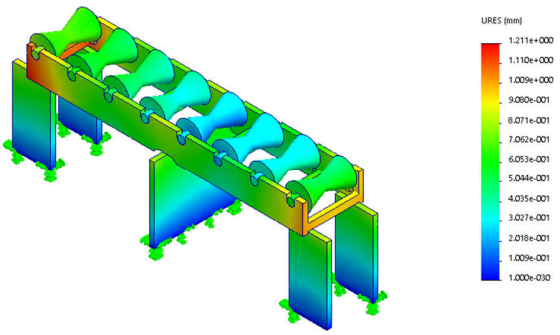


Figura 9. Resultado de análisis por elemento finito en condiciones reales

 ISSN 2007-8102

Muestra obtenida

Como se aprecia en la figura 10 la muestra obtenida de los rieles tenía travesaños faltantes, debido a las condiciones físicas se intuyó la dimensión y cantidad de los mismos, sin embargo, al no contar con dichos travesaños fue imposible determinar que estos eran los puntos de soporte de las canastillas, así mismo, se desconocía la geometría que tendrían para evitar desplazamientos con respecto a las bases, por esta razón fue necesario maquinar las nuevas piezas aumentando así la concentración de esfuerzos en dichas zonas (Figura 11).

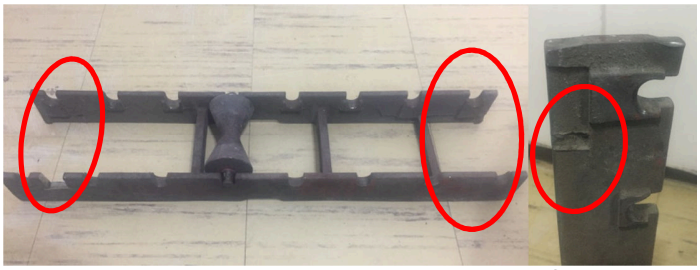


Figura 10. Muestra obtenida con travesaños faltantes



Figura 11. Maquinado en nuevas canastillas

Método

Maquinado

Según lo mencionado en el apartado de “Muestra obtenida”, se realizó un maquinado en travesaños de las canastillas para generar un escalonamiento que evitara el deslizamiento de las mismas sobre las bases, sin embargo, el maquinado dejo aristas lo que trajo como consecuencia concentración de esfuerzos y puntos de posibles fallas (Figura 11). En la segunda muestra obtenida después de la falla se observó la geometría específica del escalonamiento en los travesaños, la cual evitaba aristas (Figura 12). En los rodillos, se realizó maquinado para evitar arista entre el eje y cuerpo de los mismos (Figura 13).



Figura 12. Segunda muestra obtenida de canastillas



Figura 13. Maquinado en rodillos

Diseño

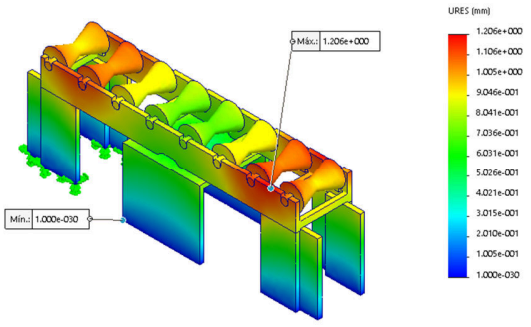


Figura 14. Resultado de análisis por elemento finito con mayor número de bases

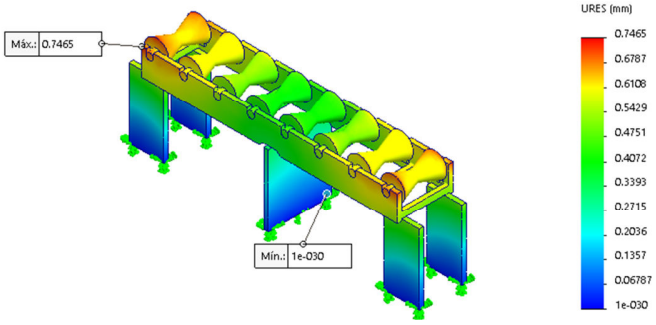


Figura 15. Resultado de análisis por elemento finito con cambio de material

 ISSN 2007-8102

Como se mencionó en el apartado “Resistencia térmica”, se realizó un análisis por elemento finito a los rieles en condiciones ideales, posterior a la falla se realizaron otros 2 análisis: El primero fue incrementando el número de bases de soporte como se muestra en la figura 14; sin embargo, los resultados indicaban concentración de esfuerzos en las mismas zonas además de que este diseño causaría mayor conducción de calor a la carcasa del horno; el segundo caso fue cambiando el material de los rieles a un Acero refractario (DIN 1.2367), los resultados de este análisis como se muestra en la figura 15 indican una gran disminución en la concentración de esfuerzos y por consiguiente una opción de diseño más viable.

Análisis de gases y calibración



Figura 16. Óxido férrico en rieles

Como se muestra en la figura 16, durante la inspección visual se encontró una gran cantidad de rojo de fierro u óxido férrico (O2Fe3), el cual normalmente se produce en cámaras de combustión con atmosferas oxidante. Mediante una investigación con el personal encargado de operar el horno, no se realizan análisis de gases para el control de la combustión, lo que a su vez no garantiza una mezcla estequiometria de aire/gas. Así mismo se observó que tantos los válvulas como los equipos de medición no cuentan con una etiqueta que indique y certifique la última fecha de calibración.

Mano de obra

Factores de modelado

Según lo definido en las secciones de “Resistencia térmica” y “Diseño”, el modelado no se pudo verificar con la situación real de los rieles. El modelado con la base 100% soportada y a una temperatura de 550°C es viable, sin embargo reduciendo los soportes a los 4 extremos y teniendo en cuenta que la temperatura real de operación era de aproximadamente 650°C, el modelado fue inadecuado.

Medio ambiente

Atmósfera oxidante

Como se mencionó en la sección de “Análisis de gases y calibración” al no tener una relación de aire-gas controlada, ni equipos correctamente calibrados que aseguren un proceso estequiométrico, se tiene el riesgo de generar una atmósfera oxidante, lo que se comprueba con la cantidad de rojo de fierro en la cámara de combustión (Figura 16).

Temperatura de operación

Para la selección de materiales y modelado de los rieles se consideró una temperatura de operación de 550°C, sin embargo, al realizar una simulación del horno con una temperatura de 700°C al interior (Figura 17), se obtuvo como resultado una cara fría de 75°C, esto se confirmó al realizar un análisis termográfico al horno en operación con el nuevo aislamiento instalado, donde se obtuvo una temperatura en cara fría de 76.65°C (Figura 18), lo que comprobaba que la temperatura era mayor a la indicada.

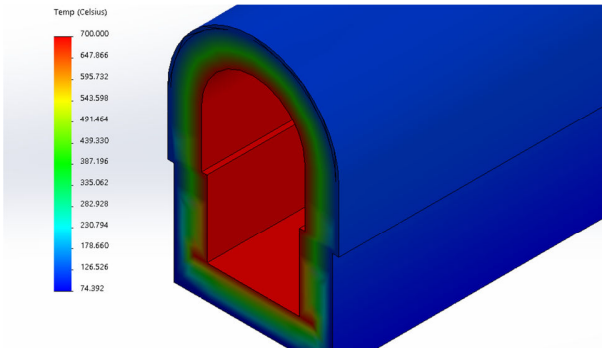


Figura 17. Resultados de análisis térmico a horno de lingotes

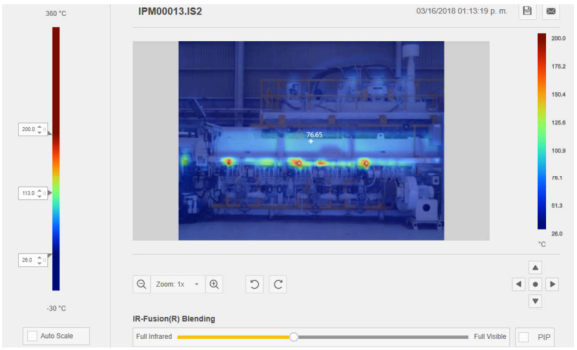


Figura 18. Termografía realizada a horno de lingotes

 ISSN 2007-8102

Flujo de aire

Mediante un análisis termográfico se observó la salida de flama en la compuerta del lado de la guillotina, quemando incluso algunos sensores, esto indicaba que el tiro forzado ubicado en el lado de carga del horno no estaba operando adecuadamente y se tenía una presión positiva (Figura 19).

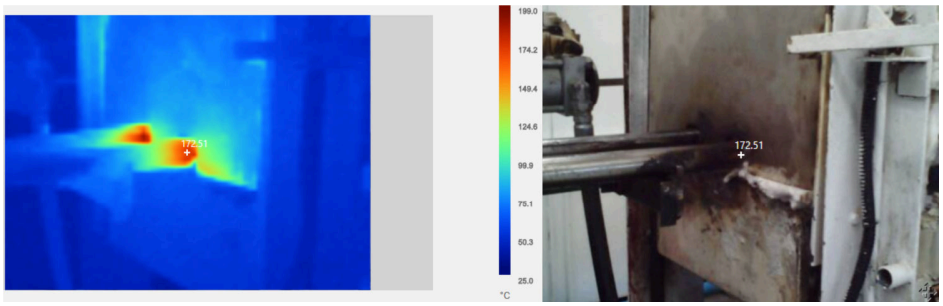


Figura 19. Termografía realizada a zona de guillotina de horno de lingotes

Maquinaria

Control de combustión

A través de una inspección visual se observó una coloración diferente en las flamas de ambos extremos del horno, lo que indicaba un proceso de combustión anormal y una falta de control del mismo (Figura 20).

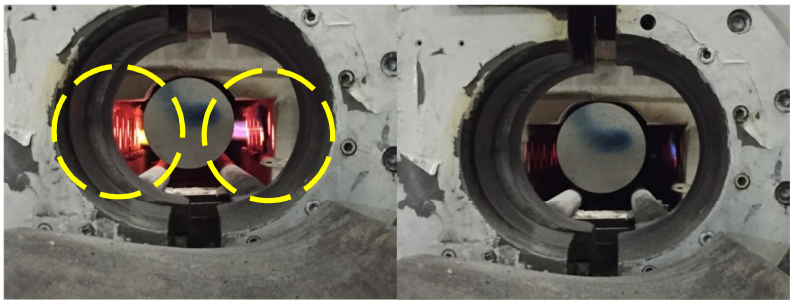


Figura 20. Diferencia en coloración de flamas

Flujo de gases y tiro forzado

La flama en la compuerta del lado de la guillotina mencionada en la sección “Flujo de aire” indica un flujo invertido de gases, debido a que se observó que el modutrol que controlaba la apertura de la válvula de salida de gases no estaba operando y sólo estaba atado con alambres (Figura 21), así mismo no se estaba controlando el sistema de tiro forzado, ya que otra válvula a la salida del sistema se encontraba prácticamente cerrada y cuya apertura solo se controlaba de manera manual (Figura 22).

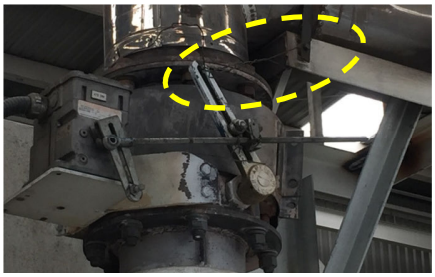


Figura 21. Modutrol sujetado con alambre



Figura 22. Válvula de salida de gases cerrada

Límite de temperatura

Se verificó en una inspección al horno posterior a la falla, que a pesar de que el set point del horno señalaba una temperatura de 515ºC para la zona 1, la temperatura detectada por termopar era de 509ºC y tras realizar mediciones con un pirómetro laser la temperatura real era de 625ºC. Así mismo la placa de datos del horno mostraba una temperatura máxima de uso de 538ºC, teniendo en cuenta esto, la temperatura real estaba por encima del límite casi 100ºC, lo que a su vez afectaba directamente el correcto funcionamiento de los rieles.

Resultados

Las causas probables se analizaron de dos formas: cualitativamente valorando el grado de relación y afección que tenían directamente sobre la falla y cuantitativamente identificando aquellas causas que se repetían en más de una categoría, definiendo así las siguientes causas potenciales:

- Temperatura de operación real superior a la indicada para diseño
- Falta de control de combustión
- Falta de control de tiro forzado
- Falta de control de propiedades redox de la atmosfera interior del horno
- El sistema de bases de soporte real difería del especificado para diseño

Trabajos a futuro

Con los resultados obtenidos se considera necesario realizar pruebas, correcciones y algunos ajustes tanto al sistema de rieles como al de combustión, considerando como prioritarias las siguientes acciones:

- Pruebas con canastillas de una aleación de acero refractario (DIN 1.2367)
- Intervención y mantenimiento al sistema de combustión
- Intervención y mantenimiento a sistema de tiro forzado
- Ajuste de combustión para generar estequiometría adecuada
- Ajuste de combustión para controlar la atmosfera oxidante
- Mantenimiento y calibración de válvulas y equipos de medición

Conclusiones

Mediante el uso de herramientas del modelo Lean Manufacturing para la resolución de problemas; método de las 5 M's y diagrama de Ishikawa (causa-efecto) en conjunto con el apoyo de tecnologías tales como: termografía, análisis por elemento finito, análisis químico y análisis metalográfico, se determinó que las causas potenciales de la falla en los rieles de transporte de un horno de lingote de aluminio fueron: Una temperatura de operación real mayor a la utilizada para el diseño; una falta de control en la combustión, tiro forzado y de las propiedades redox al interior del horno; así como un sistema de bases de soporte diferente al especificado para el diseño.

Referencias

1. Hernández, J.C.; Vizan, A. (2013). Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI. 6-10.
2. Herrero, P. (2018). SAGE Advice. Las 5 «M» como método para localizar la causa raíz de un problema, Obtenido de Blog (25 de julio de 2019): https://www.sage.com/es-es/blog/las-5-m-como-metodo-para-localizar-la-causa-raiz-de-un-problema/#gate-263a5c00-99e4-4e71-8421-469deda8e674
3. Integrated Quality Systems (2004). Curso- Taller,Análisis y Solución de Problemas. 82-91
4. Ishikawa, K,(1989). Introducción al Control de Calidad. 252-255

Optimización del nivel de avance de corte en un proceso de maquinado utilizando diseño de experimentos

J.A. Hernández Morales[1], V. Sánchez Vázquez[1], E. Hernández Méndez[1]*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av. Veracruz, Esq. Héroes de Puebla, S/N, C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México
*juan.alberto.hdezmor@gmail.com.mx
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en una industria metalmecánica ubicada en Veracruz, Veracruz. Se aplicó un Diseño de Experimentos (DOE) 2^2 en el proceso de maquinado en torno, con la finalidad de optimizar el avance del corte que se realiza por medio de CNC. En el análisis se estudió el efecto de la utilización de un compuesto refrigerante y la profundidad del corte que se debía realizar, en relación con la vida útil de la punta de corte, misma que fue medida por la cantidad de piezas que se alcanzaban a procesar antes de reemplazarla.
En los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) se encontró que sólo un factor tenía influencia significativa en la variable de respuesta y, auxiliándose, de las gráficas de efectos y de interacción se determinó que la mejor forma de operar el proceso, de la manera más económica, se alcanza sin utilizar refrigerante y con profundidad de 0.150 pulg/rev.

***Palabras clave**: Optimización, CNC, DOE*

Abstract

The present work is in a metalworking industry located in Veracruz, Veracruz. A Design of Experiments (DOE) 2^2 was applied in the machine process around with the modification of the cutting advance speed that is carried out by means of CNC. In the study analysis, the effect of the use of a refrigerant compound and the depth of the cut that was made, in relation to the useful life of the cutting tip, the same measure as the measure of the amount of pieces that extends before replacing it.
In the results of the Analysis of Variance (ANOVA), we found the only one factor that affect a significant influence on the response and assistance, the effects and interaction graphs, the best way to operate the process, in the most economical way, was determined not using refrigerant and a depth of 0.150 in/rev.

***Key words**: Optimization, CNC, DOE*

Introducción

Actualmente es imperante para las organizaciones estar inmersas en proyectos de mejora u optimización de procesos, con el fin de ser competitivos al menor costo posible. Bajo esta premisa, el reducir desperdicios en el material utilizado para la fabricación de los productos tendría un impacto considerable en el costo total de fabricación, pero sobre todo en la evolución de una cultura de mejora continua.

El diseño estadístico de experimentos es una de las formas más eficaces para hacer pruebas a los procesos, al manipularlo mediante pruebas controladas éste proporciona información a sí mismo para mejorarlo; de esta manera los datos recabados se analizan para obtener patrones predecibles, válidos y objetivos. A pesar del conocimiento sobre las ventajas de la aplicación de esta herramienta estadística su uso es aún limitado en las pequeñas empresas, por lo que es importante dar a conocer los beneficios que se obtienen de su aplicación.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

El diseño de experimentos que se presenta es aplicado a una empresa de maquinado, en específico al torneado, el cual es un proceso de mecanizado por arranque de viruta, es decir, parte del material inicial de la pieza es eliminado hasta darle la forma deseada al producto. La máquina que lleva a cabo este proceso es el torno.

Las etapas del proceso son: tiempo de carga y descarga, tiempo de corte y tiempo de sustitución de la herramienta, esta última implica el tiempo empleado en cambiar una herramienta que ya ha excedido su vida útil, después de este proceso no suele ser necesario aplicar otros tratamientos de acabado, ya que se obtienen buenas calidades superficiales y tolerancias muy pequeñas.

En este trabajo se someten a prueba dos factores de control que son: uso de refrigerante y profundidad de corte, los cuales son sometidos a dos niveles de experimentación, la herramienta utilizada es de tipo buril (herramienta típica para corte) y el material trabajado es, el denominado, acero rápido (aleación que normalmente contiene cromo, tungsteno, vanadio, entre otros) para todas las pruebas realizadas. Los resultados muestran que la mejor forma de operar el proceso se alcanza utilizando refrigerante con una profundidad de 0.150 pulg/rev.

Al maximizar la vida útil de la herramienta de corte la empresa tendría una disminución de $0.66 por unidad cortada en el proceso de maquinado en el torno.

Metodología

Para llevar a cabo la investigación se adecuó la metodología propuesta por Gutiérrez y De la Vara (2008), las etapas para lograr un diseño experimental exitoso son las que aparecen en la Figura 1.

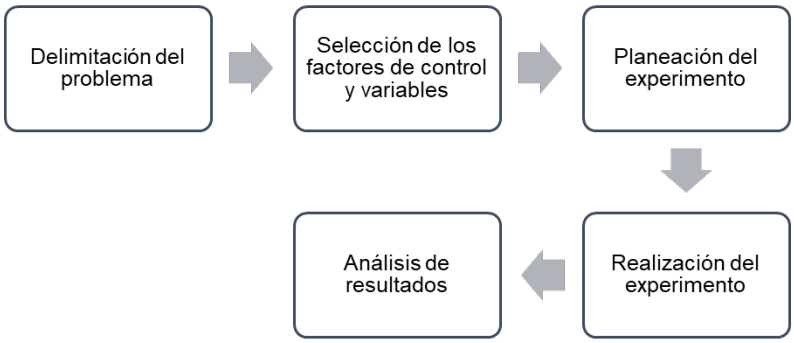


Figura 1. Etapas de un diseño experimental

Delimitación del problema

Actualmente, en el proceso de corte realizado con CNC por la empresa metalmecánica se tiene un alto consumo de refacciones para la punta de corte, debido a que la vida útil de la pieza (cantidad de elementos procesados) se considera baja. Los registros del último año indicaron que se compraron más de 23 000 buriles, lo que refleja un gasto de más de $1.7 millones.

Selección de factores de control y variable de respuesta

El corte, habitualmente, se realiza considerando dos niveles de profundidad y adicionalmente durante el maquinado se puede agregar una sustancia refrigerante con la intención de disminuir el desgaste por calentamiento. Por cuestiones de practicidad, se eligió medir los resultados como el número de piezas que se

 ISSN 2007-8102

alcanzaban a procesar antes de requerir un cambio en la punta de corte. Los factores y sus niveles se ordenaron en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de control para el experimento y niveles de estudio.

Nivel	Factor A. Uso de refrigerante	Factor B. Profundidad de corte
Bajo	Sin refrigerante	0.150 pul/rev
Alto	Con refrigerante	0.200 pul/rev

Planeación del experimento

Después de haber determinado los factores que se considerarán en el experimento y sus respectivos niveles, se eligió un diseño 2^2 y tratamientos de prueba que son los de la Tabla 2, el orden aleatorio de las corridas experimentales se produjo en el software estadístico. El operario de producción se encargará de cumplir con los niveles requeridos en cada tratamiento, según lo requiera el orden aleatorio y el supervisor del área es el encargado de contabilizar la cantidad de piezas que se procesan en el torno. No fue requerido el bloqueo de datos.

Tabla 2. Puntos del diseño experimental.

Tratamiento	Factor A. Uso de refrigerante	Factor B. Profundidad de corte	Efecto
1	Sin refrigerante	0.150 pul/rev	(1)
2	Con refrigerante	0.150 pul/rev	a
3	Sin refrigerante	0.200 pul/rev	b
4	Con refrigerante	0.200 pul/rev	ab

Realización del experimento

En esta etapa se siguieron las instrucciones de la planeación experimental, no se presentaron imprevistos durante cada tratamiento, el supervisor presentó los conteos realizados por cada réplica y fueron suministrados a la hoja de trabajo del software estadístico como se muestra en la Figura 2.

OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Refrigerante	Profundidad de corte	Piezas procesadas
5	1	1	1	Sin refrigerante	0.150 pul/rev	16
7	2	1	1	Sin refrigerante	0.200 pul/rev	13
11	3	1	1	Sin refrigerante	0.200 pul/rev	15
3	4	1	1	Sin refrigerante	0.200 pul/rev	14
8	5	1	1	Con refrigerante	0.200 pul/rev	12
2	6	1	1	Con refrigerante	0.150 pul/rev	17
1	7	1	1	Sin refrigerante	0.150 pul/rev	20
4	8	1	1	Con refrigerante	0.200 pul/rev	13
6	9	1	1	Con refrigerante	0.150 pul/rev	21
10	10	1	1	Con refrigerante	0.150 pul/rev	18
12	11	1	1	Con refrigerante	0.200 pul/rev	15
9	12	1	1	Sin refrigerante	0.150 pul/rev	19

Figura 2. Diseño experimental (Elaboración propia)

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Con los resultados muestrales se realizó el ANOVA de la Tabla 3, para respaldar la validez de los resultados se verificaron los tres supuestos estadísticos para los residuos (normalidad, homocedasticidad de varianzas e independencia) véase Figura 3, se generaron las gráficas de efectos y de interacción. Como última técnica, se recurrió al optimizador de respuesta del software estadístico utilizando una confianza del 95%

Tabla 3. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Refrigerante	1	0.0833	0.0833	0.03	0.872
Profundidad de corte	1	70.0833	70.0833	23.36	0.001
Refrigerante*Profundidad de corte	1	0.7500	0.7500	0.25	0.631
Error	8	24.0000	3.0000		
Total	11	94.9167			

Dado que el valor P-value para el refrigerante es de 0.872 y este valor es mayor que el nivel de significancia de 5% se puede concluir con la evidencia estadística presentada que este factor por sí solo no tiene una influencia significativa en la cantidad de piezas procesadas.

Dado que el valor P-value para la profundidad de corte es de 0.001 y este valor es menor que el nivel de significancia de 5% se puede concluir con la evidencia estadística presentada que este factor si tiene influencia significativa en la cantidad de piezas procesadas.

El valor P-value para la interacción entre el refrigerante y la profundidad de corte (0.631) es mayor que el nivel de significancia de 5%, por lo que se puede concluir que hay evidencia estadística para considerar que no existe interacción significativa entre los dos factores.

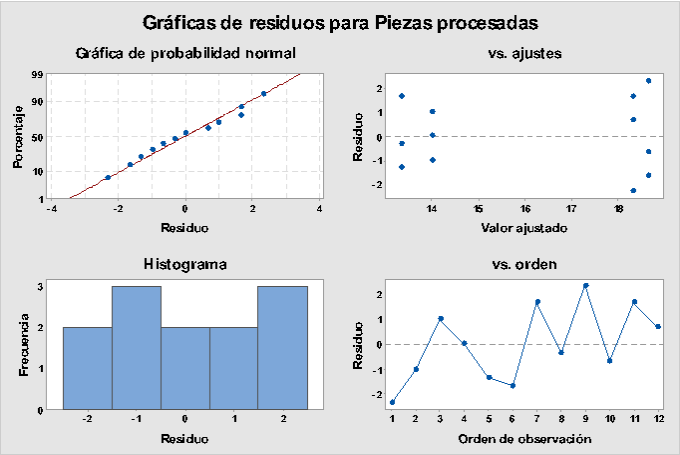


Figura 3. Gráfico cuatro en uno (Supuestos del modelo)

La Figura 3 determina que los datos provienen de una distribución de probabilidad normal, lo residuos se presentan de manera aleatoria, independientes entre sí y con varianza constante.

 ISSN 2007-8102

Por otra parte, la gráfica de efectos principales que se muestra en la Figura 4, confirma los resultados del ANOVA en el cual el refrigerante no tiene un cambio significativo en la cantidad de piezas procesadas, sin embargo, la profundidad de corte cuando es de 0.150 pul/rev si denota un incremento en la variable de respuesta.

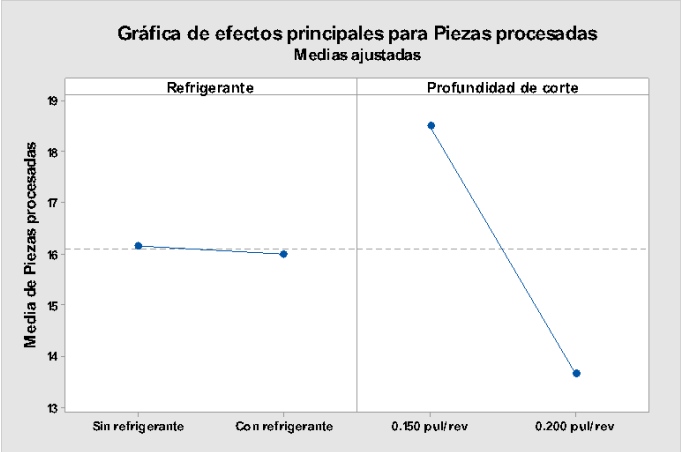


Figura 4. Gráfico de efectos principales

Analizando los puntos del gráfico de la Figura 5 se observa que, dado que no hay una interacción significativa en los resultados del ANOVA, no es imprescindible la aplicación del refrigerante, por lo tanto, lo recomendable sería utilizar el nivel más económico (sin refrigerante) y una profundidad de corte de 0.150 pulg/rev, condiciones con las que se logra un número promedio mayor de piezas procesadas.

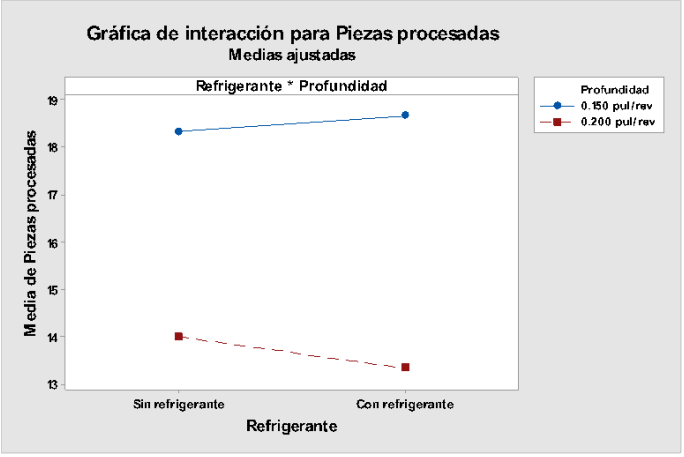


Figura 5. Gráfica de interacción de piezas procesadas

Trabajo a futuro

Se recomienda posteriormente pueda ser evaluada la misma variable de respuesta, y las variables velocidad de corte, cantidad de refrigerante suministrado y profundidad de corte como variables continuas de predicción, mediante la utilización de la técnica de regresión lineal múltiple, para optimizar nuevamente el número de piezas procesadas por buril.

Conclusiones

El diseño de experimentos es una técnica que ayuda a conocer un proceso y permite averiguar la forma en que los factores que intervienen en este influyen en una respuesta específica, para este estudio fue la cantidad de piezas producidas por una herramienta, considerando la utilización de un refrigerante y dos profundidades de corte, siendo la mejor opción una profundidad de corte de 0.150 pulg/rev sin usar refrigerante, de esta manera se podría producir el 16.61% más de piezas por buril, podría considerarse esa misma proporción de piezas más al año con la herramientas de corte. Con esto se lograría una disminución de 14.27% en la compra de dichas herramientas.

Agradecimientos

Se agradece la toma de datos a cargo de los alumnos de la materia de Estadística Inferencial II e Ingeniería de Calidad y a la empresa maquinadora por permitir la realización de este estudio (Se omite el nombre de la empresa por razones de confidencialidad)

Referencias

1. Alvarez, M.; Ilzarbe, L.; Tanco, M. and Viles, E. (2008). Aplicación del Diseño de Experimentos (DoE) para la mejora de procesos. Memorias, UdeM, 85-94.
2. Díaz, L.; Gutiérrez, P. and Guzmán, M. (2013). Aplicación de diseño de experimentos para el análisis de secado de un producto (Experiment design application for analysis of the drying a product). Innovaciones de Negocios.
3. Gutiérrez, H; De la Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw-Hill.
4. Hernández, J. (2018). Manual de Estadística Inferencial II para ingenieros en logística e industriales. México: s.e.
5. Tanco, P. (2008). Metodología para la aplicación del Diseño de Experimentos (DOE) en la industria. España: UdeN.

Implementación de un modelo de Cross-docking para la optimización de CEDIS mediante simulación.

L.A. Ramírez Robles[1], L. Amador Angón[2], G.A. Herrera Gonzalez[3]*, C. García Santos[4], E. Caballero Montes[5]

[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Campus Central de Veracruz, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Veracruz, México.
**aaron.ramirezr@tec.mx*

[2]Facultad de Contaduría y Administración, Campus Ixtaczoquitlán, Universidad Veracruzana, Veracruz, México lamador@uv.mx.

[3]Facultad de Contaduría y Administración, Campus Ixtaczoquitlán, Universidad Veracruzana, Veracruz, México gherrera@uv.mx.

[4]Facultad de Contaduría y Administración, Campus Ixtaczoquitlán, Universidad Veracruzana, Veracruz, México clgarcia@uv.mx.

[5]Departamento de Ingeniería Industrial, Campus Puebla, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Puebla, México.
ecaballero@tec.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

La manipulación de materiales es una preocupación central en las decisiones sobre el espacio de almacenamiento y es sobre todo una actividad que consume mucho dinero. Los objetivos de la manipulación de materiales se centran en la reducción de los costes de manipulación al tiempo que aumenta la utilización del espacio y las empresas aplican diferentes estrategias para controlar sus costos; uno de ellos, es simplificar las operaciones de distribución, otras cambian el manejo de las operaciones de un almacén tradicional a un sistema de Cross-docking. En 2008 Saddle Creek Corporation dentro de su reporte de las tendencias del uso de Cross-docking, aplicó una encuesta a empresas con actividades de retailer, encontró que hay una tendencia creciente de uso de este sistema. Las estadísticas mostraron que, de las empresas con dichas actividades en los Estados Unidos, hay 52% que actualmente utilizan Cross-docking. Mediante la simulación de eventos discretos se analiza las ventajas competitivas de desempeño y optimización de un sistema Cross-docking en comparación de un sistema de almacenamiento tradicional.

***Palabras clave**: Cross-docking, CEDIS, Simulación, Desempeño, Optimización.*

Abstract

Material handling is a central concern in decisions about storage space and is primarily an activity that consumes a lot of money. The objectives of material handling focus on reducing handling costs while increasing space optimization and companies apply different strategies to control their costs; one of them, is to simplify distribution operations, others change the management of operations from a traditional warehouse to a cross-coupling system. In 2008, Saddle Creek Corporation, in its report on the trends of the use of Cross-docking, applied a survey of companies with retail activities and discovered that there is a growing tendency to use this system. Statistics showed that, of companies with such activities in the United States, there are currently 52% who use Cross-docking. The discrete event simulation analyzes the competitive advantages of performance and optimization of a Cross-docking system compared to a traditional storage system.

***Key words:** Cross-docking, Distribution Center, Simulation, Performance, Optimization.*

 ISSN 2007-8102

Introducción

El Cross-docking es una estrategia de almacenamiento que involucra la recepción de mercancías de un proveedor o fabricante para varios destinos finales y de vez en cuando la consolidación de mercancías con otros proveedores debido a que tienen destinos comunes de entrega final, enviándolos lo antes posible. En un Cross-dock, las mercancías se descargan de los camiones entrantes y se cargan en los camiones de salida con poco o ningún almacenamiento de mercancías entre estas actividades; los camiones están descargados o cargados delante de una serie de puertas situadas alrededor de la zona de maniobras de consolidación o des consolidación de mercancías, que suele estar en forma rectangular, comprendiendo como muelle el andén principal en donde se ubican las puertas de carga y descarga del almacén, como se puede ilustrar en la Figura 1.

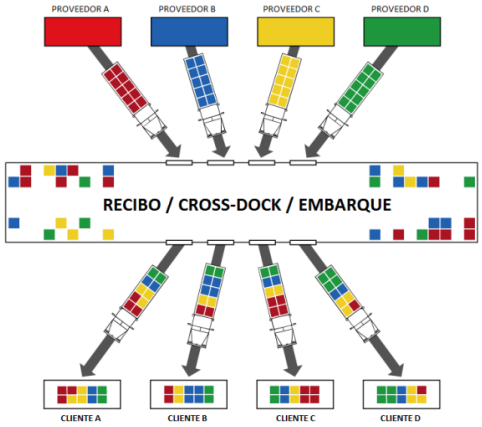


Figura 1. Modelo general de Cross-docking.

En esta práctica las mercancías de los camiones entrantes se mueven a los camiones de salida, los mercancías fluyen en ocasiones sin ningún tiempo de almacenaje o algo mínimo generalmente menos de 24 horas, en los servicios logísticos competitivos de hoy en día, se tiene como objetivo operar de la manera más eficiente y eficaz para obtener ventajas competitivas, dentro las cuales podemos encontrar algunas como una mayor rotación de mercancías, lo que reduce el inventario, mayor capacidad de respuesta y servicio hacia el cliente y un mejor control de la operación de distribución. Por lo tanto, los sistemas de Cross-docking coinciden con los objetivos de la decisión de suministro ágil (esbelta) de materia prima, la cual está en el proceso de planificación en el que las decisiones estratégicas sobre las ubicaciones y el diseño de muelles cruzados que deben hacerse.

Estas ventajas hacen del Cross-docking una estrategia logística importante que recibe mayor atención en la competencia globalizada de hoy con su volumen cada vez mayor de mercancías transportadas, se han divulgado varias historias de éxito en el Croos-docking, obteniendo mejores resultados e incrementando su competitividad; para varias industrias registrando proporciones altas en reducción de costes de la distribución; por ejemplo, las cadenas al por menor como Wal-Mart, las compañías de correo entre ellas UPS, productores automotrices como Toyota y los proveedores de logística que manejan camiones de carga parcial (Less Truck Level - LTL).

La industria de camiones Less Truck Level (LTL) opera la mayor parte de los Cross-docks en los Estados Unidos. Se informa que en el año 2000 había más de 10 000 Centros de Cross-docks en los Estados Unidos y Canadá. La mayoría de los Cross-docks son rectángulos largos y estrechos (en forma de I), pero también se han visto Cross-docks en forma de L (por ejemplo, Amarillo Transporte, Chicago Ridge, IL), en U como (Consolidated Freightways, Portland, OR), en T como (American Freightways, Atlanta, GA), en H como (Central Freight, Dallas, TX) y en E (propietario desconocido, Chicago).

También para la empresa Wal-Mart ha sido muy importante la estrategia logística de Cross-docking, ya que al considerar la posibilidad de movilizar sus mercancías entrantes en su Centros de Distribución y que éstas fuesen despachadas casi de manera inmediata hacia sus establecimientos detallistas fue una de las principales razones por las que superó a su competidor K-Mart en ventas totales en los años ochenta. Debido a que Wal-Mart fue capaz de reducir el inventario total del sistema con Cross-docking, podría ofrecer el "precio bajo cotidiano" por el que ahora es famoso, en general, el Cross-docking ayuda a reducir los costos de transporte y de inventario en la cadena de suministro, mejorando así los flujos y la rentabilidad de la organización.

En México, siete de cada diez empresas utilizan el Croos-docking para los circuitos de entrega a cadenas de autoservicio. No obstante, aún lo desconocen como medida de reducción de costos para entrega a otros clientes particulares o medios mayoristas. Igualmente, la tendencia del Cross-docking en México ha ido en incremento, a fin de optimizar costos y mejorar la red de distribución. Por ejemplo, diversos operadores logísticos en la actualidad ofrecen servicio metropolitano y nacional, al tiempo que miden su fortaleza por las cajas, toneladas o metros cúbicos movidos a diferentes contratos. Uno de los principales medios para reducir los costos laborales y el tráfico en una terminal de Cross-docking es la programación de camiones, ya que determina patrones de flujo de mercancías dentro del almacén y la carga resultante en cada sistema de manejo de materiales, esto mediante la colocación de los camiones en las puertas correctas, así los encargados de la terminal evitan que los trabajadores se trasladen demasiado lejos y reducen el tráfico de la carretilla elevadora y, por lo tanto, el tiempo de operación, así el problema de programación de camiones decide así la secuencia de los camiones entrantes y salientes en las puertas del muelle.

Esta investigación se centra principalmente en la comparativa entre un sistema de administración de almacén tipo dedicado y un sistema de administración con enfoque Cross-docking, en dicha comparativa se establece que ambos modelos comparten una estructura de operaciones generales similar, en cuanto se refiere a entradas de Tráilers de proveedores y Camiones repartidores, así como características generales de layout en cuanto a bahías de entrada y salida; en términos generales se busca obtener datos que al ser analizados reflejen las ventajas que un sistema Cross-docking puede ofrecer a la gestión de un almacén y con ello mejorar su nivel de servicio.

Metodología

Como menciona Gong en su investigación realizada en 2010, una clave para mantenerse competitivo en el actual y dinámico mundo empresarial el cual está lleno de incertidumbre, las operaciones logísticas dentro de los almacenes se enfrentan a retos como tiempos de entrega más cortos, mayor manejo de pedidos y variedad de estos y hacer frente a sistemas cada vez más flexibles, pero al igual cada vez más complejos. Existen actividades dentro del almacén que se enfrentan a incertidumbres, tales como las inspecciones en la recepción de mercancías que arriban al almacén y dónde de forma típica ocurre una aceptación o rechazo de las mercancías, llevando esto a nuevos procesos dentro del almacén.

Una forma de manejar las ventanas de tiempo es mediante la penalización de actividades anticipadas o retrasadas, para ello se utilizan costos aplicados directamente a estas rupturas de las ventanas de tiempo, llevando a disminuir la posición optima de la ventana y por ende abra un aumento de costos en la operación; la simulación es una herramienta muy poderosa que se puede utilizar en la fase de diseño y puede estudiar el rendimiento de los diseños de flujo de operaciones, es decir la programación de actividades bajo un nuevo sistema de producción JIT; usando simulación se pueden comparar diferentes diseños dependiendo de los materiales manejo de carga, el uso (o carga) del operador se puede estimar en operación dinámica del sistema de producción JIT; estos usos son útiles en el trabajo de diseño y en negociaciones con los sindicatos, además, usando la animación por computadora para el funcionamiento del diseño de fábrica bajo el sistema JIT se puede ver antes de la implementación su desempeño, esto es extremadamente útil para identificar los potenciales cuellos de botella y áreas problemáticas, y establecer confianza en el nuevo sistema entre sindicatos, operadores y administración.

Modelo inicial (actual)

Como primera instancia se desarrolla un modelo que plasma la forma más habitual de las actividades de un centro de distribución, identificando los procesos físicos del almacén: In bound (Recive, Put away), Storage, Out bound (Picking, Pack and Ship). Este modelo cuenta con la característica de recibir camiones de proveedores con multi marcas, es decir no son proveedores dedicados, así mismo embarca sus productos a repartidores multi marcas.

El modelo está basado en recibir en un CEDIS mercancías con tres tipos (Tipo 1, tipo2, tipo,3), las cuales están distribuidas con una frecuencia de llegada de 45% al tipo 1, 30% al tipo 2 y 25% al tipo 3; y en su salida no importa el porcentaje de mezcla de ellas en los repartidores. El CEDIS que se diseñó cuenta con 3 bahías de entrada para los procesos de recepción (In bound) y tres bahías para los procesos de salida (Out bound), así como con tres zonas de arrumbes los cuales están asignados a cada marca y funcionan como un almacén dedicado; para la construcción del modelo, se estableció un proceso general de las actividades que se requieren para la operación de un CEDIS enfocándose a la Desconsolidación y la Consolidación de mercancías.

 ISSN 2007-8102

Para el caso del Tráiler proveedor, una vez que pasó por la desconsolidación de mercancías, éste se dirige a la Caseta 3 y posteriormente a la Puerta 3 para salir del CEDIS y abandonar el sistema; para el caso del Camión repartidor, éste ingresa al sistema mediante su llegada al CEDIS por la Puerta 2, para continuar a la Caseta 2 y con ello estacionarse en la Bahía de salida correspondiente para así ser consolidado con mercancía.

Este modelo cuenta con la característica de que conforme al tipo de mercancía (Tipo 1, tipo 2 o tipo 3) y es por ello por lo que en cuanto se desconsolida un Tráiler de proveedor, el montacargas asignado mueve la mercancía a su arrumbe correspondiente sin hacer mezcla alguna. Para el caso de la consolidación de Camiones repartidores, aquí si se realiza una mezcla de mercancías y es por ello por lo que los montacargas asignados a esta operación pueden tomar elementos de cualquier arrumbe. Otra característica del modelo es que en la zona de arrumbes, cada montacargas tiene tres rutas de despacho, que van de su Bahía de entrada a los tres arrumbes dedicados, y para el caso de la consolidación ocurre la misma condición, la cual va de cada arrumbe a Bahía de salida y para el desarrollo del modelo se utilizaron datos discretos agrupados en funciones Normales, Triangulares y Exponenciales; dichos datos fuesen recabados mediante la observación directa de actividades y operaciones de tres diferentes CEDIS y se promediaron y estandarizaron las observaciones para así poder construir una base de datos que sirviese para generar las distribuciones y alimentar el modelo.

Modelo propuesto

Una vez generado el primer modelo y observado su desempeño, se procedió a la construcción de un modelo propuesto, el cual está diseñado bajo los conceptos clave del Cross-docking, el modelo propuesto básicamente utiliza el mismo flujo de procesos de las actividades del CEDIS, desde la llegada de Tráilers proveedores, hasta la salida de Camiones repartidores con mercancías. La diferencia está en el ruteo interno y el manejo de tiempos.

Las características principales de este modelo son tres: Primero, las mercancías al ser desconsolidadas no se asignan a un arrumbe dedicado según su marca (Tipo 1, tipo 2, tipo 3), es decir las mercancías son ubicadas indistintamente en cualquier arrumbe, esto genera que en vez de contar con una zona de almacenamiento, esta sea más bien una zona de mezcla de mercancías tal como se maneja en el sistema Cross-docking, la siguiente característica es que tanto los montacargas de desconsolidación, como los de consolidación ya no viajan a cada uno de los arrumbes o zonas de mezclado, así como los montacargas de consolidación tampoco viajan a cada una de las Bahías de salida, ya que al existir una mezcla de mercancías, cada zona de mezcla cuenta con los tres tipos de mercancías. Por último, la otra característica de este modelo propuesto, es los tiempos de operaciones de consolidación y desconsolidación, el estacionamiento del Tráiler de proveedor y la llegada de camiones de repartidor, ya que al aumentar el flujo de descargas debido a menores distancias recorridas dentro del CEDIS y bajo el precepto de que las mercancías no se deben almacenar en un sistema Cross-docking, sino únicamente se ubican en la zona de mezcla para su cruce de bahía; se procedió a utilizar datos de operaciones diferentes a los del primer modelo.

Método de resolución

Para solucionar dichos modelos, se utilizó la simulación de eventos discretos, mediante el uso del software SIMIO, en el cual se moldearon ambos escenarios.

Los escenarios tienen la siguiente arquitectura:

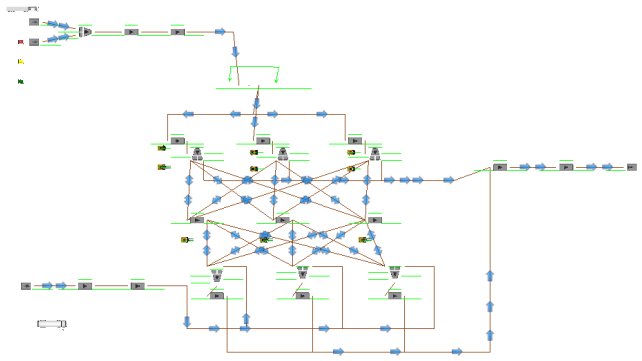


Figura 2. Arquitectura en SIMIO del modelo actual.

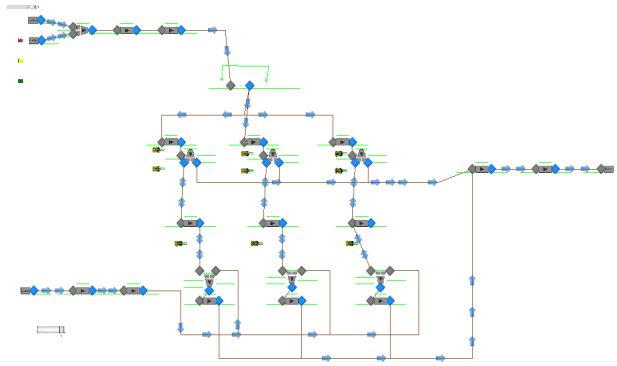


Figura 3. Arquitectura en SIMIO del modelo propuesto.

 ISSN 2007-8102

Como se puede apreciar en ambos modelos un elemento clave para ellos es el uso de combinadores y separadores en la arquitectura de la simulación, así como caminos internos bi-direccionales a escala, uso de vehículos con restricciones de velocidad y una programación y secuenciación de las marcas que se manejan en los escenarios. También en las figuras anteriores, se puede observar la diferencia entre el número de caminos asignados a los montacargas en la zona de desconsolidación y en la zona de consolidación; así mismo se muestra el diseño de estos escenarios bajo una perspectiva en 3d y con elementos a detalle de los equipos existentes en un CEDIS.

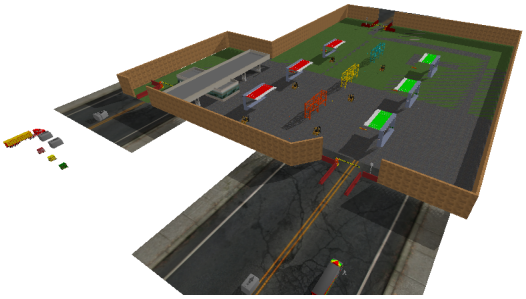


Figura 4. Vista 3d del layout del CEDIS

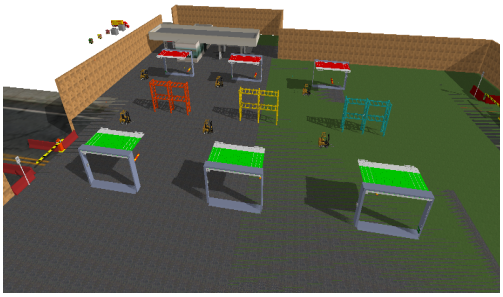


Figura 5. Vista a detalle 3d del layout del CEDIS

Otro elemento importante para el desarrollo de los modelos fue que se asignaron tiempos de simulación de 15.95 horas para cada corrida, y se realizaron 30 corridas de cada modelo.

Resultados y discusión

Como resultados de la simulación de los dos modelos, bajo un enfoque comparativo se puede observar diferencias entre los tiempos de uso de los montacargas tanto de la zona de desconsolidación como de la zona de consolidación, al igual que las distancias totales recorridas en ambas zonas y la cantidad de tarimas de mercancía desplazada.

Vehiculo 1		Vehiculo 4		Vehiculo 7	
Distancia recorrida	31,320.00	Distancia recorrida	24,625.00	Distancia recorrida	36,585.00
% de participación	19.67	% de participación	15.47	% de participación	22.98
Tiempo en uso	3.13	Tiempo en uso	2.46	Tiempo en uso	3.65
Tiempo en espera	12.78	Tiempo en espera	13.45	Tiempo en espera	12.25
Tarimas desplazadas	283	Tarimas desplazadas	252	Tarimas desplazadas	252

Tabla 1. Desempeño de Montacargas (vehículos) de la zona de desconsolidación.

Vehiculo 2		Vehiculo 5		Vehiculo 8	
Distancia recorrida	34,960.00	Distancia recorrida	13,160.00	Distancia recorrida	36,585.00
% de participación	21.96	% de participación	8.26	% de participación	22.98
Tiempo en uso	3.49	Tiempo en uso	1.31	Tiempo en uso	3.65
Tiempo en espera	12.42	Tiempo en espera	14.6	Tiempo en espera	12.25
Tarimas desplazadas	382	Tarimas desplazadas	192	Tarimas desplazadas	252

Tabla 2. Desempeño de Montacargas (vehículos) de la zona de consolidación.

En las tablas anteriores muestran el comportamiento de los montacargas en relación con su desempeño bajo el modelo actual en el que opera el CEDIS, es decir sin elementos Croos-docking.

 ISSN 2007-8102

Vehiculo 1		Vehiculo 4		Vehiculo 7	
Distancia recorrida	11,305.00	Distancia recorrida	6,265.00	Distancia recorrida	7,525.00
% de participación	7.07	% de participación	3.91	% de participación	4.7
Tiempo en uso	1.03	Tiempo en uso	0.62	Tiempo en uso	0.75
Tiempo en espera	14.85	Tiempo en espera	15.35	Tiempo en espera	15.23
Tarimas desplazadas	162	Tarimas desplazadas	90	Tarimas desplazadas	108

Tabla 3. Desempeño de Montacargas (vehículos) de la zona de desconsolidación.

Vehiculo 2		Vehiculo 5		Vehiculo 8	
Distancia recorrida	8,075.00	Distancia recorrida	4,475.00	Distancia recorrida	1,505.00
% de participación	5.05	% de participación	2.79	% de participación	0.94
Tiempo en uso	0.8	Tiempo en uso	0.44	Tiempo en uso	0.15
Tiempo en espera	15.17	Tiempo en espera	15.23	Tiempo en espera	15.83
Tarimas desplazadas	162	Tarimas desplazadas	90	Tarimas desplazadas	108

Tabla 4. Desempeño de Montacargas (vehículos) de la zona de consolidación.

Las tablas anteriores, muestran el desempeño de los montacargas ahora bajo el modelo propuesto, el cual opera bajo los criterios del Cross-docking.



Figura 6. Análisis de regresión lineal de variables Tiempo de uso vs. Distancias.

En el gráfico anterior se muestra la pendiente existente entre las variables tiempo de uso en relación con distancias recorridas, teniendo una relación fuertemente positiva entre ambas y teniendo una correlación de 99% con una certeza estadística reflejada en su P-value de 2. 07052E-33 referente a un nivel de confianza de 95%. Dicho análisis de regresión lineal se basa en los tiempos de uso de los montacargas de las bahías de desconsolidación de ambos modelos, y refleja que a menor tiempo de uso es debido a que existen menores distancias por recorrer, por lo cual el desplazamiento de mercancías desde las bahías de desconsolidación hacia arrumbes es mayor ya que son zonas dedicadas y para el área de mezcla de mercancías es mucho más rápido ya que en esta zona no es un área dedicada.
Aunado a estos resultados, se muestran a continuación el desempeño de ambos modelos en referencia a la cantidad de Tráilers de proveedores y Camiones repartidores despachados.

MODELO ACTUAL				MODELO PROPUESTO			
	ENTRADAS	SALIDAS	DIFERENCIA		ENTRADAS	SALIDAS	DIFERENCIA
TRAILER PROVEEDOR	56	36	20	TRAILER PROVEEDOR	23	19	4
CAMION REPARTIDOR	32	26	6	CAMION REPARTIDOR	32	30	2

Tabla 5. Desempeño de despacho de unidades.

La tabla anterior muestra el número de unidades que entraron al sistema y fueron despachados principalmente en las actividades de desconsolidación y de consolidación. Se puede observar que en un sistema tradicional se

quedan en el sistema 26 unidades lo cual puede representar un costo alto para el almacén, mientras tanto que en un sistema Cross-docking solo se quedan 6 unidades en el sistema, lo cual puede incidir relevantemente en los costos generados al almacén por dicho suceso.

	ENTRADAS	SALIDAS	DIFERENCIA
ARRUMBE 1	411	382	29
ARRUMBE 2	192	192	0
ARRUMBE 3	184	176	8
EN STOCK			37
	ENTRADAS	SALIDAS	DIFERENCIA
ARRUMBE 1	162	162	0
ARRUMBE 2	90	90	0
ARRUMBE 3	108	108	0
EN STOCK			0

Tabla 6. Desempeño de almacenamiento de mercancías.

La tabla anterior muestra la cantidad de mercancías que pasaron por los arrumbes tanto en el modelo actual y en el modelo propuesto.

	ENTRADAS	SALIDAS	DIFERENCIA
MARCA 1	448	127	321
MARCA 2	192	46	146
MARCA 3	192	35	157
EN STOCK			624

	ENTRADAS	SALIDAS	DIFERENCIA
MARCA 1	176	114	62
MARCA 2	112	67	62
MARCA 3	80	59	124
EN STOCK			248

Tabla 7. Desempeño de almacenamiento de mercancías.

La tabla anterior muestra la cantidad de mercancías que fueron despachadas en el sistema tanto en el modelo actual y en el modelo propuesto.

Trabajo a futuro

Por lo anterior, para investigaciones futuras se puede partir de comprobar el sistema ruteo de proveedores y repartidores utilizando un CEDIS con enfoque Cross-docking, así como la inclusión de una variable enfocada a muestreos de aseguramiento de calidad en los procesos de desconsolidación y consolidación de mercancías en el sistema Cross-docking.

Conclusiones

En el presente trabajo se ha planteado el diseño de actividades de Cross-docking en la gestión de un almacén, en el cual se ha podido observar la evidencia de mejoras ante un sistema tradicional donde existe la presencia de almacenamiento dedicado. Como primer punto es importante mencionar que una modificación entre el modelo actual y el propuesto es la frecuencia de llegadas de los Tráilers de proveedores, ya que bajo las políticas de un sistema de almacenamiento dedicado existe como tal la retención de mercancías por un periodo de tiempo establecido y por ello pueden arribar más unidades para proveer mercancías; mientras que en sistema bajo lineamientos de Cross-docking, se deben programar bajo ventanas de tiempo el arribo de las unidades de los proveedores con el fin de hacer un proceso más ágil y flexible en la zona de mezclado y el traslado de mercancías, ya que no existe el almacenamiento de ellas. Por lo anteriormente expuesto, en el segundo modelo llegan menos Tráilers de proveedores al sistema, con ello se ayuda a que el sistema no se sature en la entrada de mercancías y su paso por la zona de mezcla y así llegar más pronto a las bahías de salida ya para operaciones de consolidación de los Camiones repartidores, j justo por esta restricción es que aparentemente en los resultados se ve que hubo menos tarimas de mercancía desplazada por los montacargas en el modelo propuesto (operado bajo enfoque Cross-docking), sin embargo es directamente proporcional a la frecuencia de llegada de los

proveedores, haciendo que su impacto sea mayor en cuanto al desplazamiento de mercancías en relación al modelo operado bajo un almacén dedicado; es decir, en el modelo Cross-docking se mueven más mercancías y de forma más rápida que en un modelo tradicional.

Otro resultado interesante que se puede observar y que es contundente sobre las bondades de optar por un sistema Cross-docking, es en la cantidad de tarimas de mercancía que pasan por lo que es la zona de arrumbe para almacenamiento en el caso de un sistema dedicado y de la zona de mezcla en el caso del sistema Cross-docking. Par el caso de un sistema dedicado quedan en retención temporal quedan 37 tarimas detenidas en el sistema al término de la simulación (recordar que tiene una duración de 15.95 horas), esto generando posibles costos al sistema por concepto de almacenaje. Para el caso del modelo bajo un enfoque Cross-docking no queda ninguna tarima de mercancía en la zona de mezcla y con ello reducir notablemente los costos del almacén. También los resultados reflejan la cantidad de tarimas de mercancías desplazadas en ambos sistemas, mientras que el desplazamiento en el sistema tradicional (modelo actual) es de un 25%, el del sistema bajo enfoque Cross-docking es de un 33%, esto da un incremento proporcional de un 8%; en donde la diferencia puede hacer que se desplacen aproximadamente 67 tarimas de mercancías más y esto se reflejaría ya sea en dar servicio a 4 Tráilers de proveedores o 8 Camiones de repartidores. Se comprobó que el tamaño de muestra utilizado pudo brindar certeza estadística a la modelación, así como el desarrollo de los modelos en SIMIO, permitió validar los beneficios comparados entre un sistema de almacenamiento dedicado y un sistema de gestión de almacenes bajo conceptos de Cross-docking.

Referencias

1. Li, Y., Lim, A., & Rodrigues, B. "Cross-docking—JIT scheduling with time windows". Operational Research Society. 2004. p. 1342–1351.
2. Agustina, D., Lee, C., & Piplani, R. "Cross Docking Scheduling with Delivery Time Window and Temporary Storage". 2011. p.131-135.
3. Shakeri, M., Low, M. Y., & Lee, E. W. "Development of a Novel Resource-Constrained Cross-docking Model for the Truck Scheduling Problem". 2010. p.1-9.
4. Wang, H. Y., Lee, C., & Wah, L. E. "An Investigation of Logistic Operation in a Cross-docking Distribution System with RFID". 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Singapore Institute of Manufacturing Technology. 2009. p. 969-974.
5. Wisittipanich, W., & Hengmeechai, P. "A Multi-Objective Differential Evolution for Just-In-Time Door Assignment and Truck Scheduling in Multi-door Cross Docking Problems". Industrial Engineering & Management Systems. 2015. p. 299-311.
6. Boysen N. “Trucks scheduling at zero-inventory Cross-docking terminals”. Computers & Operations Research. 2009. p. 37, 32-41.
7. Bartholdi,J., Gue, K.“The Best Shape for a Cross-dock”. Transportation Science 38(2). 2004. p. 235-24.
8. Distribución directa al cliente (2017) vía E. Logística [En línea] Disponible en http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/4551-distribucion-directa-al-cliente, acceso 7/7/2017.
9. Shakeri, M., HeanLow, M. Y., Turner, S. J., & Lee, E. W. "A robust two-phase heuristic algorithm for the trucks cheduling problem in a resource-constrained cross dock". Computers & Operations Research. 2012. p. 2564–2577.
10. Wu, Y., Dong, M., & Yang, D. "Cross-docking centre operation optimization using simulation-based genetic algorithm". J. Engineering Manufacture, 2012. p. 1175-1187.
11. Boloori Arabani, A.R., Fatemi Ghomi, S.M.T., Zandieh, M. “A multi-criteria cross-docking scheduling with just-in-time approach”. Int J Adv Manuf Technol, (49). 2009. p. 741-756.
12. Gong, Y., Réne, B., Koster, R. “A review on stochastic models and analysis of warehouse operations”. Logist. Res., 3. 2011. p. 191–205.
13. Poon, T.C., Choy, K.L., Chan, F.T.S., Ho, G.T.S. “A real-time warehouse operations planning system for small batch replenishment problems in production environment”. Expert Systems with Applications. 2011. p. 8524–8537.
14. Pérez, E., Guerrero, W. “Métodos de optimización para el problema de ruteo de vehículos con inventarios y ventanas de tiempo duras”. Revista Ingeniería Industrial- Universidad del Bío-Bío. (14). 2015. p. 31-49.
15. Bushuev, M. “Supply chain delivery performance: points of view of a supplier and a buyer” Dept. of Management and Information Systems, Kent State University. 2014. p. 9-10.

Optimización de los cálculos de tiempo estándar mediante la automatización del MTM implementando un Software

C. L. Castrejón Cerro[1], H. M. Ortiz Delgado[1], B. G. Contreras Galván[2], V. J. Avalos Navarro[1], D. O. Zamora Valdovinos[1]*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, [2] Departamento de Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Colima, Av. Tecnológico No. 1, Colonia Liberación, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima, México
**claudia.castrejon@itcolima.edu.mx*
Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Cualquier operación manual repetitiva es susceptible de analizarse y determinar el tiempo que un operario conlleva realizar la tarea a velocidad normal y llegar a un tiempo estándar que permita evaluar su desempeño. El procedimiento para establecer un tiempo estándar mediante el sistema MTM involucra mucho trabajo manual de registro y procesamiento de datos lo cual incrementa la posibilidad de error humano para el cálculo correspondiente. En este trabajo se muestra la aplicación de un software que se desarrolló para la optimización del tiempo de procesamiento para establecer un tiempo estándar mediante el sistema de normas de tiempos predeterminados denominado MTM. Con el desarrollo del software reducimos a cero el tiempo de procesamiento manual que incluye la búsqueda de los tiempos predeterminados en cada una de las tablas de MTM. La ventaja principal de la aplicación es eliminar el procesamiento manual de información para la generación de un tiempo estándar.

***Palabras clave**: Estudio, Movimiento, Software, Tiempo.*

Abstract

Any repetitive manual operation is able to be analyzed and determine the time a qualified operator requires at a normal speed and get a standard time which allows to evaluate his performance. The process to set a standard time through the MTM system requires a lot of handwork in order to record and process data, which increases the human mistake range for the calculation. This article shows the application of a software developed for the optimization of the process time required to set a standard time through the system of predetermined time standards, known as MTM. This software reduces to zero the manual process time which includes the searching of predetermine times in the MTM charts. The main advantage of develop this software is to delete the manual processing of information for the generation of a standard time.

***Key words:** Movement, Research, Software, Time.*

Introducción

El entorno actual en las organizaciones es cada vez más complejo y dinámico, las exigencias de los clientes son más altas, requieren productos de calidad, precios justos y tiempos de entrega inmediatos. Esto ha obligado a las organizaciones a incorporar herramientas y técnicas para ser más competitivos en la gestión de sus resultados. Por lo tanto, una opción para incrementar la competitividad es a través de la sencillez, rapidez, seguridad y eficiencia de los procesos. Para esto, existen herramientas que permiten mejorar la productividad a través de métodos, estudio de tiempo estándares (medición del trabajo) y diseño del trabajo (Freivalds, 2014).

El estudio de tiempo y movimiento es una herramienta que sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por parte de un operario para llevar a cabo dicha operación.

Los estudios de tiempos empezaron en Francia en el siglo XVIII, cuando Perronet realizó estudios acerca de la fabricación de alfileres, pero no fue hasta finales del siglo XIX, con las propuestas de Frederick Taylor que estas

se difundieron y fueron conocidas. Taylor fue llamado el padre de la administración científica y desarrolló el concepto de “tareas”, en el que proponía que la administración se encargará de la planeación del trabajo de cada uno de sus empleados y que cada trabajo tuviera un tiempo basado en el desempeño de un operario experto. Posteriormente, los esposos Gilbreth, con base en los estudios de Taylor, ampliaron y desarrollaron el estudio de movimientos dividido en 17 movimientos fundamentales llamados Therbligs, Tejeda (2017).

Actualmente, las técnicas para estudio de tiempos han evolucionado rápidamente debido al avance tecnológico, permitiendo incorporar herramientas de punta aplicadas para este objetivo, facilitando con esto la labor del analista para obtener: mayor precisión, velocidad de aplicación y resultados rápidos, confiables y comprensibles [Maldonado, Escobedo, De la Riva, 2015].

Los expertos, realizan los estudios de tiempo a través de la utilización de alguna de las siguientes técnicas: registros tomados en el pasado para crear la tarea, estimaciones de tiempo realizadas, tiempos predeterminados, análisis de película y estudios de tiempo con cronómetro. La técnica de estudios de tiempo con cronometro es una de las técnicas utilizadas con mayor frecuencia, (Freivalds, 2014).

No obstante, desde los tiempos de Taylor, la administración se ha dado cuenta de lo deseable que resulta asignar tiempos estándar a los elementos básicos del trabajo. Estos tiempos se conocen como *tiempos de movimientos básicos*, *tiempos sintéticos* o *tiempos predeterminados*. Se asignan a los movimientos fundamentales y a grupos de movimientos que no se pueden evaluar con precisión mediante los procedimientos ordinarios de estudio de tiempos con cronómetro. También son el resultado de estudiar una muestra grande de operaciones diversificadas con un dispositivo tal como una cámara de filmación o videograbación, capaz de medir elementos muy cortos. Los valores de tiempo son sintéticos puesto que con frecuencia son el resultado de las combinaciones lógicas de Therbligs; son básicos porque un mayor refinamiento es difícil e impráctico; son predeterminados porque se usan para predecir los tiempos estándar de nuevos trabajos que resultan del cambio de métodos, (Freivalds, 2014).

En 1940 los ingenieros americanos Maynard, Schwab y Stegemerten en colaboración con la Westinghouse Electric Corporation y el Comité de Ingeniería de Métodos (Methods Engineering Council) de Pittsburgh, Pennsylvania (EEUU), trabajaron en el desarrollo de los datos en los se basa el método básico MTM.

El sistema MTM está reconocido por la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) como una de las principales técnicas de medición de trabajo en el libro “Introducción al estudio del trabajo” de la OIT (Ginebra). MTM es el acrónimo en inglés de **Methods Time Measurement**, traduciéndose al castellano conservando el mismo acrónimo, como **Medida del Tiempo de los Métodos**. En el contexto del estudio del trabajo los sistemas de tiempos predeterminados se definen como procedimientos que permiten calcular tiempos teóricos de ejecución de actividades totalmente influenciables por el hombre. De la utilización de estos tiempos surgen ideas para la optimización del diseño de puestos y métodos de trabajo. La familia de sistemas MTM continúa en crecimiento. Además de MTM-1, la asociación ha introducido MTM-2, MTM-3, MTM-V, MTM-C, MTM-M, MTM-MEK, MTM-UAS y la herramienta de Software basada en Windows MTM-Link. ["¿Qué es el MTM? - MTM Ingenieros", 2019].

Considerando lo anterior, en este trabajo de investigación se propone optimizar los cálculos de tiempo estándar mediante la automatización del MTM implementando un Software, el cual hace uso de tecnologías informáticas, tales como, consultas a bases de datos y programación para dispositivos móviles.

Actualmente existen herramientas que son utilizadas para realizar la medición de tiempos de los movimientos básicos que cuentan con funciones eficaces y eficientes de fácil entendimiento para el usuario, con la posibilidad de realizar el levantamiento y almacenamiento de los datos, como son:

- Time GIP
- SEIT *(Instituto Tecnológico de Aguascalientes)*
- TiCon TS, *Deutsche MTM-Gesellschaft, MTM México*.
- MTM-LINK para Windows

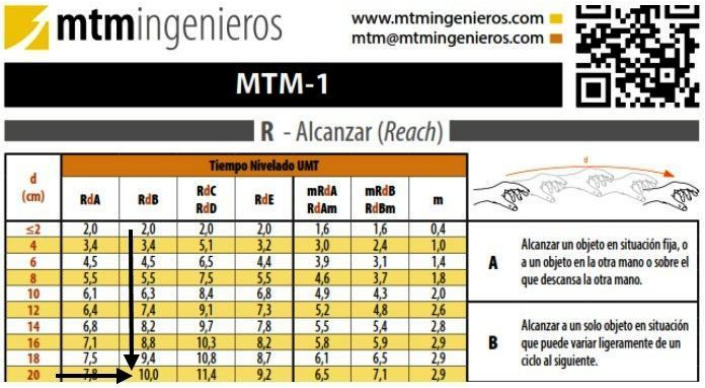
Metodología

MTM-1 es un sistema potente, puesto que es llega al más bajo nivel en la descomposición de los movimientos necesarios para realizar una operación dada. Para asignar estos tiempos antes referidos se descomponen las operaciones en movimientos básicos, los cuales son:

a) Movimientos de los miembros superiores.
   i. Elementos básicos: Alcanzar, Mover, Coger, Posición, Soltar y Desmontar.
   ii. Movimientos secundarios: Girar, Aplicar Presión y Manivela.
b) Movimientos de los miembros inferiores: Movimiento del pie y Movimiento de la pierna.
c) Movimientos de cuerpo.
   i. Desplazamientos: Andar y Paso lateral.
   ii. Flexión: Giro del cuerpo, Doblarse, Agacharse, Sentarse, Poner una rodilla en el suelo, Arrodillarse, Levantarse.
d) Movimientos visuales: Enfoque ocular y Recorrido ocular.

Para cada uno de los movimientos básicos se dispone de una tabla de valores de tiempos predeterminados.

Para cada movimiento básico se identificaron las variables que afectan dicho movimiento, por ejemplo, en el movimiento básico ***Alcanzar,*** la distancia recorrida por la mano, la complejidad del movimiento, el peso y la velocidad antes o después del movimiento, son las variables que afectan el tiempo de este movimiento básico. Cada una de esas variables se localiza en la tabla correspondiente y obteniéndose el tiempo en la unidad de medida de tiempo (TMU, por sus siglas en Inglés) con una equivalencia de 1 TMU = 0.036 seg; por lo tanto, si el operario mueve su mano 20 cm hasta un objeto que se encuentra aislado, es fácil asirlo (agarrarlo), cuya ubicación puede variar ligeramente de un ciclo a otro y el objeto pese menos de 1 kg, la notación para representar dicho movimiento es R20B, equivalente a 10 TMU, equivalente a 0.36 seg, tal y como se aprecia en la figura 1.


mtmingenieros
www.mtmingenieros.com
mtm@mtmingenieros.com

MTM-1

R - Alcanzar (*Reach*)

d (cm)	Tiempo Nivelado UMT						
	RdA	RdB	RdC RdD	RdE	mRdA RdAm	mRdB RdBm	m
≤2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9

A — Alcanzar un objeto en situación fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el que descansa la otra mano.

B — Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.

Fig. 1. Valores de Alcanzar.
Fuente: ["¿Qué es el MTM? - MTM Ingenieros", 2019].

De esta manera se obtienen los valores predeterminados para cada movimiento básico que realice el operario para realizar una operación, y la suma de todos los tiempos arroja el tiempo básico, al cual, se le añaden el porcentaje de suplementos y finalmente se determina el tiempo estándar.

Por lo tanto, el procedimiento general para el cálculo de tiempo estándar implementando MTM-1, es el siguiente:

- El analista selecciona la tarea y el operario calificado.
- Se recopila la información pertinente de las condiciones de trabajo.
- Se filma la operación.
- Se realiza un diagrama bimanual, es decir, se identifican todos los movimientos básicos de la mano derecha y la mano izquierda que se requieren para realizar el trabajo adecuadamente.
- En las tablas de tiempos predeterminados, se localizan los valores correspondientes.
- Se registran los tiempos predeterminados en TMU.
- Se determinan los suplementos por descanso.
- Se calcula el tiempo estándar, añadiendo al total de TMU del diagrama bimanual, el porcentaje de suplementos, y finalmente esta cantidad se multiplica por 0.036 seg.

Además, la Tabla 1, ilustra la exactitud absoluta total, a 90% de nivel de confianza de todos los sistemas MTM. En la Tabla 2, se compara el nivel de detalle, como el número de Therbligs o movimientos básicos que se utilizan, el tiempo para analizar un trabajo (expresado como un múltiplo del tiempo de ciclo de la tarea), y la exactitud de los tres sistemas MTM básicos.

En forma global, MTM-2 puede ser una buena opción entre el tiempo excesivo que requiere MTM-1 y la poca precisión de MTM-3. Una tarea de 6 minutos requerirá aproximadamente de 600 minutos para ser analizada con MTM-2 y tendrá una desviación no mayor a 0.24 minutos.

Esta investigación se desarrolló codificando el algoritmo del método de medición de tiempo MTM proporciona valores de tiempo de los movimientos básicos, tales como, *alcanzar, asir, mover, girar, posicionar, desenganchar, soltar, aplicar presión, recorrido ocular, y movimientos del cuerpo, pierna y pie*.

Tabla 1.
Comparativa de MTM-1, MTM-C (1) y MTM- C(2).

Técnicas	Número de elementos	Estándar
MTM-1	57	577.8
MTMT-C nivel 1	21	577
MTM-C nivel 2	11	575

Operación "*Reemplazar página en carpeta de tres argollas*" (Freivalds, 2014).

Como se observa en la Tabla 2, el tiempo para analizar una tarea es proporcional al tiempo de ciclo.

Tabla 2.
Comparación de MTM-1, MTM-2 y MTM-3, (Freivalds, 2014).

Therbligs utilizados	MTM-1	MTM-2	MTM-3
	Soltar, Alcanzar, Agarrar, Mover, Posicionar	Tomar, Poner	Manejar
Tiempo para analizar la tarea	250 x tiempo de ciclo	100 x tiempo de ciclo	35 x tiempo de ciclo
Velocidad relativa	1	2.5	7
Tiempo/exactitud – 100 TMU	15 min / ± 21%	6 min / ± 40%	2 min/ ± 70%
Tiempo/exactitud – 10 000 TMU	1,500 min ± 2.1%	600 min ± 4%	200 min ± 7%

Desarrollo e implementación del Software

El software desarrollado, se diseñó para trabajar en dispositivos móviles, lo cual permite su fácil utilización en cualquier sitio; el objetivo principal es eliminar el tiempo de registro y procesamiento de los tiempos predeterminados de cada movimiento básico que realiza el operario para cumplir con la tarea asignada, y con ello reducir los errores de registro y procesamiento manual, al buscar los valores en cada tabla del sistema MTM.

Para el diseño del modelo se consideraron como datos de entrada los códigos que representan cada uno de los movimientos básicos, incluyendo los movimientos simultáneos. La interfaz se desarrolló en el Framework de la App SailForms, la cual permite la interacción usuario – dispositivo de manera amigable, proporcionando los resultados del estudio de manera inmediata. La información procesada es almacenada en el dispositivo al momento de que se realiza el levantamiento, misma que puede ser impresa y/o enviada por correo electrónico.

El desarrollo del software se llevó a cabo bajo la metodología Programación Extrema (XP), es una metodología de desarrollo ágil software, poniendo énfasis en la adaptabilidad más que en la previsibilidad. Las etapas del desarrollo se realizaron de la siguiente manera: **1. Planeación**, se inicia el proyecto analizando los requerimientos de los usuarios, a través de las "historias de usuario"; evaluando los tiempos de desarrollo y posibles riesgos; **2. Diseño**, en esta etapa se redefinen el proceso a manera de algoritmo para dar soluciones simples (spike) y determinar si se puede reutilizar código ya generado en otros módulos; **3. Codificación**, en esta etapa se transforma el algoritmo en la programación correspondiente sobre la App SailForms; **4. Pruebas**, Se corrió el software en varias ocasiones con valores distintos de casos reales, para validar y asegurar su correcto funcionamiento, tanto con micro movimientos simples, así como micro movimientos simultáneos.

 ISSN 2007-8102

Pantallas del sistema

En la Figura 2 se muestra la pantalla principal de la aplicación MTM Software; en la Figura 3 se puede ver una sección de los datos solicitados para la captura de un nuevo Estudio de Tiempos y en la Figura 4, se puede apreciar el módulo de la captura de los códigos de los Micro Movimientos, los cuales forman parte de la Etapa 2.- Procesamiento de los datos.



Fig 2. Pantalla principal.



Fig 3. Estudio de tiempos.



Fig 4. Captura de micro Movimientos.

Resultados y discusión

Como resultado de la experimentación, los tiempos invertidos en cada una de las etapas para obtener el tiempo estándar del ensamble de un lego auto, fueron: 22 minutos para la ***identificación de los movimientos básicos*** de ambas manos, 13 minutos para la ***identificación del código*** correspondientes a cada movimiento básico, y finalmente 10 minutos para el ***procesamiento de los datos*** en forma manual para la obtención del tiempo estándar.

El sistema fue presentado e implementado en un curso de Capacitación Docente en el Instituto Tecnológico de Colima, obteniendo como resultado 0 minutos en el tiempo de ***procesamiento de los datos***.

Se realizó una práctica de ensamble de un pequeño auto con legos en el laboratorio de Métodos del Instituto Tecnológico de Colima, realizando todo el procedimiento manual para el establecimiento del tiempo estándar y comparando el resultado usando la herramienta tecnológica, cuyo resultado se describe en la Tabla 3.

Tabla 3.
Comparación de resultados. Fuente propia.

Elaboración	**Etapa 1.** Identificación de los movimientos básicos.	**Etapa2.** Identificación del código.	**Etapa 3**. Procesamiento de los datos.
Manual	22 min.	13 min.	10 min.
Con la aplicación	22 min.	13 min.	**0 min**.

Por último, se obtuvo un software capaz de realizar el análisis y procesamiento de los datos del método MTM-1. Dicho software está diseñado para adaptarse a las necesidades de cualquier empresa que requiera realizar un estudio de estandarización de tiempos, facilitando esta actividad a los ingenieros industriales o quienes colaboren en el área de gestión de la producción, así como a los estudiantes interesados en este tema.

Conclusiones

La presente investigación permitió la optimización de los cálculos de tiempo estándar mediante la automatización del MTM-1, implementando un software desarrollado en la App SailForms para dispositivos móviles, logrando eliminar en la Etapa 3 el tiempo de procesamiento de datos. El software propuesto e implementado permitirá agilizar el establecimiento de un tiempo estándar de cualquier actividad manual repetitiva.

Trabajo a futuro

Se considera la capacitación del personal Docente y no docente del Tecnológico Nacional de México, en aquellos Institutos donde se oferte la carrera de Ingeniería Industrial, así como en las PyMEs de la región centro occidente del país.

Referencias

- Andrade M. & Del Río C.& Alvear D. (JUNIO 2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. Scielo, 30, 3.
- “Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD”, Noris Leonor Tejeda Díaz, Víctor Gisbert Soler, Ana Isabel Pérez Molina. Revista 3C Empresa, Edición especial, Diciembre 2017, 39 – 49; Área de Innovación y Desarrollo, S. L. ISSN: 2254 – 3376.
- Niebel, B. W. & Freivalds, A. (2014). Ingeniería industrial de Niebel: Métodos, estándares y diseño del trabajo. México D. F.: McGraw-Hill.
- "¿Qué es el MTM? - MTM Ingenieros", 2019. Retrieved 5 September 2019, from http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-el-mtm/
- Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 Nº 2, Julio-Diciembre 2016, pp. 12-31, Sogamoso-Boyacá. Colombia ISSN Impreso 1900-771X, ISSN Online 2422-4324
- Rico, L., Maldonado, A., Escobedo, M. T., & De la Riva, J. (2015). Estudio de Tiempos. *Cultura Científica y Tecnológica*, (11).

Propuesta de mejora del suministro de cajas de cartón en una empacadora de Lima Persa en Martínez de la Torre, Ver.

C. Argüelles López[1], D. Guzmán Flores[2], L. Herrera Franco[3]*
[1]Profesor de Tiempo Completo, Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Ignacio de la Llave 182, Col. Centro, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Ver., México.
[2]Alumno egresado de IGE, Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Ignacio de la Llave 182, Col. Centro, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Ver., México.
[3]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Ignacio de la Llave 182, Col. Centro, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Ver., México.
**arguelles88@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
Se generó una propuesta de mejora basada en un estudio realizado al proceso de suministro de cartón a una empacadora de Lima Persa en la región de Martínez de la Torre, Veracruz. Esta empresa presentaba bajo rendimiento en las líneas de producción de 10 y 40 libras. Las herramientas y técnicas usadas para el desarrollo del proyecto fueron: el análisis de productividad, software de diseño, simulación y herramientas básicas de ingeniería industrial para la toma de tiempos y análisis del proceso.

Los resultados del proyecto ayudaron a tomar decisiones sobre la mejora del sistema que suministra cartón en el área de 10 libras de la empacadora, para ello se abordaron dos esquemas; en el primero se analizó el sistema actual y en el segundo se propuso un nuevo sistema de suministro mejorando las condiciones actuales.

La propuesta fue aprobada por la administración y se encuentra en proceso de construcción.

***Palabras Clave:** mejora, modelación, simulación, diseño.*

Abstract
An improvement proposal was generated based on a study carried out on the process of supplying cardboard to a Lima Persa packing company in the Martínez de la Torre region, Veracruz. This company presented poor performance in production lines of 10 and 40 pounds. The tools and techniques used for the development of the project were: productivity analysis, design software, simulation and basic industrial engineering tools for time-taking and process analysis.

The results of the project helped to make decisions about the improvement of the system that supplies cardboard in the 10-pound area of the baler, for which two schemes were addressed; in the first one the current system was analyzed and in the second one a new supply system was proposed improving the current conditions.

The proposal was approved by the administration and is under construction.

***Keywords:** improvement, modeling, simulation, design.*

Introducción
Las empacadoras de Lima Persa, ubicadas en la región de Martínez de la Torre, compiten todos los días con empresas del mismo giro a nivel local y nacional. En los últimos años las empacadoras de la región han optado por mejorar sus procesos productivos mediante la aplicación de técnicas de

 ISSN 2007-8102

ingeniería y reingeniería para mejorar su productividad. Además, el mercado internacional las ha obligado a cumplir con certificaciones específicas para conservar sus clientes a mediano plazo.

Algunos de los problemas que afectan en mayor medida a estas empresas son: alta rotación de personal, mala administración de recursos, inadecuada distribución de áreas, poco espacio para que el proceso fluya adecuadamente, falta de tecnología moderna, paros por falta de mantenimiento y bajo rendimiento por parte de los empleados, entre otros.

En este trabajo se propone una alternativa de mejora para agilizar el proceso de empaque de 10 libras en una empacadora de Lima Persa en Martínez de la Torre, Ver., basada en las situaciones problemáticas encontradas en un análisis previo del área bajo estudio. La mejora consiste en el rediseño del sistema de suministro de cajas de cartón, ya que con el sistema anterior se presentaban problemas de baja productividad para dos de las cuatro líneas en el área de empaque de 10 libras.

El método utilizado fue realizar un diagnóstico mediante medición de indicadores de productividad, simulación en el software SIMIO y ambientación en un software CAD. Con los resultados obtenidos se generó una propuesta para mejorar el sistema de suministro para la línea de 10 libras y se evaluó para validar el sistema propuesto. El software SIMIO, permite diseñar ambientes de trabajo bajo patrones de tiempos o sin ellos, también se utiliza para el traslado de identidades y estudiar hipótesis formuladas (Simio, 2010).

Metodología

Diagnóstico de la situación actual

El diagnóstico se enfocó al área de 10 libras, ya que, para la dirección de la empresa, fue la prioridad para establecer mejoras. En esta área trabajan 60 empacadores distribuidos en 60 estaciones en cuatro mesas de producción.

El sistema actual para el suministro cartón es de riel aéreo y cuenta con 40 ganchos con una capacidad máxima para transportar 160 cajas armadas y listas para empacar.

De acuerdo con el análisis del área de producción, las mesas 1 y 2 no tenían el mismo rendimiento que las mesas 3 y 4, ya que el diseño del sistema para el suministro de cajas favorecía en mayor medida a las mesas 1 y 2 por el sentido del suministro (Antihorario-Figura 1). Mientras que los operadores de las mesas 1 y 2 llenaban un pallet en 50 segundos en promedio, las mesas 3 y 4 lo hacían en 1.25 minutos, considerando que cada línea tiene 15 operarios y cada pallet contiene 200 cajas empacadas.

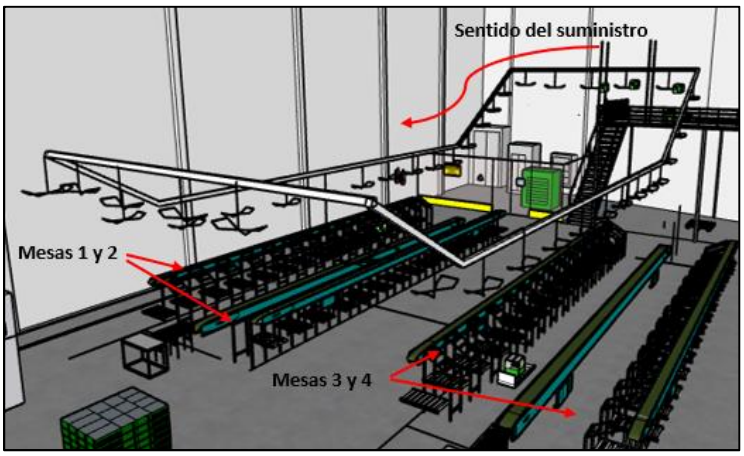


Figura 1. Sistema actual de suministro de cajas de cartón en el área de 10 lbs. (Elaboración propia).

 ISSN 2007-8102

Uso de métodos de medición

De acuerdo con el análisis de distancias recorridas, proveniente de un estudio realizado por dos meses, se obtuvo que existía inconveniente con el sistema actual, ya que algunos operarios de las mesas 3 y 4 debían desplazarse hasta 41 metros para obtener cajas de cartón, ya que, si no lo hacían, tenían que esperar a que las cajas llegaran a su estación de empaque afectando su productividad y beneficio económico, ya que la forma de pago es por caja empacada. Sin embargo, esta situación hace que exista perdida de tiempo por recorrido con el sistema actual (Figura 2).

	De	1	2	3	4	5	6
Hacia		Estación 1-5	Estación 16-21	Estación 31- 38	Estación 39-45	Estación 46-52	Estación 53-60
1	Estación 1-5		1.5	12	41	12.85	15.80
2	Estación 16-21	1.5		15.80	37	19.50	13.50
3	Estación 31- 38	12	15.80		39	23.50	8.70
4	Estación 39-45	41	37	39		1.5	6.75
5	Estación 46-52	12.85	19.50	1.5	23.50		11.60
6	Estación 53-60	15.80	13.50	8.70	6.75	11.60	

Figura 2. Promedio de distancia recorrida en metros por estación para la obtención de cajas de cartón (Elaboración propia).

En un análisis comparativo de rendimiento de las estaciones de trabajo de las mesas 1-4, se pudo observar que las estaciones de las mesas 1 y 2 tienen un rendimiento mayor, ya que generan más cajas empacadas en menor tiempo que las estaciones de las mesas 3 y 4 (Figura 3). Esta situación es debida a que el sistema actual obliga a los empacadores de las mesas 3 y 4 a trasladarse a las mesas 1 y 2 para obtener cajas (Figura 4).

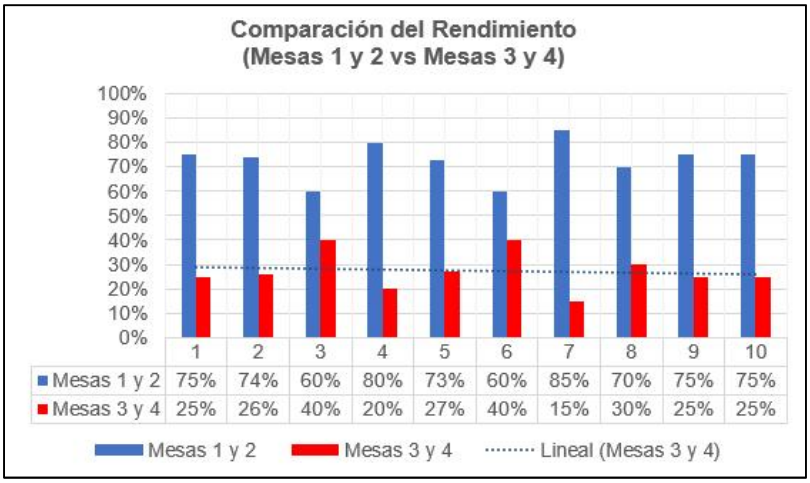


Figura 3. Comparación del rendimiento de las mesas de producción (Elaboración propia)

 ISSN 2007-8102

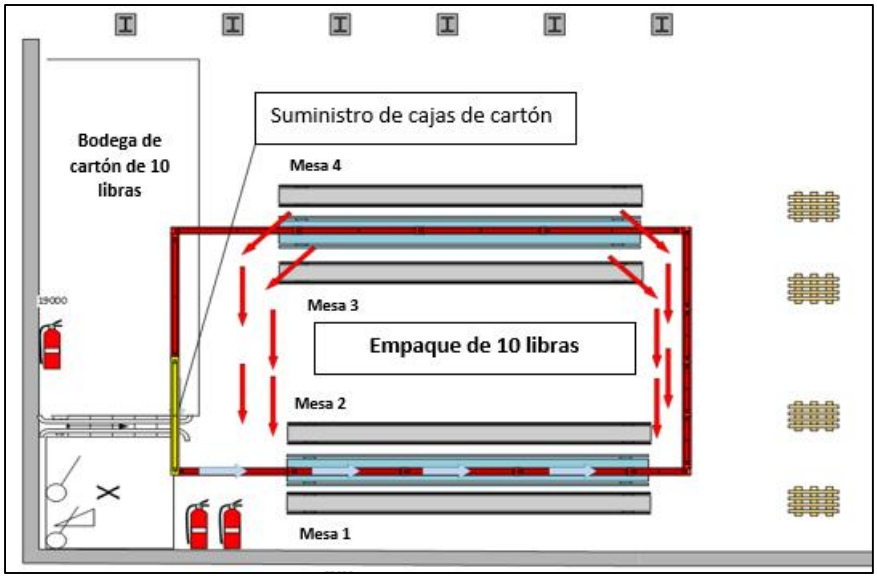


Figura 4. Flujo de empacadores para obtención de cajas de cartón (Elaboración propia).

Además de realizar un análisis de recorrido y comparación del rendimiento de las mesas de trabajo, también se realizó un análisis de costos en el área de 10 libras, la cual se aprecia en la tabla 1. Según Render (2009), es necesario incluir las holguras y el costo que representan, ya que, en un sistema real, siempre existen actividades que consumen recursos y por lo tanto generan un costo.

Tabla 1. Costo total de empaque en el área de 10 libras.

Costo del Área del empaque de 10 lb.		
Sueldo de empleados		$ 830,088.00
Horas trabajadas diarias		10
Días laborados al mes		24
Total de horas trabajadas por mes		240
Valor hora de trabajo		$3,458.70
Valor minuto de trabajo		57.65
Metros recorridos de actividad 4 a 3		16
Tiempo en minutos que se demora el transcurso		7
Valor del costo de los 7 minutos		**$343.52**
Valor del metro en el recorrido		**$2.29**
Tiempo Aproximado de Holgura por jornada	Desayuno	00:15:00
	Tomar agua	00:05:00
	Ir al baño	00:10:00
	descanso	00:30:00
	Comida	01:00:00
	Tiempo total	**02:00:00**

 ISSN 2007-8102

De acuerdo con Rodríguez (2009), es importante mantener un proceso de mejora continua, reduciendo los desperdicios para mejorar los niveles de productividad y mejorar la calidad de los productos. Para el sistema bajo estudio, fue necesario realizar una propuesta que mejore el rendimiento de las mesas 3 y 4.

Diseño del sistema propuesto

El sistema propuesto fue diseñado en un software CAD considerando las áreas de oportunidad detectadas en el diagnóstico del sistema actual. Con el diseño propuesto se elimina el problema de suministro para las mesas 3 y 4, ya que el suministro es independientemente de las mesas 1 y 2, por lo tanto, los empacadores evitarán los desplazamientos internos (Figura 5).

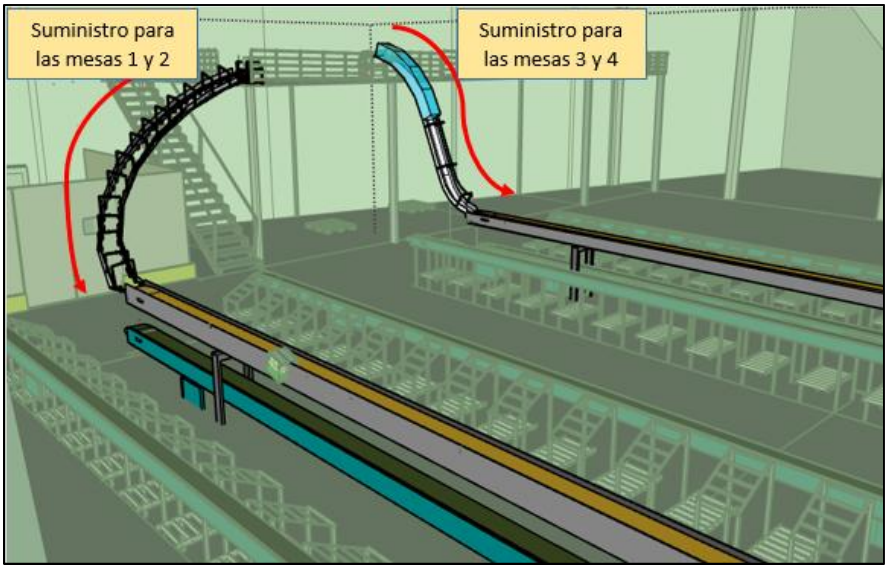


Figura 5. Diseño propuesto para el suministro de cajas de cartón a las mesas 1-4

Evaluación del sistema propuesto

Para evaluar el sistema propuesto, fue necesario realizar el modelo del sistema actual y sistema propuesto del suministro de cartón. Posteriormente, se realizó la simulación correspondiente en el software SIMIO, considerando los tiempos de operación y holgura calculados (Figura 6).

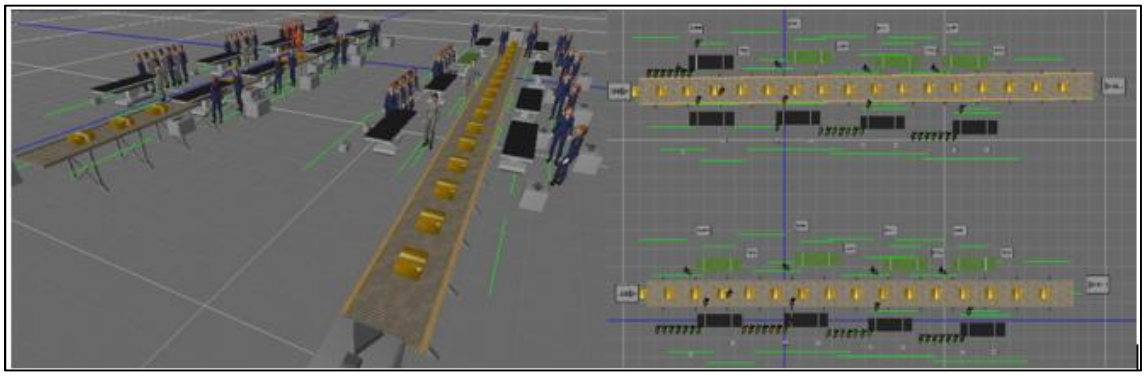


Figura 6. Modelo del sistema actual para el suministro de cajas de cartón a las mesas 1-4

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Primer caso: Sistema modelado

Una vez que se realizaron las pruebas de bondad y ajuste correspondientes a los datos recolectados, se ingresaron al software SIMIO, considerando el modelo creado; se corrió la simulación en un periodo de 5 horas para estudiar el comportamiento del sistema actual, se realizaron 25 pruebas con los mismos tiempos del proceso y se comprobó que el sistema virtual tuvo un comportamiento similar al real (Figura 7).

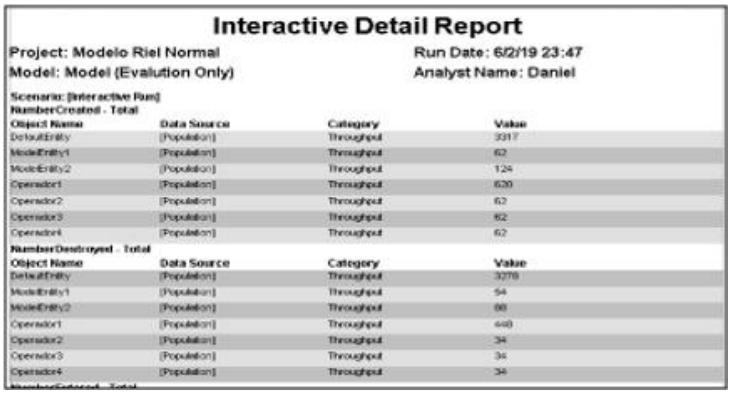


Figura 7. Resultados parciales de la simulación del sistema actual

Segundo caso: Sistema propuesto

Los resultados netos obtenidos en el software SIMIO se generaron contando los tiempos de holguras, puesto que en una situación real los operarios invierten tiempo para hacer cambios de posición, para acomodar el producto, comer, tomar agua, ir al sanitario, etcétera.

Para la simulación del sistema propuesto, se programaron las mismas estaciones de trabajo como en el sistema actual, pero con el flujo de suministro distinto, ya que no es rectangular y en un solo sentido. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 8.

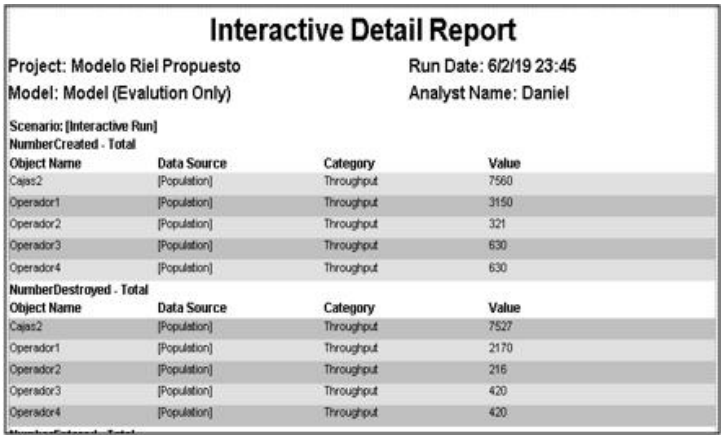


Figura 8. Resultados parciales de la simulación del sistema propuesto

Haciendo la comparación de los resultados del modelo de simulación actual con el diseño de simulación propuesto se observa que el sistema propuesto es mejor que el actual, ya que existe un incremento de 15 pallets por hora aproximadamente, considerando la producción de las 4 mesas de trabajo que contiene el área de 10 libras.

Trabajo futuro

El proyecto se enfocó en mejorar el área de empaque de 10 libras, sin embargo, se pretende analizar el área de empaque de 40 libras y establecer un sistema similar para mejorar la productividad de la empresa.

Conclusiones

Durante este proyecto se usaron diversas herramientas y técnicas de la ingeniería, incluyendo el uso de software de simulación para evaluar la propuesta de mejora. Para la empresa fue importante la propuesta generada y actualmente se encuentra en evaluación financiera para implementar el nuevo sistema al proceso productivo. Se espera que el proceso de empaque de 10 libras mejore, obteniendo niveles de productividad más altos. También se espera que el proyecto sea extrapolado al área de 40 libras.

Establecer mejoras a los procesos productivos de las empresas empacadoras de cítricos, establecidas en la región de Martínez de la Torre, es fundamental para que se mantengan activas y competentes, ya que las exigencias internacionales cada vez son mayores.

Referencias

1. Chase, R. B., Jacobs, F., & Aquiliano, N. (2009). Administracion de Operaciones. McGrall-Hill: Educación.
2. Josefa Mula, R. P. (2005). Evaluación de Sistemas para la Planificación y Control de la Producción. Scielo, 19-34
3. Kanawaty, George (2005). *Introducción al estudio del trabajo*, Cuarta ed., Editorial Limusa, México.
4. Montgomery, D.C., y G.C. Runger (2002). *Probabilidad y estadstica aplicadas a la ingeniera / Applied Statistic and Probability for Engineers*, Editorial Editorial Limusa S.A. De C.V.
5. Niebel, B.W., y A. Freivalds (2004). Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo, Editorial Alfaomega.
6. Render, B. (2009). Principios de Administración de Operaciones. México: Pearson Educación.
7. Rodríguez, M. F. (06 de agosto de 2009). Manufactura Esbelta. Obtenido de www. Manufactura Esbelta.mx
8. Walpole, Ronald E., Raymond H. Myers, y Sharon L. Myers (1999). *Probabilidad y estadstica para ingenieros*, Sexta ed., Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, México.

Incentivos para aumentar la eficiencia de una línea de producción textil

R.C. Carreón Romero[1], A. Ramírez Torres[1], L. Carreón Romero[2], M.E. Carreón Romero[2]*
[1]Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Carretera Acuaco, Zacapoaxtla km 8, Colonia Totoltepec, C.P. 73680, Zacapoaxtla Puebla, México.
[2]Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II SN, 73960 Teziutlán, Puebla, México
**ingroca@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Este trabajo presenta un estudio de caso sobre la implementación de un sistema de incentivos económicos en una empresa textil productora de tela para colchones. El objetivo de la implementación es motivar a los trabajadores para así lograr mayores niveles de eficiencia y por lo tanto mayores volúmenes de producción. El sistema de incentivos propuesto incorpora en su esquema los tipos de estímulo económico por destajo, diferenciados y Emerson. Para implementarlo se requiere seguir una metodología aun no validada, la cual se describe en el documento, ésta incluye la aplicación de herramientas de ingeniería industrial tales como el balanceo de líneas y la optimización de tiempos. Se ha encontrado que el sistema de incentivos propuesto logro un aumento en la eficiencia pasando del 47% al 73%, además de lograr un incremento real en el salario de los trabajadores y por ende motivarlos a realizar de forma correcta sus actividades laborales.

***Palabras clave**: Organización, Incentivos, Eficiencia, Líneas de producción.*

Abstract

This paper presents a case study about the implementation of an incentive system on a textile factory that produces mattress cloth. The objective of the implementation is to motivate workers to achieve higher levels of efficiency and therefore higher production volumes. The proposed program incorporates in its scheme several types of incentives such as the piecework, differentiated and Emerson. To implement our system, it is necessary to follow a methodology not validated yet, which is described in the document. The procedure includes the application of industrial engineering tools such as line balancing and time optimization. Our results show that the proposed incentive system achieve increase efficiency, turning from 49% to 73%. Additionally, exist a real increase in the salary of workers and therefore they are motivated to perform their work activities correctly.

***Keywords:** Organization, Incentives, Efficiency, Lines of production.*

Introducción

Es bien sabido que uno de los elementos preponderantes para lograr objetivos e incrementar la productividad en una organización es el factor humano. De tal forma que si una empresa desea tener calidad en sus procesos requiere fomentar un excelente clima laboral, es decir, está obligada a contar con empleados motivados. La motivación a los trabajadores incluye tanto el reconocimiento personal, el prestigio social y los incentivos. Éstos últimos son beneficios económicos o prestaciones que complementan al salario. La situación económica del país nos conduce a priorizar los incentivos monetarios, ya que como lo muestra la pirámide de Maslow, el primer escalón es satisfacer las necesidades básicas. Los incentivos estimulan al personal a que

 ISSN 2007-8102

por voluntad propia busquen llegar a determinadas metas, lo que se verá reflejado en un incremento en los volúmenes de producción.

Sin embargo, la aplicación de incentivos económicos no garantiza de forma automática el incremento de la producción o una alta eficiencia, es necesario también realizar una correcta administración industrial (estándares de producción, balanceo de líneas), así como elaborar un sistema adecuado y justo de incentivos. Como antecedente se citan datos obtenidos de la empresa "Export Jean S.A. de C.V." (Empresa del ramo de la confección ubicada en Jalacingo, Veracruz) en donde se muestra que su eficiencia era de alrededor del 70%, a pesar de contar con un programa de incentivos. El sistema era de pago x destajo, el cual se basa primordialmente en el pago de una cierta cantidad económica por pieza excedida (Niebel W., 2006). En este método los operarios tienen una meta de producción (Producción estándar (Garcia criollo, 2005)), la cual se establece a través del estudio de los tiempos estándar de las operaciones, y solo cuando rebasen la meta iniciarán a percibir el incentivo económico, de otra forma solo recibirán el salario base. Esto nos enseña que si el sistema de incentivos es muy básico es altamente probable no obtener los resultados buscados.

El presente trabajo muestra un estudio de caso de la empresa "Textiles Forca S.A. de C.V." donde se implementó un sistema de incentivos que además de considerar el pago por destajo, incorpora los incentivos diferenciales (Roscoe, 2003), así como los incentivos de Emerson (Del Rio, 2011). El objetivo principal de la implementación es incrementar la eficiencia en una de sus líneas de producción. La eficiencia la definiremos como: El porcentaje de utilización de la capacidad instalada, o lo que es igual; Lo producido/el volumen máximo de producción en un periodo de tiempo (Garcia criollo, 2005) La empresa se ubica en el municipio de Puebla, Pue; está dedicada a la producción de materia prima para la fabricación de colchones para el descanso del ser humano, específicamente la tela que recubre los colchones.

En un primer diagnóstico realizado "Textiles Forca S.A. de C.V." exhibió una nula administración industrial, es decir, no implementa métodos estandarizados de trabajo, lo cual deriva en el desconocimiento del tiempo estándar para una operación. Otra situación muy evidente es el exceso de tiempo improductivo o tiempo muerto en el proceso, llegando a ser del 35% en una jornada laboral de 8 horas; esta situación genera el pago de muchas horas extras (30% en promedio más del valor de la nómina) para lograr las metas de producción, según los datos recabados por el gerente de producción de la empresa. Adicionalmente, una encuesta realizada a los operarios que intervienen en la línea de producción refleja que los trabajadores están completamente en desacuerdo en la forma como se administran el proceso productivo, resaltando los siguientes aspectos:

a) Asignación de horas extras; mientras a algunos operarios se les asignan horas extras, otros no tienen acceso a ese recurso, aunque los operarios estén produciendo lo mismo en términos cuantitativos de eficiencia (Garcia criollo, 2005).
b) Beneficios económicos; los operarios argumentan que, aunque trabajen más que sus compañeros, esto no se reconoce por parte de la administración en términos monetarios o de salario, provocando que ellos prefieran bajar el ritmo de trabajo, ya que, aunque produzcan con una alta o baja eficiencia recibirán el mismo salario.
c) Experiencia; algunos operarios llevan de 5 a 20 años realizando la misma operación, esto los lleva a superar fácilmente las metas de producción establecidas y al no existir un tiempo estándar los operarios con menos experiencia se sienten intimidados y en desventaja.

En general se observa una gran desorganización por parte de la administración, lo que ocasiona el desaprovechamiento de los recursos afectando directamente el volumen de producción diario. De este diagnóstico inicial resalta que puntos básicos a atender son: el establecimiento de estándares de producción y el consecuente balanceo de línea, así como el punto primordial de este trabajo, el establecimiento de un sistema cuantitativo que reconozca las capacidades y el esfuerzo de los trabajadores, es decir, **un sistema de incentivos**, en aras de motivar a los trabajadores y modificar su comportamiento mediocre y en consecuencia incrementar el nivel de eficiencia de la línea de producción así como sus salario. Ya que en promedio el indicador de eficiencia de la línea de producción se encontró al 47% de acuerdo a datos recabados sobre la capacidad de producción de la línea bajo estudio durante 2 meses.

Metodología

A continuación, se describe el método que se siguió para este estudio de caso, el método se fundamenta en 14 puntos los cuales se proponen en base a la experiencia en la implementación de sistemas de incentivos en otras industrias del ramo textil. A grandes rasgos el método consiste en una recolección de datos de campo, así como de un análisis cuantitativo de los datos del proceso productivo (Gutierrez, 2010) para posteriormente aplicar organización industrial (estándares de producción, Balanceo de líneas y por último, aplicar la combinación de sistemas de incentivos: destajo (Niebel W., 2006), Emerson, Incentivos diferenciales (Roscoe, 2003)

1. Analizar de manera inicial el proceso productivo (Gutierrez, 2010).
2. Determinar indicadores de actuación de la línea de producción (Camejo, 2012)
3. Reasignar salarios y tarifas de producción a los operadores de la línea de producción. (William, 2008)
4. Determinar tiempos estándar; se utilizó la metodología del análisis de métodos, así como cronometraje de las operaciones (Niebel W., 2006), para poder determinar los tiempos estándar de las operaciones.
5. Determinar a los **operadores comodines** para la línea de producción, es decir, son los operadores que tienen tiempo sobrante en sus estaciones de trabajo o tareas u operadores con tiempos sobrantes en general y que pueden apoyar a sus compañeros en operaciones donde a los otros operarios asignados de manera inicial les falte tiempo o necesiten apoyo debido a diferentes causas del proceso productivo.
6. Determinar los parámetros de actuación con el objeto de balancear la línea de producción (Garcia criollo, 2005).

- Jornada laboral 8 horas.
- Producción objetivo por semana o índice de producción (Garcia criollo, 2005)
- Eficiencia planeada, para este caso se tomó al 100% (Garcia criollo, 2005)

7. Realizar balanceo de líneas (Garcia criollo, 2005),
8. Determinar a los operadores o comodines con menor tiempo de ocupación.
9. Diagnosticar la necesidad de requerimientos de apoyo, para acomodar comodines y estandarizarlos por medio del análisis de métodos y cronometraje así como la frecuencia de problemas que impiden la fluidez en la línea de producción.
10. Reubicar a los comodines en estaciones de trabajo, donde se requiera su trabajo.
11. Determinar las tarifas diferenciales, a los comodines que se les reasigno el trabajo, así como visualización de los posibles resultados económicos hacia el salario que el operario va obtener con el objeto de que los operarios se motiven (Roscoe, 2003).
12. Determinar si el operador alcanzara una eficiencia determinada y en función de la misma asignar un pago extra al operador, así como también, visualizar los posibles resultados

 ISSN 2007-8102

económicos hacia el salario, que el mismo obtendrá, con el objeto de que los operarios se motiven, por medio del sistema Emerson de incentivos (Del Rio, 2011)

13. Medir y registrar la producción de cada operario al realizar sus tareas, cada periodo de tiempo determinado (Recomendado cada hora, durante la jornada laboral) en la línea de producción.
14. Pagar el salario al trabajador según sus resultados productivos por semana.

Resultados

De acuerdo con el análisis inicial de esta industria se determinó que existe falta de organización industrial, así como falta de motivación en los trabajadores de la línea para incrementar la producción. También se encontró que la línea de producción cuenta con una eficiencia en promedio del 47%, lo que es equivalente a una producción semanal media por 11 turnos en 5.5 días de 122193 metros de tela. La eficiencia fue medida en función de la producción diaria de cada uno de los telares que se encuentran en esta línea de producción y la cual es de 154 metros/día, considerando 20 telares x operario (Tejedor) y resulta en 3080 metros x día x tejedor en un turno, así como 7 tejedores x turno, todo lo anterior es considerado el 100% de eficiencia, así como considerar tipo de tejido plano y 400 RPM en cada uno de los telares. En la **Tabla 1** se presenta un resumen de los indicadores obtenidos del diagnóstico inicial, correspondiente al punto 1 y 2 de la metodología.

Nota: Para una más clara comprensión de este artículo, los puntos de la metodología aun no validada, se relacionan con los puntos de las tablas, en la parte superior de cada una.

Tabla 1. Indicadores obtenidos a partir del análisis inicial del proceso productivo.

1. Eficiencia de la línea de producción: 47% en promedio diario según estudio realizado durante 2 meses.
2. Nivel de producto no aceptado o tela para colchón no aceptada: 10% en promedio diario según estudios realizados durante 2 meses.
3. Horas extras pagadas al personal x semana: 30% en promedio según estudios realizados durante 2 meses.
4. Nomina por semana sin horas extras 87900 pesos considerando a cada uno de los elementos que trabajan en la línea de producción.
5. Tiempo no ocupado en promedio en la línea de producción x día: 564.8 minutos x día.

Una vez concluido el análisis inicial se procede al cálculo de tiempos estándar y reasignación de salarios a los operadores en caso de ser necesario, en caso de que los salarios sean justos, los antes mencionados se quedan igual, la **Tabla 2** refleja estos datos.

Tabla 2. Tiempos estándar y asignación de salarios.

		4	3	3
Numero de operación	**TAREA**	**Tiempo estándar en centésimas de minutos**	**Salario semanal (Pesos MX)**	**Tarifa de pago (Pesos MX)**
1	MUDAR	38.7475	$2,040.00	$0.72
2	URDIDO	42.44075	$2,050.00	$32.22
3	TEÑIDO	42.44075	$2,050.00	$32.22
4	ENGOMADO	332.361333	$1,965.00	$241.89

 ISSN 2007-8102

5	T. ENGOMADO	243.9965	$2,000.00	$180.74
6	PEPENADO	76.7818333	$1,900.00	$54.03
7	ATADO	85.7486667	$2,000.00	$63.52
8. PRODUCCIÓN DE TELA	PRODUCCIÓN DE TELA	3.11688312	$2,100.00	$0.12

Tabla 3. Balanceo de líneas y tiempos de ocupación.

7											5,8
OPERARIOS X ESTACION DE TRABAJO	**PRODUCCION ESTANDAR X 1 OPERARIO**	**UNIDAD**	**PRODUCCIÓN ESTANDAR PROMEDIO X TURNO X 20 TELARES X OPERARIO**	**REQUERIDO DE UNIDADES PARA ALCANZAR OBJETIVO DE PRODUCCIÓN**	**PRODUCCIÓN ACTUAL PROMEDIO X TURNO X 20 TELARES X OPERARIO**	**CAPACIDAD INSTALADA DE PRODUCCIÓN DE METROS DE TELA X SEMANA**	**PRODUCCIÓN DE 7 TEJEDORES X 2 TURNOS x SEMANA EN PROMEDIO**	**% DE TIEMPO OCUPADO POR TAREA**	**% DE TIEMPO NO OCUPADO POR TAREA**	**TIEMPO NO OCUPADO EN MINUTOS X TAREA**	**Operarios comodín**
1	517.1	BOBINAS	517.1	360	365	Producción máxima posible x semana	Producción real en promedio por semana	70%	30%	145.85	Operario comodín 1
4	9.2	JULIOS	36.6	36	36			98%	2%	8.04	
2	10.8	JULIOS TEÑIDOS	21.6	20	20.5			93%	7%	35.59	
3	1.4	TELA	4.3	4	4.2			92%	8%	36.85	
2	2	TELA	3.9	3.7	3.8			94%	6%	28.61	
2	6.3	POR TELA PEPENADA	12.5	8	8			64%	36%	172.87	Operario comodín 2
2	5.6	POR TELA ATADA	11.2	8	8			71%	29%	137.01	Operario comodín 3
1 OPERARIO X 20 TELARES	3080	METROS POR DIA X 20 TELARES	3080	2310	1447.6	237160	111465.2	47%	53%		
									Total minutos perdidos:	564.82	

Diagnóstico de los requerimientos de los operarios que requieren apoyo en sus áreas de trabajo Según este diagnóstico específicamente en el área de tejido se detectaron operaciones las cuales hacen que el área de tejido se retrase en sus tareas diarias las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Diagnóstico para realizar operaciones de apoyo.

9							
No. de operación	**TAREA**	**TIEMPO ESTANDAR X UNIDAD PRODUCIDA EN CENTESIMAS DE MINUTO**	**SUELDO SEMANA**	**TARIFA EN PESOS**	**REQUERIMIENTO DIARIO DE ESTA OPERACIÓN**	**TIEMPO PARA LLEVAR A CABO ESTA OPERACIÓN**	**TIEMPO DISPONIBLE DE LOS OPERARIOS COMODINES**

 ISSN 2007-8102

9	"Atar el hilo, por causa de rompimiento en los telares"	16.4	2000	$12.42	29	475.6	564.82

En la siguiente tabla 5 se muestra la forma en la cual son aplicados los incentivos diferenciales a los operarios comodines, los cuales tenían poco tiempo de ocupación.

Tabla 5. Incentivos diferenciales.

10,11										
OPERARIO	**TAREA**	**SALARIO SEMANAL**	**SALARIO DEVENGADO POR DIA**	**PRODUCCIÓN ACTUAL PROMEDIO**	**% DE OCUPACION POR OPERARIO**	**TIEMPO SOBRANTE EN MINUTOS**	**OPERACIONES A REALIZAR DE APOYO EN EL DIA EN PROMEDIO**	**TARIFA AL 100%**	**INCENTIVO OBTENIDO SIN TARIFAS DIFERENCIALES**	**TARIFA AL 200% CON INCENTIVOS**
1	MUDAR	$2,040.00	$259.64	365	70%	145.85	9	12.42	111.78	24.84
6	PEPENADO	$1,900.00	$221.09	8	64%	172.87	10	12.42	124.2	24.84
7	ATADO	$2,000.00	$258.18	8	71%	137.01	10	12.42	124.2	24.84

En la tabla 6 se refleja la diferencia en la que se aplican los incentivos diferenciales vs el salario sin incentivo.

Tabla 6. Pago a operarios con incentivos diferenciales.

12			
Salario con incentivos diferenciales para 3 operarios		**Salario SIN incentivos diferenciales para 3 operarios**	
OPERARIO		OPERARIO	
1	$2,657.58	1	$2,040.00
6	$2,582.20	6	$1,900.00
7	$2,786.20	**7**	$2,000.00

Y por último se muestra la aplicación de como 14 tejedores son beneficiados, mediante la aplicación de los incentivos diferenciales.

Tabla 7. Incentivos tipo Emerson para tejedores.

Intervalo de producción	**Tarifa**	13	**Forma de pago con los incentivos Emerson**
60-65%	0.12		
66-70%	0.18		
71-75%	0.22		
76-80%	0.26		
81-85%	0.3		
Ejemplo de producción al 75%			

 ISSN 2007-8102

		Unidades metros de tela	Salario diario	Salario semanal				
Producción semanal		2310	508.2	2795.1	salario con incentivos			
				2100	Salario sin incentivos			
Aumento de la eficiencia al 73%								

Trabajo a futuro

Es preponderante buscar la validación de este trabajo, además de publicar más artículos para dar a conocer específicamente el funcionamiento de esta metodología y por último automatizar la misma.

Conclusiones

Para generar mayor crecimiento es necesario elevar la eficiencia, pero la eficiencia del trabajo depende del salario, y éste también a su vez depende de la misma (OIT, 2017). En este sentido es importante hacer notar que la implementación del sistema de incentivos basado en los tipos diferenciales y Emerson han logrado que los empleados se motiven debido a la oportunidad que todos tienen de incrementar sus salarios y visualizar este incremento de forma diaria. La motivación ha logrado un mejor desempeño del personal de la línea de producción y una mejor actitud, a tal grado que ahora llegan 30 minutos antes a sus puestos de trabajo. Así, a través de la implementación de este sistema de incentivos se ha logrado el objetivo, ya que la empresa ha aumentado su nivel de eficiencia en su línea de producción de un 47% a un 73%. Además de reflejarse un aumento real del salario en promedio de alrededor del 30%

Referencias

1. Camejo Joanna. (2012, Noviembre 28). *Indicadores de gestión ¿Qué son y por qué usarlos?*
2. Chiavenato, Idalberto,(2001). Administración, proceso administrativo, Colombia, Mc graw Hill.
3. Del Río González Cristóbal. (2011). Costos 1 Históricos. México: Cengage Learning.
4. Export Jeans S.A. de C.V (2010), Jalacingo (Solano, 2012) Veracruz
5. García, R., (2005), *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*, Puebla Pue., México, Mc Graw Hill.
6. Humberto Gutiérrez Pulido. (2010). Calidad total y productividad. México: Mc graw Hill.
7. Niebel, B., (2006), *Ingeniería industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo.,* México D.F., México, Alfaomega.
8. Riggs, J., (2009), *Sistemas de producción, planeación, análisis y control*, México D.F., México, Limusa.
9. Roscoe, E., (2003), *Organización para la producción,* Pennsylvania, E.U.A., CECSA.
10. (Vargas Díaz, Alfredo. (2006). *Factores a considerar en el balanceo de líneas de producción.* (Tesis licenciatura inédita), Facultad de estudios superiores de Cuautitlán, UNAM).
11. William B. Werther. (2008). Administración de recursos humanos. México: Mc graw Hill.

Aplicación de Diseño de Experimentos para el Desarrollo de una Bebida Veracruzana a Base de Alcohol de Caña

E.E. Díaz Castellanos1, K. Díaz Castellanos [2], C. Díaz Ramos[2, 3], Y. Aguilar Reyes[2], E. Hernández Aguilar[2]*
[1]Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Central de Veracruz, Eugenio Garza Sada 1, Las Quintas, 94500, Córdoba, Veracruz.
[2] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Oriente 6, 10009 Rafael Alvarado 94340, Orizaba, Veracruz.
[3] Instituto Tecnológico de Orizaba, TecNM, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320, Orizaba, Veracruz.
*eugenia.diaz@tec.mx
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Con este artículo se pretende resaltar la planeación de la investigación como parte fundamental en el desarrollo de un diseño de experimentos (dos niveles con 3 factores); por lo anterior se muestra la metodología para su aplicación en el área del desarrollo de nuevos productos, específicamente en la elaboración de una bebida Veracruzana elaborada a base de alcohol de caña (conocida como Torito) y el empleo de una fruta poco explotada de forma comercial conocida como "pitanga" (*Eugenia Uniflora*). Los resultados muestran que el diseño de experimentos es una técnica que permite inducir cambios en las variables de un proceso, de forma que se pueden observar e identificar los cambios en la variable de salida que para la presente investigación se refiere a la aceptación del consumidor.

***Palabras clave**: Diseño 2 a la k, Evaluación Sensorial, Análisis Estadístico, Torito.*

Abstract

This article aims to highlight research planning as a fundamental part in the development of an experiment design (two levels with 3 number of factors); therefore, the methodology for its application in the area of the development of new products is shown, specifically in the elaboration of a Veracruzana beverage made with cane alcohol (known as torito) and the use of a commercially under-exploited fruit known as "pitanga"(Eugenia Uniflora). The results show that the design of experiments is a technique that allows to induce changes in the variables of a process, so that the changes in the output variable that the present investigation refers to consumer acceptance can be observed and identified.

***Key words**: Design 2^k, Sensory Evaluation, Statistical Analysis, Torito.*

Introducción

El Diseño de Experimentos es una herramienta que permite planear una prueba o serie de pruebas para obtener conclusiones válidas y objetivas acerca de los procesos, a partir del análisis de los datos recolectados. En el campo de la ingeniería, el Diseño de Experimentos cumple un papel importante en los procesos de manufactura en diversos aspectos, incluyendo la mejora y desarrollo de procesos y el diseño de nuevos productos. En general, en la actualidad se requieren procesos óptimos en términos de la menor variabilidad con el fin de garantizar la calidad (Montgomery, 2001).
La metodología del diseño de experimento estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso empírico para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en la respuesta; de esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés. Para que la metodología de diseño de experimentos sea eficaz es fundamental que el experimento este bien diseñado. Un experimento se realiza por alguno de los siguientes motivos:

- Determinar las principales causas de variación en la respuesta.
- Encontrar las condiciones experimentales con las que se consigue un valor extremo en la variable de interés o respuesta.
- Comparar las respuestas en diferentes niveles de observación de variables controladas.
- Obtener un modelo estadístico-matemático que permita hacer predicciones de respuestas futuras.

En el estudio sobre la mejora de procesos industriales (control de calidad) es usual trabajar en problemas en los que hay muchos factores que pueden influir en la variable de interés. La utilización de experimentos completos en estos problemas tiene el gran inconveniente de necesitar un número elevado de observaciones, además puede ser una estrategia ineficaz porque, por lo general, muchos de los factores en estudio no son influyentes y mucha información recogida no es relevante. En este caso una mejor estrategia es utilizar una técnica secuencial donde se comienza por trabajar con pocos factores y según los resultados que se obtienen se eligen los factores a estudiar en la segunda etapa.

El diseño de productos alimenticios está estrechamente vinculado a las nuevas tendencias y hábitos de compra del consumidor; éstas se van modificando a medida que nacen nuevas pautas de alimentación. Diseñar un producto sin tener en cuenta la opinión del consumidor tiene muchas más probabilidades de convertirse en un producto fracasado que, si por el contrario involucramos al consumidor desde el inicio, diseñando con éste el concepto o idea de producto, que posteriormente se va a desarrollar. Por otro lado, se tiene la necesidad de no solo conocer la opinión de los consumidores (jueces no entrenados), sino de cumplir con los estándares de la FDA (Food and Drugs Administration), es aquí donde el diseño de experimentos cobra gran relevancia.

La evaluación sensorial constituye una de las herramientas más preciadas en el control de calidad del desarrollo de bebidas, es por ello que debe realizarse por catadores debidamente seleccionados y adiestrados para obtener resultados confiables. Sin embargo, hay que tener en cuenta la particularidad del producto mencionado en este trabajo, ya que es un producto típico artesanal; que al no ser todavía industrializado, no se cuenta con un comité Técnico de evaluación sensorial.

El presente trabajo tiene como finalidad el desarrollo de una bebida veracruzana a base de alcohol de caña, leche evaporada, y una fruta exótica que hasta la fecha no se comercializa. Para dicho desarrollo se propone el uso y aplicación del diseño de experimentos para lograr un producto que cumpla con las características organolépticas que logre su aceptación por un cliente potencial. La investigación se dividió en dos etapas, en la primera la evaluación del producto (evaluación sensorial) se realizó por parte de personas no entrenadas, es decir, no familiarizadas con la evaluación sensorial del Torito; en la segunda etapa, participaron jueces entrenados.

El diseño por utilizar es un 2^k, ya que son diseños en los que se trabaja con k factores, todos ellos con dos niveles (se suelen denotar + y -). Estos diseños son adecuados para tratar el tipo de problemas descritos porque permiten trabajar con un número elevado de factores y son válidos para estrategias secuenciales.

Metodología

Reconocimiento y planteamiento del problema

Esto parece ser un punto bastante obvio, pero en la práctica muchas veces no es fácil darse cuenta de que un problema que requiere experimentación existe, ni es fácil de desarrollar una declaración clara generalmente aceptada de este problema. El problema que plantea este trabajo es el encontrar las condiciones en que se deben operar a las variables que inciden en las características organolépticas de un nuevo producto para lograr su aceptación por los clientes potenciales. El Torito, como ya se mencionó es un producto artesanal hecho a base de fruta, alcohol y leche; aunque en el mercado veracruzano existen varias opciones de sabores, todas ellas son de frutas comerciales, algo que diferencia este trabajo, pues la fruta que se decidió utilizar es una fruta exótica neotropical de la familia de las mirtáceas, que se encuentra al sur de México, llamada “pitanga” (*Eugenia uniflora*), rica en vitamina A, fósforo, calcio y hierro, cuyo uso es poco común, ya que no se ha explotado comercialmente.

Elección de factores, niveles y rango

Al considerar los factores que pueden influir en el rendimiento del proceso o sistema, el investigador generalmente descubre que estos factores pueden ser clasificados como factores potenciales de diseño o los factores de molestia. Los factores de diseño son los factores que en realidad han sido seleccionados para el estudio de experimentación, es decir, los que podemos modificar y controlar.

Con base en antecedentes de los diseños de otros productos similares (Tovar,2014) y por experiencia del analista se eligieron los factores más influyentes en la calidad organoléptica del producto, en el caso de este producto los factores fueron el alcohol, la concentración de fruta y el dulzor (específicamente el azúcar), cada uno con dos niveles: uno alto y uno bajo; resultando así un diseño 2^k, específicamente 2^3, es decir dos niveles de concentración y 3 factores. Con las cantidades adecuadas para la estabilidad del producto bien definidas se marcaron los niveles para cada uno de los factores. Manteniendo constantes las concentraciones de leche y leche condensada en todas las formulaciones. En cuanto al alcohol, los niveles de concentración predeterminados fueron 240 – 220 ml/L (alto y bajo respectivamente), para la cantidad de fruta la concentración fue 180 – 160 gr/L y en cuanto el dulzor o azúcar su concentración fue de 100 – 80 gr/L.

Selección de la variable de respuesta

En la selección de la variable de respuesta, el experimentador debe estar seguro de que esta variable realmente proporciona información útil sobre el proceso en estudio. En este caso la variable de respuesta fue la aceptación de la bebida, evaluada mediante características organolépticas del "Torito" de pitanga. Las características organolépticas evaluados fueron: color, olor, sabor, consistencia (textura y sensación del producto, la cual debe ser ligera, uniforme y libre de grumos), apariencia (la presentación y estética en el producto en su envase original) y una calificación dada por el catador y una más resultando de la suma de todas las ponderaciones previas (desde el color hasta la apariencia).

Para medir dichas características se diseñó un instrumento de medición a través de 12 ítems, de los cuales 10 responden a una escala ordinal y 2 de ellos en escala nominal. Una pregunta referida al total de la evaluación/aceptación, la cual es la suma de las calificaciones que otorga el consumidor en las 5 dimensiones del análisis sensorial. Las dimensiones fueron evaluadas en escala Likert de 5 puntos, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios para evaluar la calidad sensorial (aceptación) de cada dimensión

CALIFICACIÓN	CRITERIO
Excelente	El atributo no presenta defectos o éstos no son perceptibles, por lo que no afectan la calidad sensorial del producto.
Buena	El atributo presenta defectos que afectan levemente la calidad sensorial del producto.
Aceptable	El atributo presenta defectos que causan desviaciones tolerables en la calidad sensorial del producto, aunque no comprometen su tipicidad.
Insuficiente	El atributo presenta defectos que causan desviaciones limitantes en la calidad sensorial del producto, comprometen su tipicidad, aunque todavía conserva su uso como alimento.
Pésima	El atributo presenta defectos que causan desviaciones en la calidad sensorial del producto provocan su rechazo y consumo como alimento.

Para validar el contenido del instrumento de medición se utilizó el método de juicio de expertos, obteniendo un índice de validez de contenido (IVC) igual a 0.96, con lo cual se concluyó que todos los ítems del instrumento son adecuados y deben mantenerse en la versión final del mismo.

En cuanto a la validez del constructo se utilizo el análisis factorial exploratorio (AFE), cuyo fin es conocer la forma estadística como se agrupan los ítems del instrumento y formar dimensiones a través de la aplicación del procedimiento estadístico de reducción de factores. El análisis arrojó dos factores para explicar el 71% de la variación total; en el primer factor quedó la variable color y en el segundo: olor, sabor, consistencia y apariencia. Lo que conlleva a que el instrumento si es valido estadísticamente.

 ISSN 2007-8102

Finalmente, la fiabilidad o confiabilidad del constructo se hizo mediante el cálculo del Alpha de Cronbach, el cual de forma global dio un valor de 0.799, con lo que se puede concluir que es buena la confiabilidad del instrumento.

Elección del diseño experimental

Si las actividades de planificación pre-experimentales anteriores se hacen correctamente, este paso es relativamente fácil. La elección del diseño implica la consideración del tamaño de muestra (número de repeticiones / réplicas). También hay varios paquetes de software interactivo de estadística que apoyan esta fase de diseño experimental; para el trabajo se decidió hacer uso de la paquetería de Minitab para la resolución del diseño 2 a la k, con tres y dos factores, en su versión 1 y 2, respectivamente. En la tabla 2 se muestra como quedaron los dos diseños en sus respectivas versiones; recordando que en la versión 1 los catadores fueron consumidores potenciales, mientras que en la versión 2 fueron jueces entrenados.

Tabla 2. Diseños en ambas versiones

PRIMER DISEÑO			**SEGUNDO DISEÑO**		
Factor	***Nivel alto***	***Nivel bajo***	***Factor***	***Nivel alto***	***Nivel bajo***
Contenido de alcohol	240ml/l	220 ml/l	Contenido de alcohol	240ml/l	220 ml/l
Contenido de fruta	160 gr/l	140 gr/l	Contenido de azúcar	100 gr/l	80 gr/l
Contenido de azúcar	100 gr/l	80 gr/l			

Cabe señalar que para la segunda versión se eliminó el factor fruta, debido a que en el Anova del primer diseño arrojó un p value mayor a 0.05 (nivel de confianza), concluyendo que no era significativo el factor. Además de forma adicional a esto, los consumidores en los instrumentos de evaluación expusieron que el contenido de fruta no era importante para ellos sino más bien el contenido de alcohol y de azúcar.

La importancia de buscar una segunda prueba a mano de “expertos” es debido a que se puede lograr una comparación de los resultados obtenidos por individuos no familiarizados en su totalidad con los “Toritos” y los expertos en la degustación. Durante el proceso de aplicación se socializaron los objetivos del estudio, su importancia y el concepto de algunas características organolépticas, así mismo, se realizó un acompañamiento con cada grupo para garantizar la objetividad de los participantes al momento de responder el instrumento de evaluación y aclarar dudas. Lo anterior para disminuir el porcentaje de error humano asociado a posibles sesgos dados por malas interpretaciones de las preguntas (ítems o dimensiones del constructo).

Realización del experimento

Las corridas de la versión 1: diseño 2 a la 3, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Corridas experimentales versión 1 (consumidores potenciales)

Alcohol	Fruta	Azúcar
Alto (+1)	Alto (+1)	Alto (+1)
240 ml/L	140 gr/L	100 gr/L
		Bajo (-1)
		80 gr/L
	Bajo (-1)	Alto (+1)
	160 gr/L	100 gr/L
		Bajo (-1)
		80 gr/L

 ISSN 2007-8102

Bajo (-1) **220 ml/L**	Alto (+1) 140 gr/L	Alto (+1) 100 gr/L
		Bajo (-1) 80 gr/L
	Bajo (-1) 160 gr/L	Alto (+1) 100 gr/L
		Bajo (-1) 80 gr/L

De esta forma se elaboraron las 8 formulaciones de “Torito”, teniendo como factores constantes al contenido de leche (en 550ml/l) y el contenido de leche condensada (en 75ml/l). Considerando que esta primera versión tenía la intención de ser evaluada por consumidores potenciales; no se tuvo restricción alguna sobre el número de personas a evaluar cada corrida (formulación). Las personas seleccionadas fueron estudiantes y personal de la Facultad de Ciencias Químicas, así como personas en general.

Las corridas de la versión 2: diseño 2 a la 2, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Corridas experimentales versión 2 (jueces entrenados)

Alcohol	Azúcar
Alto (+1) 240 ml/L	Alto (+1) 100 gr/L
	Bajo (-1) 50 gr/L
Bajo (-1) 220 ml/L	Alto (+1) 100 gr/L
	Bajo (-1) 50 gr/L

Para la formación del panel de evaluación sensorial se consideraron las siguientes etapas:

- Reclutamiento
- Selección
- Entrenamiento

De acuerdo con la Norma ISO 8586:2012. Se reclutaron candidatos y se escogieron a los más aptos para entrenarlos y así formar un panel de evaluación sensorial. El número de personas puede variar de acuerdo con los recursos económicos, tipo y frecuencia de las pruebas. Para este caso se seleccionaron 10 jueces.

Resultados y discusión

Gráficos de Pareto y Análisis de varianza

En los diagramas de Pareto se representa la correlación entre 3 factores A (Alcohol), B (Fruta) y C (Azúcar) respecto a las respuestas obtenidas de la evaluación de cada variable (ítem o dimensión del constructo), demostrando la relevancia que cada factor sobre la variable de respuesta.

 ISSN 2007-8102

La Figura 1 muestra el diagrama de Pareto para la variable organoléptica: sabor, donde se aprecia que los factores A y C son significativos, así como la interacción AB, lo cual indica que en su forma individual la cantidad de fruta y porcentaje de azúcar afectan la aceptación del torito de pitanga.

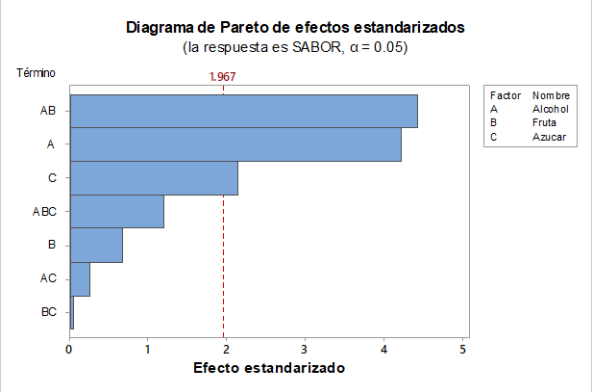


Figura 1. Diagrama de Pareto para la variable sabor

Considerando un análisis de regresión para cada variable, las hipótesis quedan de la siguiente forma:

$$Ho: El\ efecto\ del\ Alcohol = 0$$
$$H1: El\ Efecto\ del\ Alcohol \neq 0$$

$$Ho: El\ efecto\ del\ Fruta = 0$$
$$H1: El\ Efecto\ del\ Fruta \neq 0$$

$$Ho: El\ efecto\ del\ Azúcar = 0$$
$$H1: El\ Efecto\ del\ Azúcar \neq 0$$

La Tabla 5 muestra los efectos, y p- value para cada uno de los efectos medidos en el diseño 2 a la 3. Los efectos del alcohol (factor A), azúcar (factor C) y la interacción alcohol con fruta resultaron significativos al 95% de confianza; el resto de los efectos no fueron significativos, es decir, no afectan el sabor de torito.

Tabla 5. ANOVA para Sabor (Diseño 2^3)

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		3.5917	0.0533	67.39	0.000	
Alcohol	-0.4500	-0.2250	0.0533	-4.22	0.000	1.00
Fruta	-0.0722	-0.0361	0.0533	-0.68	0.499	1.00
Azúcar	0.2278	0.1139	0.0533	2.14	0.033	1.00
Alcohol*Fruta	0.4722	0.2361	0.0533	4.43	0.000	1.00
Alcohol*Azúcar	-0.0278	-0.0139	0.0533	-0.26	0.795	1.00
Fruta*Azúcar	-0.0056	-0.0028	0.0533	-0.05	0.958	1.00
Alcohol*Fruta*Azúcar	-0.1278	-0.0639	0.0533	-1.20	0.231	1.00

Otra de las características organolépticas que se evaluaron en el “Torito” fue la consistencia, del ANOVA se observa que el efecto del alcohol y la interacción doble alcohol*fruta, fueron significativos tal como se aprecia en la tabla 6, donde el p-value al ser mayor a 0.05 (Alpha) no se puede rechazar Ho y por lo tanto el efecto es no significativo. Caso contrario, si el p-value es menor al Alpha, se rechaza Ho y se concluye que el efecto es significativo, es decir, afecta a la variable de respuesta.

 ISSN 2007-8102

Tabla 6. ANOVA para Consistencia (Diseño 2^3)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	14.578	2.08254	2.76	0.008
Lineal	3	8.911	2.97037	3.94	0.009
Alcohol	1	8.711	8.71111	11.55	0.001
Fruta	1	0.100	0.10000	0.13	0.716
Azúcar	1	0.100	0.10000	0.13	0.716
Interacciones de 2 términos	3	5.622	1.87407	2.49	0.060
Alcohol*Fruta	1	4.900	4.90000	6.50	0.011
Alcohol*Azúcar	1	0.544	0.54444	0.72	0.396
Fruta*Azúcar	1	0.178	0.17778	0.24	0.628
Interacciones de 3 términos	1	0.044	0.04444	0.06	0.808
Alcohol*Fruta*Azúcar	1	0.044	0.04444	0.06	0.808
Error	352	265.378	0.75391		
Total	359	279.956			

De la misma forma se analizaron el resto de las variables organolépticas: olor, textura, color, consistencia y apariencia; de las cuales se encontró que en su mayoría se ven afectadas por el Alcohol y el Azúcar, más no por el contenido de fruta. Este análisis detallado por característica organoléptica sirvió para poder llegar a la conclusión de la falta de un segundo análisis, realizado por jueces entrenados o expertos. Es por ello que se realizó la segunda versión con un diseño 2 a la 2: contenido de alcohol y contenido de Azúcar.

Gráficas de optimización

Para el análisis estadístico correspondiente al diseño 2 a la 2, realizado por jueces entrenados, se utilizó una variable "global", compuesta por el total de las evaluaciones individuales, es decir, la suma de cada ponderación / calificación obtenida en el instrumento de medición. La Figura 2 muestra las gráficas factoriales del contenido de alcohol y porcentaje de azúcar en la elaboración de la bebida alcohólica; de la cual se puede observar que el alcohol debe estar en su nivel alto y el azúcar también en el nivel alto, para tener una mayor aceptación del producto.

En la gráfica de contorno mostrada en la Figura 3, se observa la región (verde más oscuro) donde se maximiza a la variable de respuesta, es decir, que valores de Alcohol y de Azúcar podría tener el "Torito" para ser fuertemente aceptado, con una calificación global mayor a 22.5.

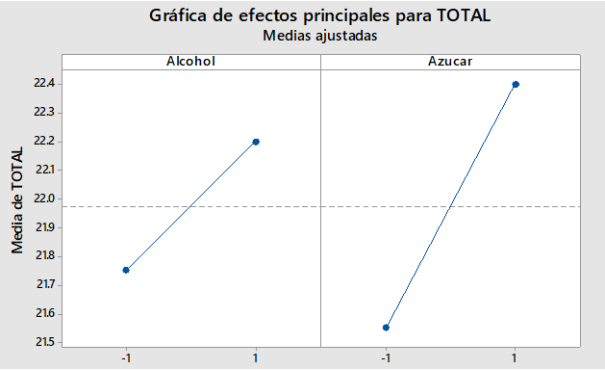


Figura 2. Gráfica de efectos principales del sabor

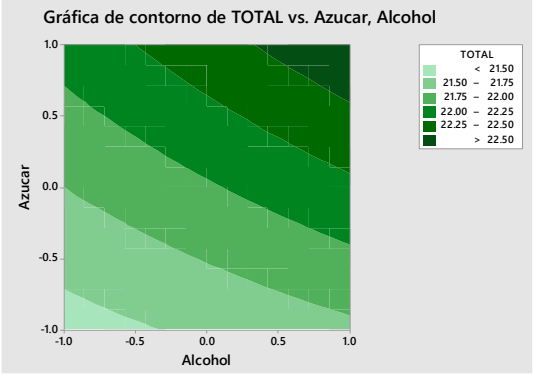


Figura 3. Gráfica de contorno para variable total

Trabajo a futuro

Dentro de los trabajos que se están considerando para un futuro se contempla un diseño con muchas más variables de operación que puedan ser modificadas / controladas, con la finalidad de lograr un mejor valor en la aceptación de los consumidores. Así mismo se pretende continuar con el trabajo de estudio de mercado para

poder llegar a comercializar el producto bajo el distintivo Hecho en Veracruz. Otro de los trabajos que se tienen contemplados es el desarrollo de un Comité Técnico Evaluador de los “Toritos”, ya que no existe todavía.

Conclusiones

Con la aplicación del diseño de experimentos en el área de desarrollo de nuevos productos como lo plantea el presente trabajo, se puede concluir que resulta ser una herramienta de gran apoyo para lograr un producto que logre valoraciones superiores en una escala tipo Likert ante los clientes o consumidores potenciales. El uso de este tipo de herramientas estadísticas facilita al experimentador realizar cambios en el producto para mejorar la aceptación en el mercado comercial.

Referencias

1. Cao, J-H.; Zhu, B-K.; Ji, G-L. and Xu, Y-Y. (2005). Preparation and characterization of PVDF-HFP microporous flat membranes by supercritical CO_2 induced phase separation. *J. Membrane Sci.* **(266)** 102-108.
2. Matsuyama, H.; Yano, H.; Maki, T.; Teramoto, M.; Mishima, K. and Matsuyama, K. (2001). Formation of porous flat membrane by phase separation with supercritical CO_2. *J. Membrane Sci.* **(194)** 157-165.
3. Mikawa, M.; Seki, N.; Nagaoka, S. and Kawakami, H. (2007). Structure and gas permeability of asymmetric polyimide membranes made by dry-wet phase inversion: influence of alcohol as casting solution, *J. Polym. Sci. B: Polym. Phys.* **(45)** 2739-2747.
4. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Structures and gas separation properties of asymmetric polysulfone membranes made by dry, wet, and dry/wet phase inversion, *J. Appl. Polym. Sci*. **(43)** 1491-1502.
5. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Relationship between substructure resistance and gas separation properties of defect-free integrally skinned asymmetric membranes, *Ind. Eng. Chem. Res*. **(30)** 1837-1845.
6. Reverchon, E. and Cardea, S. (2004). Formation of cellulose acetate membranes using a supercritical fluid assisted process. *J. Membrane Sci*. **(240)** 187.
7. Reverchon, E. and Cardea, S. (2005). Formation of polysulfone membranes by supercritical CO_2. *J, Supercrit, Fluids*. **(35)** 140-148.
8. Reverchon, E. and Cardea, S. (2006). PVDF-HFP Membrane formation by supercritical CO_2 processing: elucidation of formation mechanisms. *Ind. Eng. Chem. Res.* **45**, 8939-8946.
9. Reverchon, E.; Cardea, S.; Rapuano, C. (2006). Formation of poly-vinyl-alcohol structures by supercritical CO_2. *J. Appl. Polym. Sci*., **104**, 3151.
10. Reverchon, E.; Schiavo Rappo, E. and Cardea, S. (2006). Flexible supercritical CO_2-assisted process for poly (methyl methacrylate) structure formation. *Polym. Eng. Sci*. **(46)** 188-196.
11. Temtem, M.; Casimiro, T. and Aguilar-Ricardo, A. (2006). Solvent power and depressurization rate effects in the formation of polysulfone membranes with CO_2-assisted phase inversion method. *J. Membrane Sci*. **(283)** 244-257.
12. Tsivintzelis, I.; Pavlidou, E. and Panayiotou, C. (2007). Porous scaffolds prepared by phase inversion using supercritical CO_2 as antisolvent I. Poly (L-lactic acid). *J. Supercrit. Fluids*. **(40)** 317-326.
13. Xu, Q.; Pang, M.; Peng, Q.; Jiang, Y. and Li, J. (2004). Application of supercritical carbon dioxide in the preparation of effect of biodegradable polylactide membranes. *J. Appl. Polym. Sci*. **(94)** 2158-2165.
14. Tovar Lorenzo J.C., “Proyecto de exportación de la bebida exótica “torito de cacahuate” originaria de Tlacotalpan Veracruz, México y con destino a España”. Tesis para obtener el grado de licenciado en comercio internacional. Universidad Autónoma del Estado de México. 2014.
15. Zamora, E y Duarte, C. Procedimiento Analítico de Evaluación Sensorial (PAES). SENSIBER. México. D.F. 26 al 28 de octubre, 1999
16. Torricella, R.G.; Zamora, E. y Pulido, H. Evaluación de la calidad sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria. 2da ed. La Habana, Editorial Universitaria, 2007
17. NC ISO 13299: 2008. Análisis sensorial. Metodología. Guía general para el establecimiento de un perfil sensorial (ISO 13299:2003, IDT). Cuba.

Certificación de recipientes sujetos a presión en una empresa de productos para la construcción.

A. Calderón Jiménez [1], D. Jazmín Marín [2], S. Ginés Palestino[3], I. Lima Romero[4], V. M. Tinoco Palacios[5]*
*[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán, Avenida Instituto Tecnológico s/n, Col. La Gloria, Ciudad Serdán, Puebla, México. C.P. 75520, Tel: 01 (245) 452 18 34, E-mail: * acalderon@tecserdan.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente trabajo, muestra la manera en que empresa generadora de productos para la construcción se da a la tarea de integrar los requerimientos establecidos en la norma oficial mexicana "Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas". El proyecto se cataloga como prioritario, por las consecuencias que se pueden generar, la prioridad se determina mediante un árbol de fallas, una vez determinado que el desarrollo del proyecto era primordial, se realiza la integración los requerimientos específicos de dicha norma, para dar cumplimiento de los equipos sujetos a presión. La tarea consistió en deducir la migración de la NOM-020-STPS-2002 a la norma NOM-020-STPS-2011 la cual requiere clasificación por categorías de los recipientes sujetos a presión, y en función de estas, se deberá obtener dictamen o dictamen más aviso de funcionamiento.

***Palabras clave**: Árbol de fallas, Recipientes, NOM-020-STPS-2011, Certificación*

Abstract

The present work shows the way in which the company that generates products for construction is given the task of integrating the requirements established in the official Mexican standard "Pressure vessels, cryogenic vessels and steam generators or boilers". The project is cataloged as a priority, due to the consequences that can be generated, the priority is determined by a fault tree, once it has been determined that the development of the project was essential, the specific requirements of said standard are integrated, to comply of the equipment subject to pressure. The task was to deduce the migration of NOM-020-STPS-2002 to the norm NOM-020-STPS-2011 which requires classification by categories of the vessels subject to pressure, and depending on these, opinion or Opinion more notice of operation.
***Key words**: containers, fault tree, certification, NOM-020-STPS-2011*

Introducción

Primeramente, se menciona en este documento que los recipientes sujetos a presión son parte fundamental para los diferentes procesos de trasformación en la industria, es por ello que el diseño, construcción, operación y mantenimiento de estos son prioridad para las empresas y una constante área de oportunidad de mejora para las diferentes ramas de la ingeniería: materiales, corrosión, mecánica, civil, hidráulica, química, industrial, etc.

En una segunda parte, se describe la importancia que representa la operación, control y mantenimiento de los recipientes sujetos a presión ya que de acuerdo a investigaciones previas las causas de los accidentes en donde se involucran sistemas de presión fueron: métodos de fabricación inapropiados, materiales inadecuados, soldaduras mal aplicadas; así como aumento gradual y excesivo de las presiones de operación. Se menciona la identificación, dictamen y aviso de funcionamiento que son obligaciones de las empresas que cuenten con recipientes sujetos a presión, según aplique, ya que antes de la normativa, la fabricación, operación y mantenimiento de los recipientes sujetos a presión no contaban con medidas de seguridad, de tal manera que se presentaban constantemente accidentes y con el paso del tiempo, las empresas que fabrican, operan y dan mantenimiento a los recipientes se han regulado bajo los criterios de las normas o estándares aplicables.

Finalmente, se describe el proceso a seguir para poder obtener el dictamen de los recipientes sujetos a presión en categoría II y III; así como, el permiso de funcionamiento de los recipientes sujetos a presión en categoría III, de los recipientes sujetos a presión en las líneas de producción de fabricación, para poder obtener los dictámenes y el permiso de funcionamiento, para lo cual se recabo información técnica de cada recipiente sujeto a presión, analizar con detalle todos los datos y obtener los requisitos solicitados por la norma.

Metodología

En esta sección, se desarrollará la metodología que tiene como finalidad convertirse en un acervo para la integración de documentación en otras empresas que requieran el apego a los requerimientos a la NOM-020-STPS-2011. A continuación, se muestra los pasos a seguir para el cumplimiento de dicho objetivo, posteriormente se desglosa a detalle cada una de las etapas:

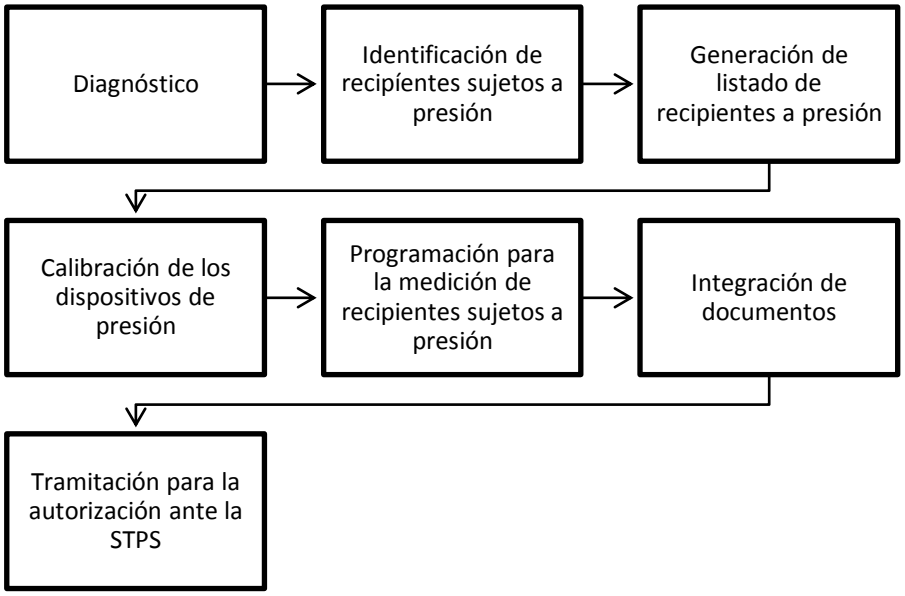


Figura 1. Metodología para cumplimiento de requerimientos de la NOM-020-STPS-2011

Diagnóstico

Para realizar la investigación de incidentes y causa raíz se realizó un árbol de fallas como herramienta de investigación, el cual muestra de manera general la situación actual, esta incluye actividades, evaluación y consecuencias como se puede observar en la Figura 1. Partiendo de esto, se recabó información con la cual se determinó que se le está dando actualmente un seguimiento periódico a: análisis de riesgos, evaluación de cumplimiento legal, monitoreos, modificaciones de procedimientos y simulacros, además de que las consecuencias no tienen un impacto significativo, por otra parte se encuentra los recipientes sujetos a presión que dentro de un escenario crítico se tienen sanciones económicas, multas, o hasta una consecuencia mayor, la cual sería el cierre de las instalaciones, por lo que lo convierte en prioridad para dar una pronta solución.

 ISSN 2007-8102

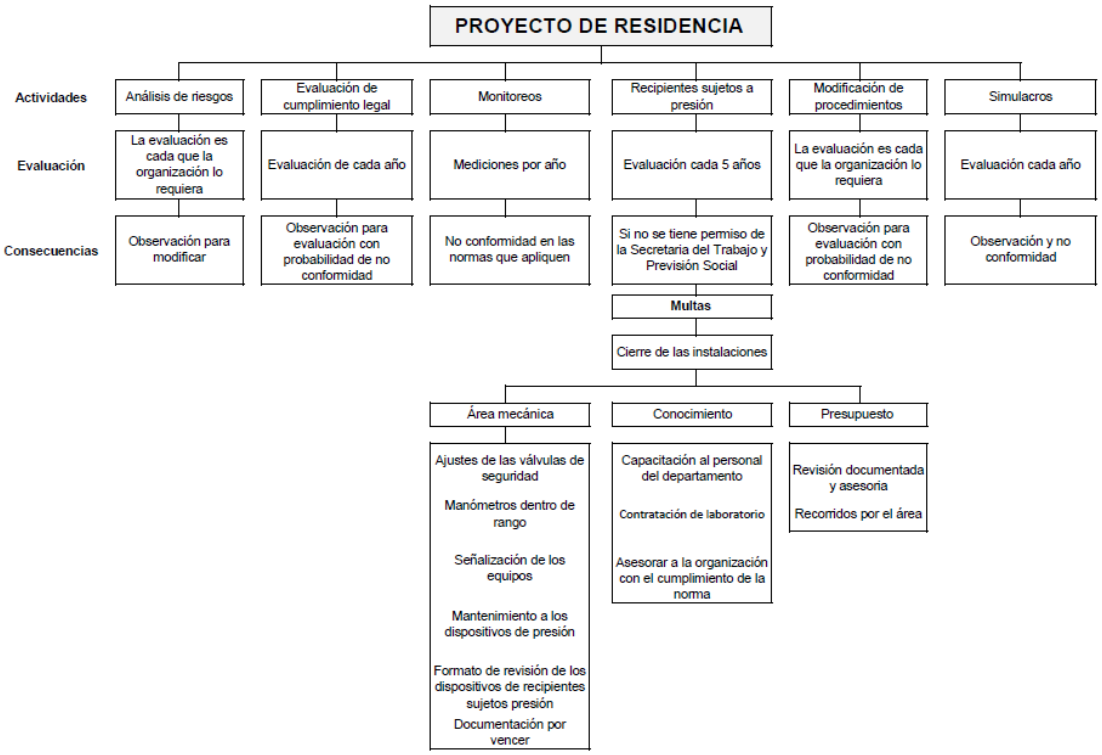


Figura 2. Árbol de fallas

Una vez establecida la prioridad del proyecto se da inicio con la interpretación de la NOM-020-STPS-2011, como primera instancia indica en el punto 19.7 que la vigencia de los dictámenes o de los dictámenes con reporte de servicios, emitidos por las unidades de verificación, será de diez años, tratándose de equipos nuevos y de cinco años, en el caso de equipos usados**.**

Para el cumplimiento de la norma se determina y gestiona para que una unidad de verificación asesore y dictamine los recipientes a presión de manera que garantice la seguridad operativa de los recipientes sujetos a presión; así como la continuidad operativa ante la secretaria del trabajo y previsión social (STPS) no sin antes realizar algunas acciones:

- Identificar todos los recipientes sujetos a presión existentes dentro de la empresa.
- Clasificar por categorías I, II y III; tomando en cuenta el volumen manejado en el recipiente y la presión de trabajo u operación a la que son utilizados los recipientes sujetos a presión.
- Dictaminar los recipientes identificados en categoría II y III.
- Desarrollar el expediente de cada uno de los recipientes sujetos a presión identificados.
- Dar de baja algunos equipos que no están dentro de la clasificación como categoría III.
- Gestionar la autorización de los recipientes sujetos a presión, clasificados en categoría III.
- Declarar ante la secretaria de trabajo y previsión social los equipos nuevos instalados en las líneas de producción, clasificados en categoría III.

La unidad de verificación realiza recorridos para conocer las condiciones técnicas de los recipientes sujetos a presión, así como la operación.

Además, asigna personal técnico del área de seguridad para recabar la información requerida por la unidad de verificación para el seguimiento del dictamen y autorización.

Identificación de los recipientes sujetos a presión

Los recipientes sujetos a presión que tiene actualmente la empresa son dos (pulmones y cañones). Los Pulmones de la línea 1 se tiene que fue fabricado 2005 para aire de servicio y operación; con válvulas de seguridad, de desfogue y alivio, manómetro, base capaz de soportar el peso del recipiente, placa de datos y etiqueta correspondiente. El cañón cuenta con una superficie de 0.124 m^3 para limpieza del material de las paredes de los ciclones o tolvas; con manómetro, válvula de seguridad, placa de datos y su identificación. La etiqueta en cada pulmón y cañón muestra el número de identificación asignado por la empresa, el número de autorización asignado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) cuando aplica y la presión de operación la cual es de 7.0 Kg_f/Cm^2.

En la línea 2 los pulmones fueron fabricados en el 2014 con aire de servicio y operación; con válvulas de seguridad, de desfogue y alivio, manómetro, base capaz de soportar el peso del recipiente, placa de datos y con datos en serigrafía. Cuenta con dos tipos de cañones en donde uno de ellos tiene una superficie 0.124 m^3 para limpieza del material de las paredes de los ciclones o tolvas; con manómetro, válvula de seguridad, placa de datos y su identificación y el otro tiene una superficie de 0.100 m^3 para limpieza del material de las paredes de los ciclones o tolvas; con manómetro, válvula de seguridad y de alivio, placa de datos y su identificación.

Listado de recipientes a presión

Se realizan formatos para obtener los datos necesarios de cada recipiente considerándolos como guía de recorrido se recaban datos de: los recipientes, válvulas de seguridad y manómetros con mayor facilidad y bajo un solo criterio.

Obtenida la información de los recipientes sujetos a presión y sus dispositivos de presión y medición, se concentra en una base de datos, donde se registra lo siguiente: Número de identificación, Nombre genérico, Número de serie, Número de control de la STPS, Foto del equipo, Clasificación, Fluido, Ubicación, Foto de la placa de datos, Capacidad volumétrica, Presión de operación, Presión de calibración de la válvula de seguridad, Número de serie de la válvula de seguridad, Foto de la válvula de seguridad.

Calibración de los dispositivos de presión

Para dar cumplimiento con el punto 14.1 de la NOM-020-STPS, la empresa fabrica un banco de pruebas con un manómetro patrón certificado. Por las características de operación de los equipos y para demostrar que las válvulas de seguridad se encuentran en condiciones normales de operación, el personal de mantenimiento mecánico realiza mediciones a través de un banco de pruebas con un manómetro patrón certificado de acuerdo con la Ley Federal de Metrología (LFM) aprobado por la unidad de verificación. El certificado del manómetro patrón es revisado por la unidad de verificación para su aprobación, cumpliendo con lo establecido por la Ley Federal de Metrología (LFM) y fue expedido por la METROTECNIA S.A. DE C.V., ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y el informe de resultados del manómetro, para lo cual se considera lo siguiente:

- **Válvulas de seguridad calibradas.** Se compran válvulas de seguridad calibradas a una presión de calibración de 7.8 kg_f/cm^2 con certificado de calibración emitida por el fabricante.
- **Personal calificado.** El personal que realiza la prueba es un oficial de mantenimiento mecánico avalado por un ingeniero mecánico con cédula profesional en Ingeniería Mecánica.
- **Demostración de la prueba de verificación.** El fabricante recomienda para las válvulas de seguridad se verifiquen entre el 10% y el 15% por arriba de la presión de operación. Motivo por el cual todas las válvulas de seguridad que pasaron por el proceso de verificación fueron ajustadas en el rango de 7.7 kg_f/cm^2 a 8.5 kg_f/cm^2.
- **Registro de los datos de la válvula de seguridad.** El fabricante grava sobre una placa metálica el número de serie, la presión de ajuste, presión de prueba, sobrepresión y sus datos generales. En el caso de válvulas certificadas, además de la placa emite un certificado de calibración en los términos de la Ley Federal de Metrología (LFM) cuando se hacen ajustes en la válvula de seguridad mediante banco de

pruebas los resultados de las presiones deberán quedar registrados en un formato, mismo que avala la unidad de verificación para seguir con el trámite de dictaminación.

- **Manómetros de campo.** Durante las inspecciones se encontraron manómetros que no cumplen con el rango, fueron retirados y reemplazados por dispositivos dentro del rango sugerido por el fabricante. De acuerdo a dicha sugerencia el rango de medición de los manómetros de presión debe considerar que se mantenga en las dos terceras partes (2/3) del rango total del manómetro; es decir, para un manómetro que mide una presión máxima de 16 kg_f/cm^2, la presión mínima del manómetro debe de estar en 5.3 kg_f/cm^2 y la presión máxima en 10.6 kg_f/cm^2.

Programar medición de recipientes a presión.

Reunidos los datos técnicos para la verificación se programa la visita de inspección de la unidad de verificación para dar certidumbre y proceder a la elaboración del certificado que se presentará para la autorización de la STPS. Con los resultados de las inspecciones y las muestras de trabajo realizadas, porque así lo permite el proceso, se toma la decisión de llevar a todas las válvulas de seguridad a 7.8 kg_f/cm^2 para categoría II y mayores de 7.8 kg_f/cm^2 para categoría III con su certificado de calibración o verificación interna de cada una. Para asegurar que los recipientes sujetos a presión garantizan la seguridad de los trabajadores y de las instalaciones en el centro de trabajo, la NOM-020-STPS, requiere que se realicen mediciones a los quipos existentes en cada centro. Las pruebas deben ser realizadas por una unidad de verificación acreditada. La unidad de verificación que se consideró es una empresa que cumple con el requisito como organismo acreditado para realizar dictámenes de recipientes sujetos a presión ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Para facilitar la evaluación del tipo de prueba a realizar a los recipientes sujetos a presión, se elabora un formato de análisis de factibilidad de acuerdo con la NOM-020-STPS.

Para dar cumplimento a las obligaciones que le corresponden a la organización se consideró el capítulo 5 de la norma, con evidencias realizadas en campo o cuestiones administrativas que incluye los subcapítulos 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.10, 5.12, 5.14., y 5.15.

Integrar documentos

Durante la visita para levantar el acta de verificación que es el proceso administrativo para la dictaminación y que permite confirmar datos de cada recipiente sujeto a presión y sus dispositivos de medición directamente.

La unidad extiende el acta al aceptar los procedimientos de operación y mantenimiento como seguros y bajo los criterios de la NOM-020-STPS donde firma: Verificador de la empresa, responsable del centro de trabajo y personal responsables de los departamentos involucrados, los documentos integrados son los siguientes: la evaluación de la conformidad, criterios de evaluación, documentos adicionales, baja de recipientes sujetos a presión, alta de recipientes sujetos a presión de las líneas de producción, hoja de datos del equipo, croquis de localización.

Trámite de autorización ante la STPS.

Para los recipientes sujetos a presión clasificados en categoría III, además de la dictaminación se debe realizar el trámite de autorización de funcionamiento otorgado por la secretaria del trabajo y previsión social. Para llevar a cabo esta autorización se debe presentar un escrito firmado por el representante legal de la empresa en el que se solicita a la Secretaria de Trabajo y Previsión Social (STPS) su anuencia. Debido a que en la actualidad existe autorización de funcionamientos que están por vencer o vencidos, se ingresó ante la secretaria del trabajo y previsión social oficio donde se declara la baja de 40 recipientes, dados de alta hace diez años, por considerar presiones de trabajo arriba de 9 Kg_f/cm^2. Con el cambio de la presión de operación (9 Kg_f/cm^2) en las válvulas de seguridad en los pulmones por presiones de 7.8 Kg_f/cm^2 la mayoría de los recipientes a presión entraron a categoría II. Sin embargo, 7 de los recipientes sujetos a presión (pulmones) con volúmenes mayores a 1 m^3, deben ser declarados ante Secretaria del Trabajo y Previsión Social, por clasificar en la categoría III. Después de integrar la documentación agenda cita para entrega de la documentación para el número de autorización.

Resultados y discusión

La relevancia del presente trabajo radica en la integración de los requerimientos para recipientes sujetos a presión conforme a las NOM-020-STPS-2011 considerando la metodología propuesta como un referente para que otras organizaciones del mismo u otro giro puedan operar bajo los requerimientos de dicha norma. Caracterizando en retrospectiva los elementos más relevantes de este trabajo, se puede mencionar lo siguiente:

- Todos los recipientes existentes fueron identificados y clasificados por categorías de acuerdo con los criterios de la NOM-020-STPS-2011
- Los recipientes sujetos a presión de la línea 1 estaban por vencer y se renovó su autorización ante la secretaría
- Con la clasificación por categorías y alcance de la norma actual algunos recipientes se dieron de baja ante la STPS, dado que no operaban con la presión adecuada
- Tomar en consideración el arranque de la segunda línea ya que existen recipientes en proceso de gestión para la autorización ante la STPS

De acuerdo a lo anterior se puntualiza el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma. Para mostrar este cumplimiento, se realizaron: listado de todos los recipientes sujetos a presión, base de los datos técnicos de los recipientes y las válvulas de seguridad permitiendo su clasificación por categorías, para obtener el dictamen por parte de la unidad de verificación y aviso de funcionamiento por parte de la secretaria del trabajo y previsión social.

Se obtienen los avisos de funcionamiento de los recipientes sujetos a presión de las líneas de producción. Este proyecto presenta a manera de ejemplo el documento que avala estos avisos.

El desarrollo del proyecto tenía como alcance la integración de los requerimientos de los NOM-020-STPS-2011 recipientes sujetos a presión, al cumplir con estos requerimientos y cumplir en el tiempo establecido. El proyecto alcanzó a obtener el aviso de funcionamiento por parte de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social teniendo vigencia de 5 años para la empresa.

Trabajo a futuro

Realizar registros de inspección cada 6 meses para los recipientes sujetos a presión y sus dispositivos, ayuda a que se mejoren las condiciones en tiempo y forma sin tener algún contratiempo, monitorear los desfogues de las válvulas de seguridad, ya que algunos están en dirección de pasillos peatonales y a la altura de la cabeza del personal, evitar que las descargas de presión sean en zonas de tránsito, de maniobra o andamios de trabajo, colocar tubería en la salida de descarga de la válvula orientando el aire hacia una descarga segura, realizar limpieza a los equipos y sus dispositivos (válvula de seguridad, válvula de alivio, válvula de desfogue y manómetro), asegurando una adecuada función en cada uno de ellos. Capacitación, para que se concientice al personal sobre los riesgos ocurridos, al no conocer la presión almacenada en el recipiente.

Conclusiones

Los recipientes sujetos a presión se monitorean cada 5 años para conocer el deterioro que tiene durante su tiempo de vida, asegurando que el desgaste de la placa no sea un factor de explosión, adicionalmente para no llegar a la máxima presión se instalan válvulas de seguridad las cuales liberan presión excesiva evitando deterioros prematuros en los equipos, esto resulta interesante en la vida diaria y dentro de la ingeniería para prevenir accidentes que actualmente han ocurrido. Conocer los registros y su trazabilidad a través del número asignado, de serie, de identificación, etc., permite saber que actividades se realizaron para alcanzar los resultados de medición; o en el caso del proyecto, demostrar que los dispositivos empleados para la medición están calibrados o verificados; es decir, tienen una medición comparable a nivel internacional, esto hace confiar que las mediciones no tienen desviaciones. La NOM-020-STPS, recipientes sujetos a presión es la norma con mayor jerarquía para la secretaria del trabajo y previsión social, dado los efectos negativos que se pueden generar en caso de una

explosión por las uniones en el cuerpo del recipiente pudieran generar efectos severos con altos costos para las empresas; motivo por lo que los inspectores le dan mayor importancia durante sus visitas. Una ventaja de la norma vigente es que solicita identificar los recipientes en categorías I, II y III. La clasificación permite dictaminar los recipientes clasificados en II y III, dado de alta ante la secretaria del trabajo y previsión social los de categoría III.

Referencias

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
2. Secretaria del Trabajo y Previsión Social.
3. Dupont Sustainable Solutions. (2014). Investigación de Accidentes y Análisis de Causas Raíz. México: E.I. Dupont.
4. A.S. Foust, L.A. Wenzel, C.W. Clump, Louis Maus, L.B. Andersen. (1985). Principios de Operaciones Unitarias. México: CIA. editorial continental, S.A. DE C.V.
5. Antonio Valiente, Rudi primo Stivalet. (1981). Problemas de balances de materia. México: Alhambra Mexicana.
6. Polysius. (2005). llta no de pedido. 1455-01/b. Alemania: Lammers Lufttechnische Anlagen GMBH & CO. KG.
7. Secretaria de Economía.
8. Ley Federal de Metrología y Normalización.
9. Diario Oficial de la Federación.
10. ISO 45001:2018. sistemas de gestión de la seguridad de salud en el trabajo.
11. OHSAS 18001:2007. sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
12. NOM-020-STPS-2011. recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas.
13. NOM-002-STPS-2010. condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
14. VÁLVULAS DE SEGURIDAD CUEVAS S.A. DE C.V.
15. BUREAU VERITAS. (2015). interpretación integral basado en las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015. México D.F.: BUREAU VERITAS.
16. NMX-C-414-ONNCCE-2014 – Industria de la Construcción-Cementantes Hidráulicos-Especificaciones y Métodos de Ensayo.
17. CHARLES E. LITTLEJOHN, PH. D. (1984). introducción a la ingeniería química. México: C.E.C.S.A.
18. Robert h. Perry. (1986). manual del ingeniero químico quinta edición (segunda en español). México: McGraw-Hill.
19. h. Exner, r. freitag, dr. -Ing. h. geis, r. Lang, j. Oppolzer, p. Schwab, e. Sumpf. (1978). fundamentos y componentes de Laolehidráulica. Alemania: Rexroth Bosch Group.
20. NMX-EC-17011-IMNC-2005 “evaluación de la conformidad – requisitos generales para los organismos que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad.
21. NOM-093-SCFI-2017. válvulas de relevo de presión (seguridad, seguridad-alivio y alivio) operadoras por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce.

INGENIERÍA MECÁNICA - MECATRÓNICA

IM01 **Análisis de vibración de conjunto estructural base para recolector de energía** **1053**
Jorge Bedolla Hernández, Vicente Flores Lara, Marcos Bedolla Hernández, Dariusz Szwedowicz Wasik, Benjamín Ramírez Angulo.

IM02 **Diseño del eje para rotores largos del equipo de balanceo dinámico en cortadoras de mármol** **1061**
Adolfo Manuel Morales Tassinari, Erik Daniel Coyac Báez, Oscar Eduardo Ramírez Mesinas.

IM03 **Obtención de la potencia de una turbina eólica de 5 MW mediante el método BEM.** **1069**
Francisco Javier Santander Bastida, Vignaud Granados Alejo, Pedro Yáñez Contreras, Raúl Alvarado Almanza, Roberto Martín del Campo Vázquez.

IM04 **Optimización tribológica del recubrimiento H-DLC, utilizando el método gris-difuso** **1077**
Edith Flores Vazquez, Jose Solis Romero, Víctor Augusto Castellanos Escamilla, Miguel Paredes Rueda.

IM05 **Análisis de falla en un horno rotatorio para fundición de plomo reciclado en México** 1085
Manuel Alejandro Parra Rangel, Argenis Emmanuel Rodríguez Mariano, Edgar Uriel Martínez Carmona, Ma. Guadalupe Sil Pérez.

IM06 **Análisis exergético de un GTCC en configuración 3-1 en condición operativa y de diseño.** **1093**
Rodolfo Alberto Herrera Toledo, Guillermo Sánchez Liévano, Rafael Sánchez Dirzo

IM07 **Análisis experimental del sistema generador de vapor para una turbina no convencional.** **1101**
José Ignacio Rojano Merchant, Luis Gabriel Cortés Rodríguez, Jorge Bedolla Hernández and Marcos Bedolla Hernández.

IM08 **Algoritmo de reconstrucción 3D implementado Raspberry-Pi 3** **1108**
Enrique Alejandro Cuellar Cortes, Yael Antonio Vazquez Beltrán, Jose Rubiel Hernandez Gutierrez, Jonathan Posada Gómez.

IM09 **Evaluación de la Resistencia a la Polarización lineal, en capas FeB 〖y Fe〗_2 B depositadas en acero AISI H13 con temple, empleando un electrolito tipo lluvia ácida.** **1116**
Rosalía Trujillo Sánchez, Victor Augusto Castellanos Escamilla, Mariana Bárcenas Castañeda, Oscar Armando Gómez Vargas, José Solís Romero.

IM10 **Análisis de calidad en el proceso de engargolado lineal** **1124**
Pablo Alberto Limon Leyva, Rafael Alfonso Figueroa Díaz, Ismael Murillo Verduzco, Manuel Herrera Sarellano, José Manuel Campoy Salguero.

IM11 **Mejora de eficiencia térmica rediseñando el sistema de aislamiento de un horno de calentamiento de lingote.** **1132**
Edgar Uriel Martinez Carmona, Manuel Alejandro Parra Rangel, Argenis Emmanuel Rodriguez Mariano, Ma. Guadalupe Sil Perez, Jorge Bedolla Hernandez.

IM12 **Análisis longitudinal de redes para Conectividad Funcional Cerebral** **1140**
Maria Luisa Córdoba Tlaxcateco, Yoselyn Nohemí Ortega Gijón, Alejandro Del Rey Torres Rodríguez.

IM13 **Control de posición de péndulo doble mediante control difuso en interfaz en CAD** **1148**
Irma Flores Nava, Jorge Carro Suárez, Fabiola Flores Salazar, R. Hernández Hernández.

IM14 **Diseño de un prototipo de dispositivo portátil para pruebas mecánicas en polímeros.** **1158**
Victor Manuel Villalón Ramos, Federico Ampudia Ramírez, Francisco Javier Ramírez Valdés, Alicia Rosas González , Sylvia García Banda.

IM15 **Detección de contaminación de la radiación generado por aparatos de Rayos X dentales.** **1166**
Francisco Agustín Poblano Ojinaga, Liliana Patricia de la Fuente Cabrera, Armando F.A. Poblano Ojinaga, L.P. de la Fuente Cabrera, A. *Longoria De la Torre, Brenda Pedroza Figueroa , Jean Christoff Batres Gutierrez.*

IM16 **Mecanismo paralelo UPS-1S para la articulación de un tobillo-protésico para personas con amputación transtibial.** 1172
Victoria E. Abarca, Norma J. Gallardo , Dante A. Elías.

IM17 **Generación de una base de datos con resguardo en la nube para el monitoreo de un biorreactor RLFI.** **1180**
Emmanuel Peña Pérez, Albino Martínez Sibaja, José Pastor Rodríguez Jarquín, Oscar Sandoval González and Miguel Daniel Guzzi Hernández.

IM18 **Diseño de un prototipo separador de hidrogeno y oxigeno mediante electrolisis** **1186**
Juan Manuel Rojas Castellanos, José Pastor Rodríguez Jarquín, Blanca Estela Gonzalez Sánchez, Albino Martínez Sibaja and Rubén Posada Gómez.

IM19 **Sistema automatizado para la medición de pH en un biorreactor** **1191**
Luis Alberto Báez Rodríguez, José Pastor Rodríguez Jarquín, Albino Martínez Sibaja, Rubén Posada Gómez and Gerardo Aguila Rodríguez.

IM20 **Uso de colorimetría para la medición de pH del NaOH en la captura de CO2** **1201**
Ociel Isidro Conde Rosas, Albino Martínez Sibaja, José Pastor Rodríguez Jarquín, Ignacio Herrera Aguilar and Jose De Jesús Agustín Flores Cuautle.

Análisis de vibración de conjunto estructural base para recolector de energía

J. Bedolla Hernández[1], V. Flores Lara[1], M. Bedolla Hernández[1], D. Szwedowicz Wasik[2], B. D. Ramírez Angulo[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México / I. T. Apizaco, Departamento de Metal-Mecánica, Carretera Apizaco-Tzompantepec S/N, C.P. 90300, Conurbado Apizaco-Tzompantepec, Tlaxcala, Mex.
[2] Tecnológico Nacional de México / CENIDET, Departamento de Ingeniería Mecánica, Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos, México
**jorge.bh@apizaco.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Los sistemas recolectores de energía han tomado especial interés al enfocarse en obtener energía proveniente de procesos que la desechan o que no usan la energía disponible de su entorno, por considerar que es de baja magnitud. Lo cual, en principio no resultan de interés en procesos a gran escala. Pero para lo cual existe una tendencia de recolectores basados en captación de la energía cinética de fluidos, y que la pueden realizar por medio de estructuras vibratorias. En ese sentido, este estudio analiza el comportamiento de un sistema de recolección propuesto, constituido por un perfil aerodinámico NACA 0012 y una barra flexible. El análisis se realiza por medio de elemento finito, en el cual se presenta el modelo discreto y la respuesta vibratoria a diferentes ángulos de incidencia del perfil aerodinámico. Se analizan valores de vibraciones y los resultados muestran el rango de frecuencias de aplicación del esquema propuesto.

***Palabras clave**: Energía, frecuencias, perfil aerodinámico, recolectores de energía*

Abstract

The energy harvester systems have taken a special interest for recovering energy in process where the energy is discarded or do not used, due to their low levels of magnitude. However, energy harvester systems are able to obtain energy for instance from several fluid, including the air, where reduced magnitudes of energy looks like without an useful interest. A type of harvester systems is based on the collection of the kinetic energy from fluid flows by means of vibratory structures. In this sense, the present study analyzes the behavior of a harvester system, which is constituted by an airfoil NACA 0012 and a bar of constant cross section. The analysis is carried out by means of finite element, the discrete model is presented and the vibratory response is analyzed for different angles of coincidence between of the elements. Not only lateral vibration values are analyzed, but also torsional modes were considered. The results show the frequency range of application of the scheme.

***Key words**: Energy, frequencies, airfoil, energy harvester.*

Introducción

La tendencia global en el uso y consumo adecuado de energía cada vez tienen mayor importancia, e incorpora aspectos de diversificación de la matriz energética. Donde se considera no solo el consumo, sino también las formas de producción. Lo cual tiene implícito que la transformación de energía tiene que realizarse en forma amigable con el entorno, para reducir el impacto adverso en el medio. Para Anton (2011) todo lo anterior busca alinear esfuerzos en materia de energéticos con el concepto de “ingeniería verde”. En forma paralela, se tiene el interés de aprovechar energías residuales de procesos, de forma tal que se incremente la eficiencia global de los sistemas. Ese interés tiene diferentes vertientes que se relacionan con aspectos políticos económicos, tecnológicos y ambientales.

Los equipos y sistemas tradicionales usados para la generación de energía eléctrica, se diseñan para una eficiencia relativamente alta; sin embargo, estos presentan desventajas notables que se convierten en áreas de oportunidad para el desarrollo de sistemas emergentes. Tales desventajas se relacionan con la gran cantidad

de energía del fluido de trabajo que requieren o con una elevada cantidad del fluido en sí. De acuerdo con Rostami y Armandei (2017) eso se traduce en dimensiones considerables para su construcción y grandes espacios de instalaciones. Por consiguiente, esos sistemas requieren de materiales de alto desempeño, con costos elevados de construcción, operación y mantenimiento, proporcionales a sus capacidades.

Recientemente un nuevo paradigma para la recolección de energía de flujo de fluidos se ha desarrollado, en el cual la energía, por ejemplo de vórtices de fluidos, se recupera de procesos o sistemas ya existentes. El concepto de recolección entonces es el proceso de convertir energía disponible en el medio ambiente, no aprovechada, en energía útil a partir del uso de materiales particulares o mecanismo de transducción. Con lo cual se recupera energía desperdiciada de un proceso existente, sin que el mismo se modifique. Existen diversas fuentes de energía disponibles en el entorno, como la solar, eólica, térmica, vibración mecánica y proveniente de diversas actividades humanas. Entre las cuales, la energía eólica se aprecia que está presente en casi todas las actividades de la vida diaria, por ejemplo de acuerdo con Zhao y Yang (2017) en sistemas de aire acondicionado, de calefacción y ventilación, y el flujo de viento natural en espacios al aire libre se dispone de energía eólica residual. Donde de forma común no se aprovecha la energía cinética que forma parte de esos fluidos y que puede captarse con recolectores de energía sin la modificación del sistema original.

La captación de energía a través de convertir energía mecánica desperdiciada (cinética principalmente) a energía eléctrica ha recibido una atención significativa, por lo cual se han introducido diferentes conceptos con el objeto de recolectar la energía mecánica disponible en el ambiente. La energía a recolectar puede captarse mediante formas de energía mecánica no utilizada, a través de mecanismos de transducción, como los tipos de energía considerados por Anton (2011), Ayed et al. (2013), Zhao y Yang (2017) que incluyen el electromagnético, electrostática, o piezoeléctrico. Donde estructuras flexibles dentro de un flujo cruzado parecen ser una forma prometedora de obtener energía de flujos geofísicos de baja velocidad. Sin embargo, de acuerdo con Grouthier et al. (2014), la respuesta dinámica correspondiente es considerablemente más compleja para su análisis que la de un cuerpo rígido, por lo tanto es necesario explorar cómo la eficiencia depende o se relaciona con los parámetros vibratorios del sistema. Otro tipo de vibraciones se obtienen como vibraciones aeroelásticas, como lo analiza Abdelkefi (2013) a partir de un cilindro colocado en la estela del flujo de otro cilindro, el cual exhibe oscilaciones cruzadas. Dai (2014) considera que el concepto más usado para la recolección de energía de flujos corresponde a un sistema vibratorio de conversión, sujeto a una viga en voladizo y cuyas excitaciones son externas. Parte del concepto previo, de acuerdo con Abdelkefi y Nuhait (2013), se basa en vibraciones aeroelásticas o inducidas por el flujo de fluidos, con el aleteo de secciones aerodinámicas predefinidas. Dependiendo del flujo y características propias del fluido, los sistemas pueden diseñarse para operar bajo condiciones de viento y alojarse en diversos espacios y aplicaciones, incluyendo salidas de ventilación, ríos, puentes, superficie de máquinas en operación, Bouzidi (2011) considera además bombeo de agua, Kok et al. (2012) incluyen sembradoras de semillas, y Sun et al. (2015) también incluyen el desfogue de turbinas. Todas esas aproximaciones consisten en el proceso de convertir energía cinética de un fluido en energía mecánica a partir de un sistema que se defina y diseñe. Yan et al. (2017) presentan otro concepto reciente del uso de un flujo de aire, para la captura de su energía cinética. También Yang et al. (2013), Zhang et al. (2017), Zhang et al. (2018) han reportado que las oscilaciones transversales normales a la dirección de flujo de fluido en estructuras con un débil amortiguamiento, usando una velocidad crítica del fluido, es la mejor elección para la obtención de vibraciones estructurales en el propósito de recolección de energía, esto comparado con otros tipos de vibraciones inducidas, en función de una mayor amplitud de vibración y de facilidad para oscilar a diferentes velocidades. Lo anterior conlleva a establecer que cuando la frecuencia de excitación coincide con la frecuencia natural del recolector, se obtienen movimientos resonantes y el material se deforma propiciando la recolección de energía como carga eléctrica.

De la revisión de literatura se encuentra que se realizan estudios para desarrollar el conocimiento, y se introducen tecnologías en el campo de la extracción de energía a partir de energía considerada como desperdicio. A medida que surgen tecnologías para el aprovechamiento y uso de la energía de desecho, Mafakheri y Nasiri (2014) consideran que es necesario que a la par se adopten, investiguen e implemente sistemas que apoyen a la adecuada selección, en un entorno técnico-científico, con criterios que se adecuen a la disponibilidad, confiabilidad y requisitos medio ambientales. Donde también se observa la recolección de energía a partir de fluidos, que introducen acoplamiento de tres vías: dinámica estructural, eléctrica y de fluidos. Todo lo cual debe considerarse en el diseño y modelado del sistema a desarrollar. Al respecto de la dinámica estructural, Ayed et al. (2013) consideran que la selección apropiada de longitud y masa de vigas usadas en

sistemas recolectores, pueden usarse como parámetros de diseño, para captar energía en una banda determinada de frecuencias. A partir de lo cual, el presente estudio se enfoca en la respuesta dinámica de un tipo de recolector de energía a base de componentes estructurales pasivos. El punto central consiste en establecer frecuencias naturales del sistema a usarse en el proceso de recolección. Ya que se encuentra en la revisión que los estudios principalmente se enfocan en solo la frecuencia fundamental del sistema y regularmente no consideran frecuencias subsecuentes. Por lo que el presente estudio considera la frecuencia fundamental y también frecuencias superiores. Otro aspecto particular se enfoca en la configuración que tienen los elementos estructurales entre sí, y la diferencia de co-linealidad entre sus elementos, Para eventualmente considerar flujos cruzados que pueden modificar la respuesta vibratoria. El estudio se desarrolla por medio de simulaciones por el método de elementos finitos y se establece el modelo discreto correspondiente.

Recolector de energía

La recolección de energía, es un concepto por el cual la energía se captura, almacena y utiliza a partir de varias fuentes empleando dispositivos de conversión. Khligh y Onar (2010) discuten que a diferencia de los sistemas convencionales de generación de energía eléctrica, en el concepto de recolección de energía renovable, los combustibles fósiles no son el principal combustible o no se quema más combustible fósil para la recolección, y las unidades de generación se pueden descentralizar,. En ese concepto se considera que la energía de movimiento del fluido ya cumplió su función primaria, y aún puede usarse para diversos propósitos en el esquema de recolección. Donde la fuerza del fluido es función de su densidad, y su energía cinética es proporcional a su densidad y velocidad.

Un fluido puede iniciar vibraciones en sistemas estructurales por diferentes condiciones, tales efectos se presentan en sistemas que pueden incluir tubos intercambiadores de calor, escapes de gases de combustión, componentes aeronáuticos, entre otros. Pero que bajo determinadas consideraciones esa vibración indeseable, puede usarse como medio para recolección de energía sin alterar el proceso primario del fluido en el sistema original. El aleteo elástico de alas de aviones es el efecto de vibración inducida por aire más dramático y conocido, éste es distinto de otras vibraciones aeroelásticas debido al mecanismo responsable de la inestabilidad, y en esas condiciones la energía del fluido es transferida a la estructura generando oscilaciones. Los valores en que las vibraciones alcanzan las amplitudes máximas coinciden con sus frecuencias naturales y las deflexiones se asocian con un mayor movimiento, en consecuencia puede extraerse mayor energía. Para el sistema en estudio se considera las características estructurales de un par de elementos acoplados, con rigidez y masa en condiciones de vibrar. El estudio se basa en los valores de las frecuencias naturales del sistema acoplado que se obtiene mediante la simulación por elemento finito, se analizan los diferentes modos de vibración y se analiza la relación de la posición del elemento sujeto a la presión del fluido.

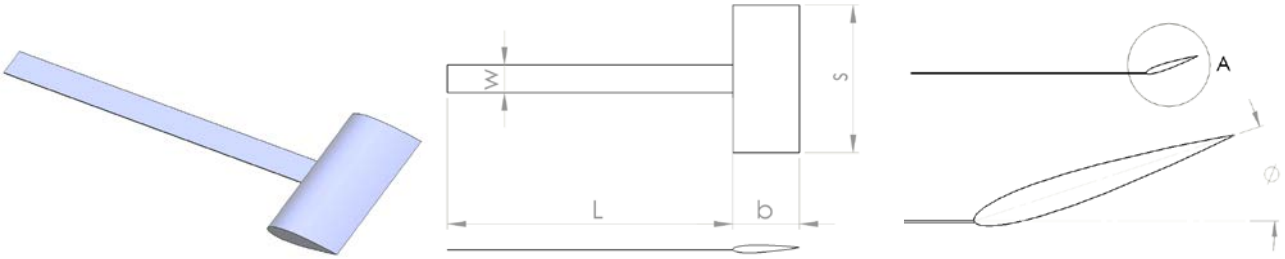
Estructura del recolector de energía

El sistema de recolección planteado consiste de dos elementos estructurales y un anclaje, la configuración consiste en una viga flexible en voladizo, con un perfil aerodinámico (aleta) sujeto en su extremo libre y el otro extremo fijo. La unión entre los elementos estructurales se considera sin rotación, secuencialmente se modifica la posición relativa de los elementos, la orientación inicial de la aleta se muestra en la Figura 1, y en la Figura 1c se indica el ángulo para la posición relativa, donde se presenta una ampliación de la región del perfil aerodinámico para la definición del ángulo Ø. Una de las características de los recolectores de energía es su ubicación y versatilidad para actuar en trayectorias cruzadas de fluidos. Por lo que la orientación que tiene el perfil aerodinámico respecto de la viga se modifica en el estudio para el ángulo Ø (Figura 1c). Los valores discretos considerados para el ángulo Ø se establecen en incrementos de 15° en un rango de 0° a 60°.

En cuanto a los materiales del recolector propuesto, la viga flexible considerada en el estudio es de acero inoxidable 301 (Figura 1), en un extremo se une de forma rígida un perfil de aleta aerodinámico NACA0012. Para la sección de la viga se consideró que la geometría corresponde a un elemento típico para análisis de vibraciones, del cual las ecuaciones para determinar analíticamente sus frecuencias naturales son conocidas. Los valores analíticos de vibración se usan de referencia en la calibración del modelo numérico. La viga tiene dimensiones estándar de perfiles estructurales disponibles comercialmente, donde la longitud (L) es 254 mm, su ancho (W) es 25.4 mm y su espesor (t) es 0.381 mm. Los parámetros físicos del material de la viga se consideran para una acero inoxidable de la serie 301 (matweb, 2019), con densidad de 7850 kg/m^3, módulo

 ISSN 2007-8102

elástico de 214 GPa, y Poisson de 0.33. El perfil aerodinámico de la aleta, se seleccionó en función de que de acuerdo con Mafakheri y Nasiri (1981) diversas publicaciones lo consideran para diversos tipos de estudio,. Para la definición completa del perfil, en Airfoil tool (2019) se dispone en la web del acceso libre a la información completa de la geometría y su respectiva base de datos para generar el perfil NACA 0012 de 4 dígitos, cuyo sitio presenta también otros grupos de perfiles de la serie NACA de 4 dígitos.



a) b) c)

Figura 1. Sistema estructural para el recolector, donde a) isométrico del sistema, b) parámetros dimensionales en vista frontal y c) orientación relativa del perfil aerodinámico y la viga.

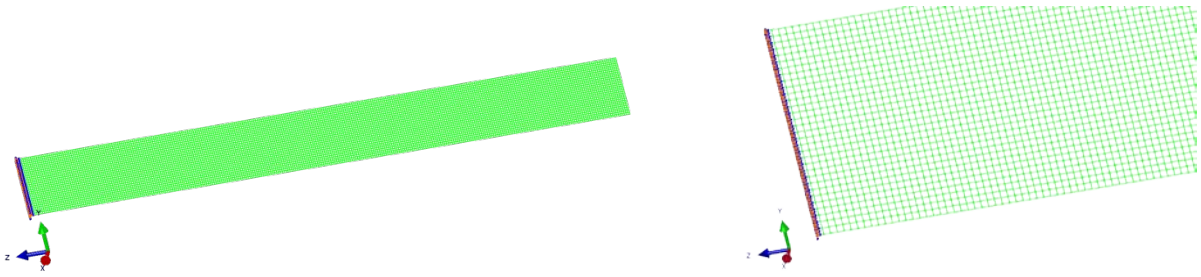
El perfil obtenido de Airfoil tools, corresponde a la forma normalizada para una longitud unitaria b (ver Figura 1), por lo que requiere un posproceso de datos para ajustarlos a la geometría con una cuerda (b) de 59.4 mm y un largo (s) de 136 mm. Con los datos del perfil y valores característicos para la geometría, se genera un archivo con coordenadas xyz que define el perfil completo. Esos datos se almacenan en un archivo del tipo ".txt", con el objeto de importarlo al software de CAD SolidWorks® para general una curva definida por los puntos xyz, y que constituye el perfil a extruir para construir la geometría del perfil aerodinámico completo. Los parámetros físicos del material seleccionado para el perfil aerodinámico NACA0012 son una densidad de 161 kg/m^3, módulo elástico de 2.76 GPA y Poisson de 0.22. Este material corresponde a una espuma de silicón ERG Aerospace Duocel®. El material seleccionado del perfil se consideró para tener una densidad mucho menor que la viga flexible, aprovechar de este elemento principalmente la geometría del perfil aerodinámico para su interacción con el fluido, pero sin alterar significativamente las frecuencias de vibración del conjunto estructural.

Modelo discreto

Un recolector de energía basado en vibraciones estructurales se compone de una viga en voladizo anclada en un extremo, con algún sistema de transducción en el elemento vibrante, y con una masa sísmica en el extremo libre de la viga. La modificación de la masa cambia también el valor de la resonancia del sistema recolector. El elemento másico unido a la viga, además de usarse para modificar la masa, puede tener la función de interactuar con el fluido de trabajo, para recibir la excitación proveniente de la energía cinética del fluido y provocar la excitación de vibración en la viga. Lo anterior es el concepto que se analiza en el presente estudio, a partir del modelo discreto que se genera a partir de la geometría que se muestra en la Figura 1. La geometría de CAD, se usa para establecer la discretización geométrica para las simulaciones por elemento finito. Como parte de la simulación, primero se presenta un modelo discreto solamente de la viga en voladizo, posteriormente se presenta el modelo ensamblado de la viga y el perfil aerodinámico. Para ambos modelos se aplicaron elementos tridimensionales en su discretización, esto con el objeto de analizar las condiciones vibratorias en coordenadas espaciales, y no restringirse solo a vibraciones laterales que pudieran obtenerse al usar elementos finitos simplificados 2D.

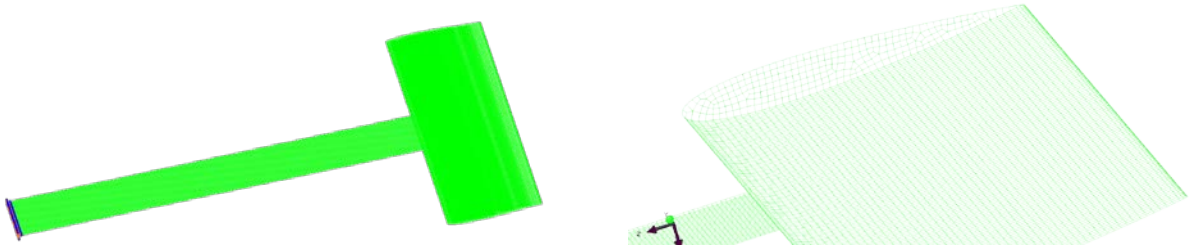
Las Figuras 2 y 3 presentan las geometrías discretizadas de los modelos del sistema estructural que se propone como base de un recolector de energía. En la discretización de la viga se usó una malla estructurada, ya que la geometría de la viga permite que todos los elementos finitos usados sean del mismo tamaño. Aunque si bien, la relación de aspecto difiere de la unidad, se verificó que el tamaño seleccionado de los elementos finitos no afecta los resultados obtenidos de las frecuencias naturales. Esto se verificó con una malla de elementos finitos con relación de aspecto igual a uno, con longitud del lado del elemento 3D igual al espesor de la viga. Sin embargo, se obtuvo que el tiempo computacional de cálculo para ese modelo fue más de 15 veces el tiempo usado por el modelo con la geometría discreta que se presenta en la Fig. 3. Mientras los resultados en ambos modelos se mantuvieron sin cambios significativos de las frecuencias encontradas.

 ISSN 2007-8102



a) b)

Figura 2. Geometría discreta de la viga flexible, donde a) viga completa y b) ampliación de la viga en la región de empotramiento.



a) b)

Figura 3. Geometría discreta de la viga flexible y el perfil aerodinámico, donde a) sistema completa y b) ampliación de la región de unión de los elementos.

El número de elementos finitos para el modelo de la Figura 2 es de 10 176 elementos 3D parabólicos tipo ladrillo en una malla estructurada, que representa un número total de 72 985 nodos. La Figura 2b) muestra una ampliación de la zona de empotramiento de la viga en voladizo, donde se aprecia el tipo de elemento finito usado y del lado izquierdo se identifican los elementos que tiene restricción total de movimiento. En una segunda etapa de simulación, al modelo del Figura 2 se le adiciona una masa concentrada en el extremo libre de la viga (la cual no se visualiza). La cual modifica su frecuencia natural, y que posteriormente se cambia por el componente con perfil aerodinámico que se presenta en la Figura 1.

En la Figura 3 se presenta la geometría discreta del sistema para vibraciones estructurales considerado como base para el recolector de energía. Para el perfil aerodinámico se buscó una malla estructurada; sin embargo, por la propia geometría del perfil se requirió de zonas de transición para elementos finitos de diferentes tamaños. La reducción de distorsión de los elementos en las regiones de transición se logró seccionando la geometría original antes de mallarla. Esto sirvió para restringir el incremento entre elementos en la transición y mantener un tamaño establecido por elemento finito dentro de cada región seccionada. El número de elementos finitos en la geometría de la Figura 3 es de 39 104 elementos 3D parabólicos tipo ladrillo, que representa un número total de nodos de 209 470. La unión del perfil aerodinámico y de la viga se logra sujetando los elementos con interacciones de contacto, para lo cual se definieron superficies en cada uno de los elementos estructurales. Las superficies en contacto se definieron como del tipo sin movimiento relativo entre las mismas, con la definición de “TIE” para la interacción de contacto firme, con lo que considera una unión rígida sin movimiento relativo de las partes en contacto. Las condiciones de frontera solo limitan movimiento en la región de empotramiento.

Resultados y discusión

Un elemento de sección rectangular constante tiene bien establecidas sus características para definir en forma analítica sus frecuencias de oscilación. Young y Budynas (2002) presentan que para establecer las n frecuencias naturales de la viga en voladizo se usa la ec. (1).

 ISSN 2007-8102

$$fn = \frac{Kn}{2\pi}\sqrt{\frac{EIg}{wl^4}} \quad (1)$$

Donde: E módulo elástico, I momento de inercia, g constante de gravedad, w peso por unidad de longitud, l longitud del elemento y Kn constante correspondiente al n modo de vibración. Los primeros 4 valores de Kn se presentan en la Tabla 1. A partir de la ec. (1), se obtienen las frecuencias analíticas del elemento flexible.

Tabla 1. Valores del coeficiente *Kn* (Young y Budynas, 2002)

Parámetro/modo	**1**	**2**	**3**	**4**
Kn	3.52	22	61.7	121

El modelo discreto de la Figura 2 se usa para extraer las frecuencias naturales de la viga, mediante un análisis de perturbación línea. La Figura 4 presenta los primeros 5 modos de vibración de la viga flexible transpuestos con el elemento sin deformar, y la Tabla 2 muestra la comparación entre la simulación y el cálculo analítico.

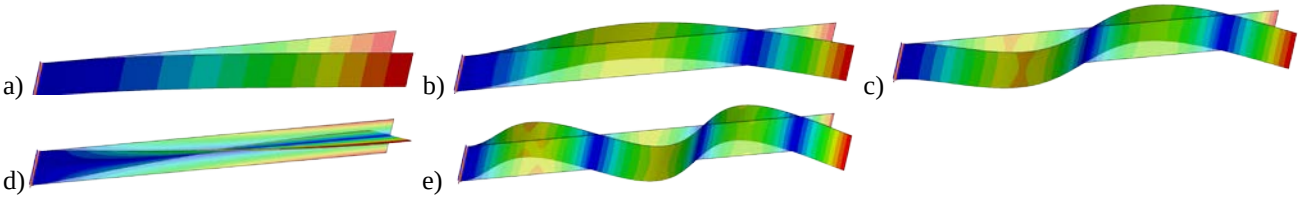


Figura 4. Modos de vibración de la viga flexible del sistema, donde: a) 1er, b) 2do, c) 3er ,d) 4to y e) 5to.

Tabla 2. Frecuencia naturales viga en coladizo [Hz]

modelo/modo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Analítico	4.987	31.166	87.407	171.413	
Numérico	5.0033	31.346	87.834	97.379	172.37
Diferencia [%]	0.325	0.574	0.486		

De la Tabla 2 se aprecia que los primeros 3 modos de vibración tienen una diferencia porcentual menor a 0.6%. Los cuales corresponden en ambos casos a vibración lateral, el 4to modo numérico es una vibración torsional (ver Figura 4d), por lo que no corresponde al 4to modo analítico. Sin embargo, el 5to modo numérico es vibración lateral (Figura 4e), el cual corresponde al 4to modo analítico y cuya diferencia porcentual entre estos es de 0.55%. Para todos los casos de vibraciones laterales la diferencia es menor a 0.6%, a partir de lo cual se considera que el modelo numérico representa adecuadamente el comportamiento vibratorio del sistema. En ese sentido se adiciona al modelo de viga en voladizo una masa en el extremo libre equivalente a la masa del perfil aerodinámico, y se realizó una simulación. De forma análoga, la ecuación (2) se obtiene de Young y Budynas (2002) para el cálculo analítico de una viga en voladizo con una masa en su extremo.

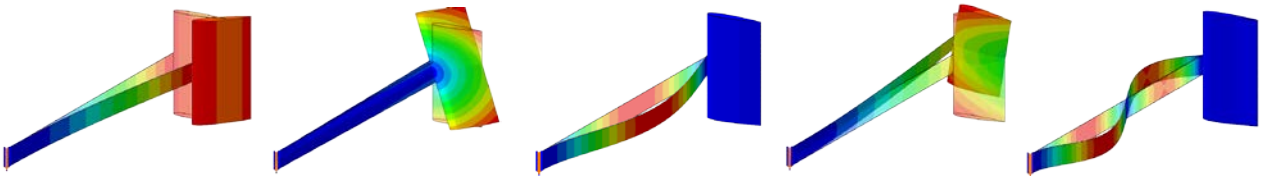
$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{3EIg}{Wl^3+0.383wl^4}} \quad (2)$$

Donde: E módulo elástico del material, I momento de inercia de área, g constante de gravedad, w peso por unidad de longitud, l longitud del elemento y W peso de la masa concentrada en el extremo libre. Como se observa, la ec. (2) solo corresponde al primer modo de vibración lateral, por lo que ese se compara con el resultado obtenido de la simulación. De lo que se obtiene 2.954 Hz en el cálculo analítico y 3.014 Hz en la simulación numérica, lo que resulta en una diferencia porcentual de 2 %. Esta diferencia se considera como una buena aproximación para un algoritmo numérico.

De acuerdo a las comparaciones entre datos numéricos y analíticos, y su buena correspondencia, se establece que el modelo numérico planteado es adecuado para simular el comportamiento de un sistema estructural de recolector de energía, y representa adecuadamente sus frecuencias naturales. Por lo que se procede a realizar

 ISSN 2007-8102

las simulaciones para la geometría del modelo mostrado en la Figura 3. En la Figura 5 se muestran de forma representativa los modos de vibración característicos del sistema estructural propuesto como base para el recolector de energía. Las simulaciones se realizaron para un el rango de ángulos Ø=0°, 15°, 30°, 45° y 60°. Donde la Figura 5 corresponde de manera representativa a resultados para un Ø=60° (ver Figura 1c). El resto de resultados de los modos de vibración simulados son análogos, por lo que solo se muestran sus valores numéricos de frecuencias de vibración en la Tabla 3.



a) b) c) d) e)

Figura 5. Modos de vibración del sistema estructural, Ø=60°, donde: a) 1er, b) 2do, c) 3er ,d) 4to y e) 5to.

Tabla 3. Frecuencias [Hz] del sistema base para recolector a diferentes ángulos de coincidencia [°]

Ángulo Ø / Modo	0	15	30	45	60
1	0.531	0.533	0.923	0.773	0.678
2	2.890	2.839	2.680	2.537	2.414
3	11.995	11.228	22.153	22.090	22.053
4	34.477	35.122	36.770	39.076	41.521
5	37.339	36.404	71.410	71.338	71.285
6	91.328	90.742	148.950	148.880	148.810
7	175.290	174.870	194.280	194.210	194.110
8	200.150	200.160	254.980	254.930	254.860
7	288.230	287.900	282.690	275.530	267.420
10	322.340	319.170	389.630	389.670	389.610
11	403.660	403.690	397.310	397.000	396.710

La Figura 5 muestra los primero 5 modos de vibración del elemento vibratorio estructural propuesto para la recolección de energía mediante un sistema vibratorio, donde se observa que se incluyen modos vibratorios laterales en baja rigidez, modos torsionales y flexionantes laterales en alta rigidez. Se infiere que en función de las características particulares del fluido de trabajo a ocupar y de las fluctuaciones o vórtices que se presentan en el mismo, en los sistemas recolectores a base de vibraciones inducidas por fluido tienen que considerarse no solo modos laterales; sino que, es necesario contemplar también características propias del comportamiento del fluido, cuya energía cinética puede aportar a la recolección de energía en modos torsionales, laterales y axiales. Se observa de la Tabla 3 que la variación de los ángulos Ø de alineación relativa (ver Figura 1) no representan una influencia significativa en los valores de las frecuencias naturales del sistema. Por lo que se aprecia que la alineación del perfil estructural y la aleta no modifica considerablemente los valores para la resonancia del sistema. Esto permite establecer que el ángulo Ø puede variar en el rango analizado, con el objeto de tener un ajuste a las características y comportamiento del fluido, sin que se modifiquen las frecuencias del recolector significativamente. Esta condición de variación de la posición relativa de los elementos, permite eventualmente considerar formas de unión de los elementos estructurales, de forma que la aleta de perfil aerodinámico se pueda ubicar a priori a un ángulo definido para la captura de energía, o incluir un sistema de unión que permita movimiento de la aleta para ajustarse de mejor manera a la extracción de energía cinética del fluido.

Conclusiones

En el trabajo se presenta un esquema de sistema estructural de recolección de energía, considerado para operar bajo vibraciones inducidas por la energía cinética de un fluido. Se identifican las potenciales aplicaciones que tiene el sistema, el cual se compone de un conjunto vibratorio de geometría simplificada de una viga y un perfil aerodinámico NACA0012. Se observa que las vibraciones que presenta el sistema no son solo laterales, por lo que es necesario ampliar el tipo de modo considerado para la recolección de energía. Se encontró que se

puede modificar la posición relativa de los elementos en un rango simétrico de 60°, sin que se modifiquen los valores de frecuencia, lo cual puede aprovecharse para orientar la aleta de acuerdo a los de patrones de flujo. Se estimó el rango de frecuencias en que puede operar el recolector de energía y se identificó su viabilidad para el proceso de recolección de energía.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el apoyo otorgado para la realización del presente trabajo.

Referencias

Anton S.R., (2011) Multifunctional Piezoelectric Energy Harvesting Concepts, Dissertation, Virginia Polytechnic Institute.
Ali Bakhshandeh Rostami, Mohammadmehdi Armandei, (2017), Renewable energy harvesting by vortex-induced motions: Review and benchmarking of technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews 70 (2017) 193–214.
Zhao L., Yang Y., (2017), Toward Small-Scale Wind Energy Harvesting: Design, Enhancement, Performance Comparison, and Applicability, Shock and Vibration, (2017), 31, https://doi.org/10.1155/2017/3585972.
Samah Ben Ayed, Abdessattar Abdelkefi, Fehmi Najar and Muhammad R Hajj, (2013), Design and performance of variable-shaped piezoelectric energy harvesters, Journal of Intelligent Material Systems and Structures 2013, 1–13, DOI: 10.1177/1045389X13489365 .
Grouthier C., Michelin S., Bourguet R., Modarres-Sadeghi Y., E. de Langre, (2014), On the efficiency of energy harvesting using vortex-induced vibrations of cables, Journal of Fluids and Structures, 49 (2014), pp. 427–440.
Abdelkefi A., Scanlon J. M., McDowell E., and Hajj M. R., (2013), Performance enhancement of piezoelectric energy harvesters from wake galloping, Applied Physics Letters 103, 033903 (2013)
Dai H. L., Abdelkefi A., Wang L., (2014), Piezoelectric energy harvesting from concurrent vortex-induced vibrations and base excitations, Nonlinear Dynamics (2014) 77: 967. https://doi.org/10.1007/s11071-014-1355-8.
Abdelkefi A., Nuhait A.O., (2013), Modeling and performance analysis of cambered wing-based piezoaeroelastic energy harvesters, Smart Mater. Struct. 22, 095029 (2013).
Bouzidi B., Viability of solar or wind for water pumping systems in the Algerian Sahara regions – case study Adrar, Renew Sust Energy Rev 2011;15:4436–42.
Kok J.F., Parteli E.J., Michaels T.I., Karam D.B., (2012), The physics of wind-blown sand and dust, Rep Prog Phys 2012;75:106901.
Sun H., Luo X., Wang J., (2015), Feasibility study of a hybrid wind turbine system-integration with compresed in air energy storage, Appl Energy 2015;137:617–28.
Yan S.W. Yu, Daming Sun, Jie Zhang, Ya Xu, Yun Qi, (2017), Study on a Pi-type mean flow acoustic engine capable of wind energy harvesting using a CFD model, Applied Energy 189 (2017) 602–612.
Yaowen Yang, Liya Zhao, and Lihua Tang, (2013), Comparative study of tip cross-sections for efficient galloping energy harvesting, Applied Physics Letters 102, 064105 (2013).
Zhang B., Song B., Mao Z., Tian W., Li B., (2017), Numerical investigation on VIV energy harvesting of bluff bodies with different cross sections in tandem arrangement, Energy 133 (2017) 723-736.
Zhang B., Mao Z., Song B., Ding W., Tian W., (2018), Numerical investigation on effect of damping-ratio and mass-ratio on energy harnessing of a square cylinder in FIM, Energy 144 (2018) 218-231.
Mafakheri F., Nasiri F., (014), Modeling of biomass-to-energy supply chain operations: Applications, challenges and research directions, Energy Policy 67 (2014), pp. 116–126.
Khligh A., Onar O., (2010), Energy harvesting, Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems, Energy, Power Electronics, and Machines Series Ali Emadi, Series Editor, CRC Press, 2010.
Sheldahl R., Klimas P.C., (1981), “Aerodynamic characteristic of Seven Symmetrical Airfoil Sections Through 180-Degree angle of Attack for Use in Aerodynamics Analysis of Vertical Axis Wind Turbines”, Sandia National Laboratories Rept. SNAD80-2114, 1981.
http://airfoiltools.com/airfoil/naca4digit?MNaca4DigitForm%5Bcamber%5D=0&MNaca4Di, último acceso 03/05/2019.
Matweb, http://www.matweb.com/, último acceso 03/05/2019.
W. Young, R. Budynas, “Roark´s Formulas for Stress and Strain”, seven edition, McGraw Hill, 2002.

Diseño del eje para rotores largos del equipo de balanceo dinámico en cortadoras de mármol

A. M. Morales Tassinari[1], E. D. Coyac Baez[1], O. E. Ramírez Mesinas[1]*
[1]Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. Tecnológico Nacional de México.
Av. Tecnológico s/n, Barrio San Sebastián Sección Primera, C.P 74690, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México
**tassinari.adolfo1973@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

El presente artículo tiene como propósito presentar el diseño y análisis por elemento finito mediante el software SolidWorks Simulation del eje de un rotor largo del equipo de balanceo dinámico para cortadoras de mármol del Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. Para el diseño del eje se consideró fijar la longitud del eje entre apoyos a 750 mm y que el rotor tuviera una masa de 15 kg. El resultado obtenido muestra que el eje debe de fabricarse de acero AISI 4140 HR con un diámetro de 12.7 mm y con longitud de 840 mm; además, se obtuvo un esfuerzo máximo en el eje de 126 MPa, una deformación máxima de 0.399 mm, un mínimo factor de seguridad de 6.4 y una velocidad crítica de 24.862 Hz (1492 rpm). En conclusión, el eje resulta seguro para su funcionamiento en el equipo de balanceo dinámico para cortadoras de mármol.

***Palabras clave**: Eje, equipo de balanceo dinámico, rotor largo, simulación por elemento finito*

Abstract

This article has the purpose to present the design and analysis by finite element by means of the software SolidWorks of the shaft of a long rotor of the dynamic rolling equipment for marble cutters of the Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. For the design of the shaft, it was consider fixing the length of the shaft between supports to 750 mm and that the rotor had a mass of 15 kg. The result obtained shows that the shaft must be made of AISI 4140 HR steel with a diameter of 12.7 mm and with a length of 870 mm; also, maximum stress in the shaft of 126 MPa, maximum deformation of 0.399 mm, minimum safety factor of 6.4 and critical speed of 24.862 Hz (1492 rpm) *were obtained. In conclusion, the shaft is safe for operation in the dynamic balancing equipment for marble cutting machines.*

***Key words**: Dynamic balancing equipment, long rotor, shaft, simulation by finite element.*

Introducción

Balachandran y Magrab [2006] mencionan que muchos sistemas creados por el hombre como ventiladores, separadores centrífugos, lavadoras, tornos, bombas centrífugas, prensas rotatorias y turbinas experimentan o producen vibraciones; así, la vibración se refiere al movimiento oscilatorio de las máquinas y a las fuerzas asociadas con ellas. En este sentido, las vibraciones son los efectos causados por el desbalance rotativo, juego mecánico, desalineación, mala lubricación, problemas eléctricos, engranes defectuosos, fuerzas recíprocas o rodamientos defectuosos; por lo que, el análisis de vibraciones consiste en tomar medidas de la vibración en diferentes partes de la máquina para ver su comportamiento.

Para Mendoza y col. [2016] la fuente más común de generación de vibración en máquinas rotatorias se debe al desbalance rotativo que ocurre cuando el eje principal de inercia del rotor no coincide con el eje geométrico del sistema y que de acuerdo con Colín y col. [2016] provoca vibraciones que generan fuerzas indeseables que se trasmiten directamente a los elementos mecánicos, así como, soportes y cojinetes del rotor. Cabe mencionar que, el desbalance rotativo produce un ciclo completo de vibración por cada vuelta del eje; por lo tanto, en el espectro de vibración se observará un único pico de amplitud a la frecuencia de rotación (1X rpm). Además, este desbalance rotativo tiene como resultado una gran amplitud de vibración en el sentido axial al mismo tiempo que en el sentido radial.

 ISSN 2007-8102

Cabe mencionar que para Silva-Juárez y col. [2016] existen una gran cantidad de fuentes del desbalanceo en maquinaria rotativa, las más comunes son: falta de homogeneidad en materiales, flechas flexionadas, errores de maquinado y tolerancias en el proceso de manufactura, cambio de componentes del rotor durante operaciones de mantenimiento, desgaste irregular durante la operación de la máquina y depósitos de material acumulados durante la operación de la máquina. De acuerdo con Blanco-Ortega y col [2010] existen diversas técnicas para balancear máquinas rotativas las cuales son: balanceo en un plano, balanceo en dos planos, balanceo en múltiples planos y el balanceo modal; así, todos consisten en estimar cual es la dirección del punto pesado y, posteriormente, una masa de equilibrio es agregada opuesta al punto pesado para contrarrestar la fuerza centrífuga debido a la masa de desbalance. Ahora bien, en la industria marmolera de Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, existen máquinas de corte cuyo disco de corte está montado sobre un sistema eje-rotor largo; en este sentido, un rotor largo es un rotor cuya relación entre su longitud y su diámetro es mayor que 2. En la Figura 1 y en la Figura 2, se muestran dos fotografías de máquinas de corte de mármol:



Figura 1. Fotografía de una máquina cuadreadora.



Figura 2. Fotografía de una máquina para ovalines.

Uno de los principales problemas que presentan las máquinas de corte de la industria marmolera es que los discos de corte, al cortar la piedra, empiezan a perder sus segmentos de corte; por lo que, se crea un desgaste irregular del disco de corte provocando desbalance en la máquina de corte. Para ayudar a la industria marmolera a mitigar este problema, los docentes de la línea de investigación de “Caracterización e Industrialización en Materiales Pétreos” de la academia de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez se han dado a la tarea de diseñar un equipo de balanceo que permita realizar el balanceo dinámico en los rotores de los discos de corte. Para esto, la primera etapa en el diseño del equipo es diseñar un eje que permita soportar los rotores para balancearlos; en la Figura 3, se muestra la propuesta del diseño de equipo:

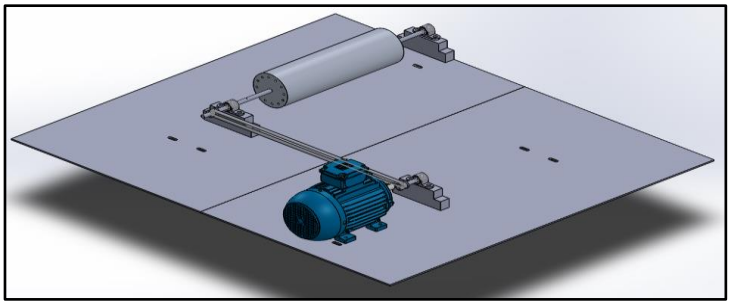


Figura 3. Imagen de la propuesta del equipo de balanceo.

Cabe destacar que, para Guerra-García y col. [2013] el surgimiento de la simulación computarizada se ha convertido en una herramienta de gran ayuda para estos diseños, permitiendo ahorro de materia prima y trabajo; por lo que, las simulaciones a través del método de elementos finitos han sido masivamente empleadas para el análisis estático y dinámico de sistemas estructurales, de modo que se puedan hacer ajustes en los diseños y/o elegir los modelos que finalmente sean evaluados a escala real. En la actualidad el diseño de componentes de máquinas mediante elemento finito ha minimizado los tiempos de diseño; además, para Ramírez, Palacios y Corro [2013] dentro de la investigación de los fenómenos rotodinámicos resulta importante la aplicación del Método de Elemento Finito (MEF) que ha resultado ser una valiosa herramienta para conocer el estado de esfuerzos, la respuesta vibratoria y las velocidades críticas.

A decir de Ochoa, Vivas y Santafé [2009] el MEF se basa en dividir el cuerpo, en una serie de elementos finitos, en el que en cada elemento se distinguen una serie de puntos llamados nodos y al conjunto de nodos considerando sus relaciones de adyacencia se denomina malla; por lo tanto, los cálculos se realizan sobre una malla creada a partir del dominio relacionando el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nodo, este conjunto de relaciones entre el valor de una determinada variable entre los nodos se puede escribir en forma de sistema de ecuaciones lineales que se resuelven para todas las incógnitas. Resulta importante decir que, mediante el método de elementos finitos se realizan análisis estáticos que requieren de la configuración geométrica y las condiciones de frontera, propiedades físicas y mecánicas de los materiales (densidad, resistencia, elasticidad); por lo que, el resultado del análisis estático son las deformaciones y, mediante las relaciones cinemáticas y constitutivas, se obtienen los esfuerzos y el factor de seguridad. Además, Sotomayor-Castellanos y López-Garza [2019] mencionan que también se puede realizar el análisis modal mediante el método de elemento finito, el cual requiere información sobre la configuración geométrica y las condiciones de frontera, demanda los parámetros de materiales tales como densidad, módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson; como resultado, el análisis modal proporciona los modos y las frecuencias de vibración.

Existen muchas herramientas computacionales que utilizan el método de elementos finitos, una de ellas es el Software SolidWorks que es un software de diseño asistido por computadora (CAD) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D, que ofrece la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. Por este motivo, el presente trabajo presenta la simulación por elemento finito utilizando el software SolidWorks Simulación del eje de un rotor largo para un equipo de balanceo dinámico en máquinas cortadoras de mármol del Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. El método consiste utilizar la herramienta Simulation para realizar el análisis estático y el análisis de frecuencias del conjunto eje-rotor. De esta forma, se estudiaron los efectos de las fuerzas a las que se somete el eje para obtener el esfuerzo, la deformación y el factor de seguridad del análisis estático; además, se determinó la velocidad crítica del eje mediante el análisis de frecuencias.

Metodología

Cálculo del factor de seguridad estático

Para determinar el factor de seguridad estático, primero se realizó un diagrama de cargas, de fuerzas cortantes y de momentos flexionantes utilizando el software MDSolid considerando una masa en el rotor largo de 15 kg a lo largo de toda su longitud. Se consideró el peso del eje con diámetro de 12.7 mm el cual es W_1=0.00976 N/mm, el peso del rotor largo de 15 kg que es W_2=0.34221 N/mm y el peso de la polea de 0.3 kg que es W_3=0.14715 N/mm. En la Figura 4, se muestran los diagramas de cargas, fuerzas cortantes y momentos flexionantes:

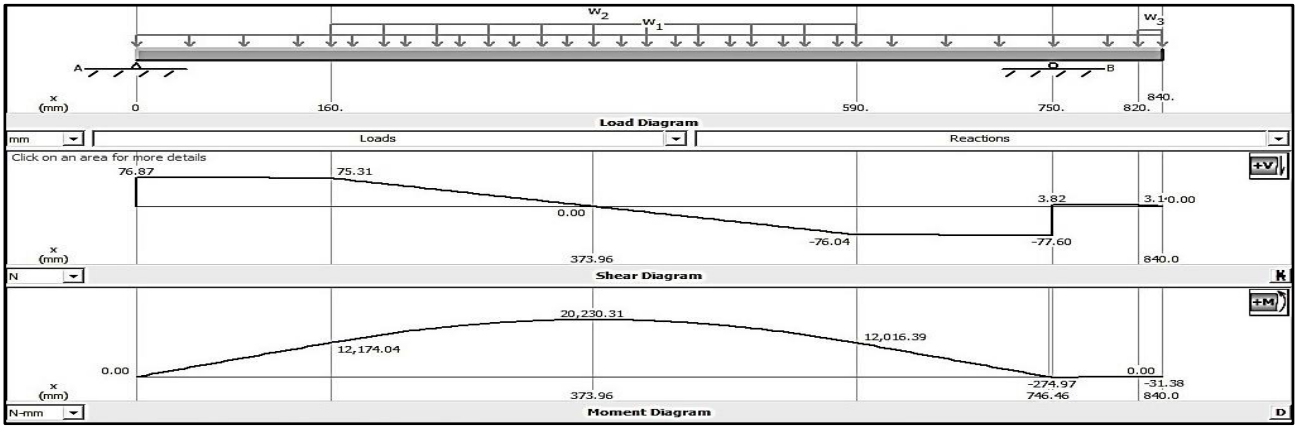


Figura 4. Imagen del diagrama de cargas, diagrama de fuerzas cortantes y diagrama de momentos flexionantes.

Como se muestra en la Figura 4, la fuerza cortante máxima es de 76.87 N y el momento flexionante máximo es de 20230.31 N-mm. Ahora bien, para obtener el factor de seguridad se aplica la Teoría de Von Mises-Hencky:

$$N = \frac{\pi d^3 s_{yp}}{32M} = \frac{\pi(12.7)^3(900)}{32(20230.31)} = 8.94$$

 ISSN 2007-8102

Además, en la posición de 160 mm existirá una cuña; por lo que, se necesita calcular el factor de seguridad en esa posición. De esta forma en la Figura 4 se muestra que, a los 160 mm la fuerza cortante es de 75.31 N y el momento flexionante es de 12174.04 N-mm; ahora, para obtener el factor de seguridad se aplica la Teoría de Von Mises-Hencky:

$$N = \frac{\pi d^3 s_{yp}}{32 K_t M} = \frac{\pi (12.7)^3 (900)}{32(2{,}2)(12174.04)} = 6.76$$

Cálculo del factor de seguridad dinámico

Ahora bien, para determinar el factor de seguridad dinámico se aplica la Teoría de Soderberg; para este análisis se considera que el eje estará trabajando bajo la acción de dos cargas considerables, la flexión debida al peso del rotor y del propio eje, y otra es el torque que genera el motor al eje cuando está girando. En este sentido, estas cargas permanecerán constantes durante el tiempo de operación del eje; por lo que para la Teoría de Soderberg, tanto el momento medio como la torsión alternante son cero:

$$\frac{1}{N} = \frac{\left[\left(\frac{32K_f M_m}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16K_{fs} T_m}{\pi d^3}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}{S_{yp}} + \frac{\left[\left(\frac{32K_f M_a}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16K_{fs} T_a}{\pi d^3}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}{S_e}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{\left[\left(\frac{32(1)(0)}{\pi(12.7)^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16(1)(35590)}{\pi(12.7)^3}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}{900} + \frac{\left[\left(\frac{32(1)(20230.31)}{\pi(12.7)^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16(1)(0)}{\pi(12.7)^3}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}{420.75}$$

$$N = 3.09$$

Modelación

Utilizando el software SolidWorks se modeló el eje de acero AISI 4140 con diámetro de 12.7 mm y longitud total de 810 mm; además, un rotor largo de acero AISI 1060 con diámetro de 127 mm y largo de 430 mm el cual tiene 12 barrenos con diámetro de 10 mm puestos en los extremos del rotor largo. En la Figura 5, se muestra el modelo del eje; mientras que en la Figura 6, se muestra el modelo del rotor:

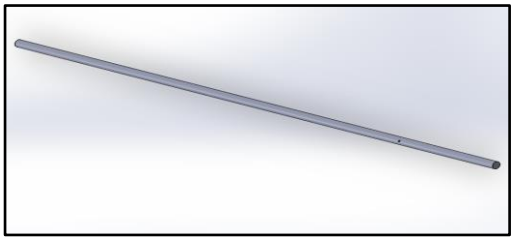


Figura 5. Modelado del eje.

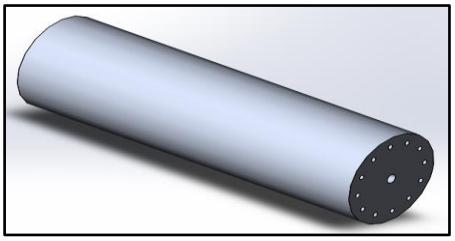


Figura 6. Modelado del rotor largo

Se realizó el ensamble del conjunto eje-rotor considerando que el eje está soportado entre chumaceras con distancia de 750 mm; además, el rotor largo está centrado entre las chumaceras. Para el estudio estático, se consideró el efecto de la gravedad como fuerza externa y se pusieron sujeciones fijas en los lugares donde se montarían las chumaceras; posteriormente, se realizó un estudio de frecuencias. En la Figura 7, se muestra el ensamble del sistema eje-rotor con la malla:

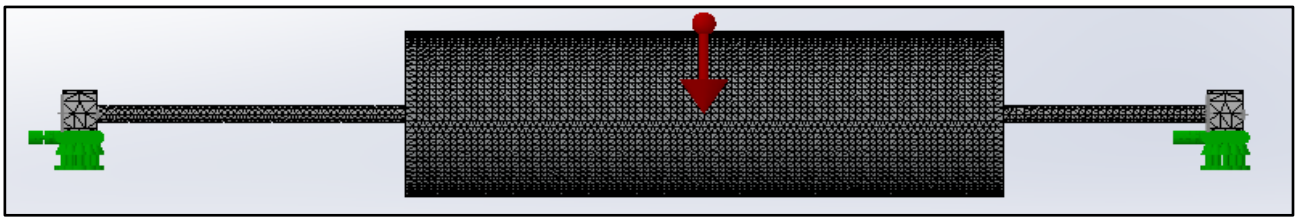


Figura 7. Mallado del conjunto eje-rotor para el estudio estático y de frecuencias.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Resultados del estudio estático

En la Figura 8a), se muestran los resultados del campo de esfuerzos en el eje; además, en la Figura 8b), se muestran los resultados del campo de deformaciones en el eje. También en la Figura 8c), se muestran los resultados del campo del factor de seguridad:

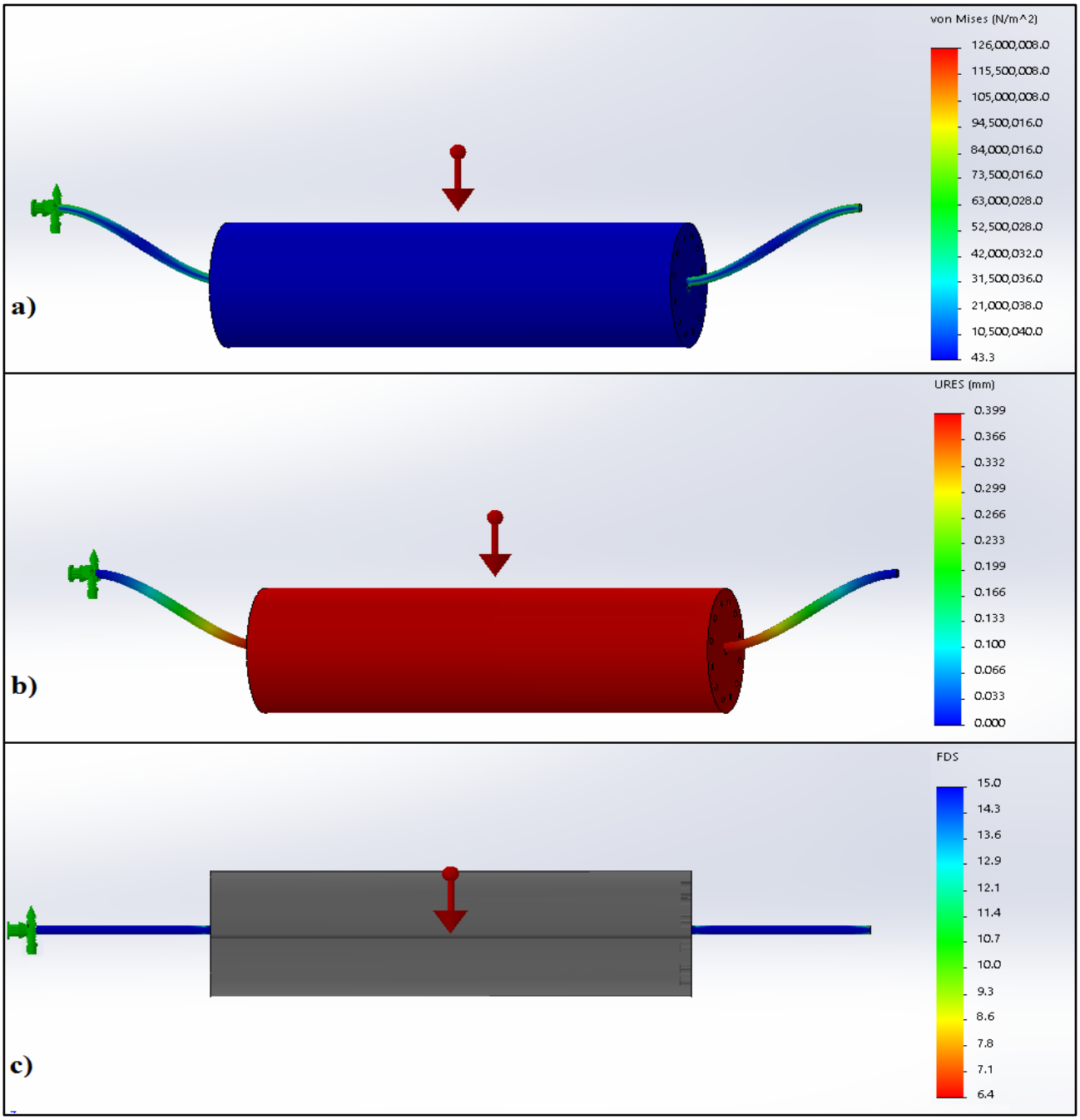


Figura 8. Resultados en el eje: a) Esfuerzos; b) Deformaciones; c) Factor de Seguridad.

Como se muestra en la Figura 8a), el esfuerzo máximo en el eje es de 126 MPa; además en la Figura 8b), se observa que el eje tiene una deformación máxima de 0.399 mm. También, en la Figura 8c), se evidencia que el factor de seguridad mínimo en el eje es de 6.4.

 ISSN 2007-8102

Resultados del estudio de frecuencias

En la Figura 9a) se muestran los resultados del primer modo de vibración; mientras que en la Figura 9b), se muestran los resultados del segundo modo de vibración. También en la Figura 9c), se muestran los resultados del tercer modo de vibración:

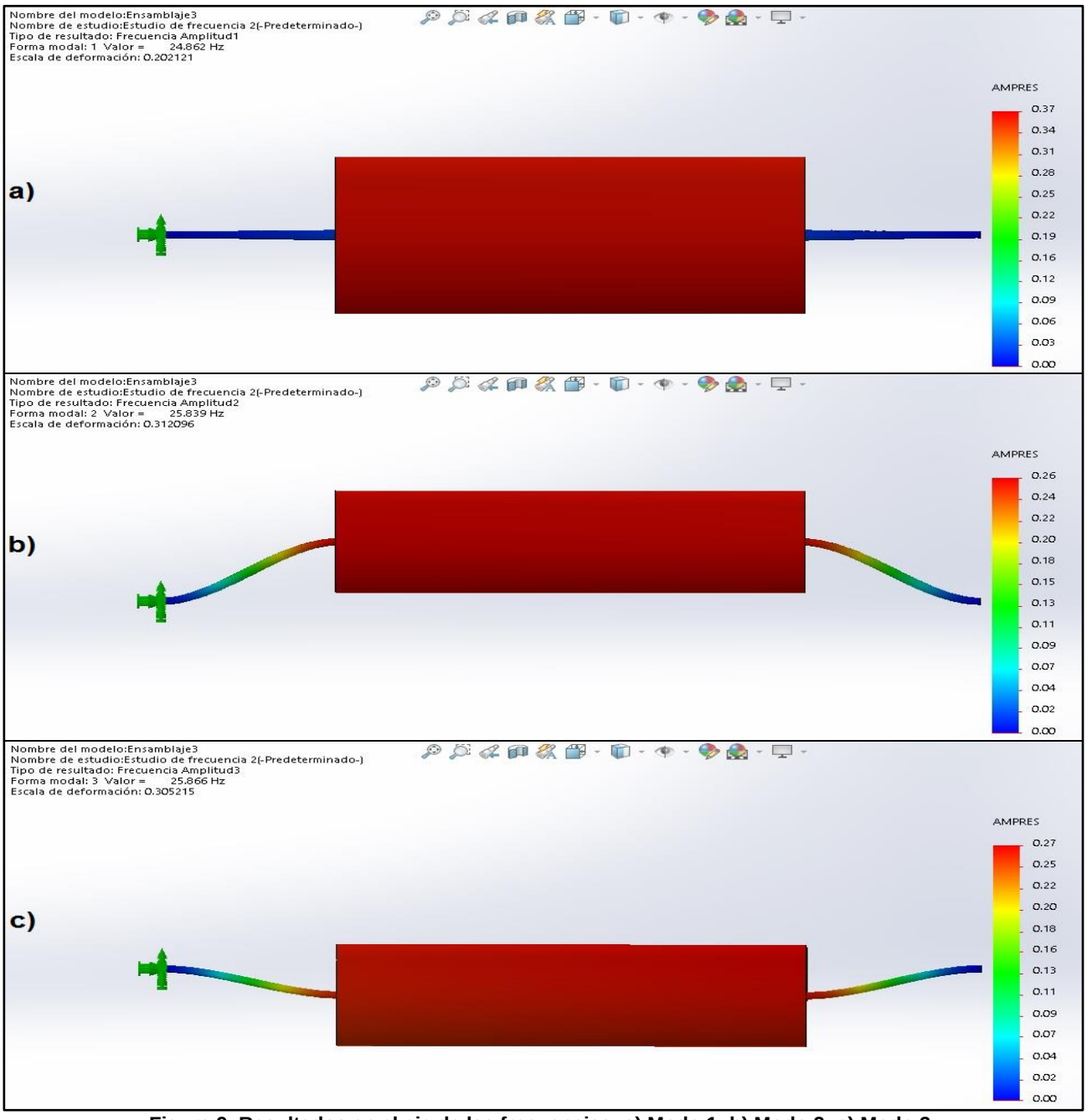


Figura 9. Resultados en el eje de las frecuencias: a) Modo 1; b) Modo 2; c) Modo 3.

Como se muestra en la Figura 9a), el primer modo de vibración se presenta a los 24.862 Hz (1492 rpm); además en la Figura 9b), se observa que el segundo modo de vibración se presenta a los 25.839 Hz (1550 rpm). También, en la Figura 9c), se evidencia que el tercer modo de vibración se presenta a los 25.866 Hz (1552 rpm). Cabe mencionar que el cuarto modo de vibración se presenta a los 60.04 Hz (3602.4 rpm) valor que está fuera del rango de operación del equipo, cuya máxima velocidad es de 3350 rpm.

Trabajo a futuro

Uno de los aspectos importantes que se requieren para que el sistema eje-rotor pueda funcionar de la manera adecuada es la selección de las chumaceras apropiadas; en este sentido, mediante las fuerzas de reacción que se generan en los apoyos del eje se puede realizar la selección de chumaceras. Además, se requiere seleccionar el sistema polea-banda para el adecuado funcionamiento de la máquina de balanceo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en los estudios estáticos y de frecuencias son adecuados para la fabricación de un eje de acero AISI 4140 con un diámetro de 12.7 mm y una longitud total de 840 mm el cual va estar apoyado entre chumaceras a una distancia de 750 mm. En la Tabla 1, se muestran los resultados de los estudios:

Tabla 1. Resultados de los estudios estático y de frecuencias

Tipos de Análisis	Parámetros	Resultados
Análisis Estático	Esfuerzo máximo (MPa)	126 MPa
	Deflexión máxima(mm)	0.399 mm
	Factor de seguridad	6.4
Análisis Dinámico	Factor de Seguridad	3.1
Análisis de Frecuencia	Primer modo de vibración	24.862 Hz (1492 rpm)
	Segundo modo de vibración	25.839 Hz (1550 rpm)
	Tercer modo de vibración	25.866 Hz (1552 rpm)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 1, el eje de la máquina de balanceo tendrá un factor de seguridad apropiado para su operación a velocidades por debajo de las 1400 rpm y por arriba de las 1600 rpm; sin embargo, se debe de tener cuidado si se requiere operar a velocidades cercanas a las 1500 rpm, ya que de acuerdo con el análisis de frecuencias, existirá resonancia.

Para concluir, utilizar algún software de simulación permiten realizar el diseño de cualquier componente de maquinaria de una manera fácil y eficiente utilizando poco tiempo, lo que permite, disminuir los costos del diseño. No obstante, el uso de esta tecnología requiere de un conocimiento adecuado del software a utilizar para realizar de forma correcta las simulaciones; aunado a esto, se requiere de equipo de cómputo con las características necesarias para el software.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez por haber prestado las instalaciones y el equipo de cómputo y de simulación para la realización de este estudio.

Referencias

1. Balachandran, B. y Magrab, Edward B. (2006). Vibraciones. Editorial Thomson, Primera Edición. México.
2. Blanco-Ortega, A.; Beltrán-Carbajal, F.; Silva-Navarro, G. y Méndez-Azúa, H. (2010). Control de vibraciones en maquinaria rotativa. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial* (**7**):4, 36-43.
3. Colín, J.; Mendoza, J.; Blanco, A.; Abúndez, A. y Gutiérrez, E. (2016). Determinación del Desbalance en Sistemas Rotor-cojinete a velocidad constante: Método de Identificación Algebraica. *Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo* (**5**):4, 385–394.
4. Guerra-García, L.; Costa-Baeta. F.; Ferreira-Tinoco. H.; Osorio-Saraz, J. y Osorio-Hernández, F. (2013). Evaluación del comportamiento mecánico de tres clases de placas tipo sándwich de ferrocemento para la construcción de vivienda rural. Dyna, (**80**):181, 210-218.

5. Mendoza, J.; Colín, J.; Blanco, A.; Abúndez, A. y Gutiérrez, E. (2016). Balanceo automático de un sistema rotor-cojinete: Identificador algebraico en línea del desbalance para un sistema rotodinámico. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industria* (**13**) 281–292.
6. Ochoa, D.; Vivas, J. y Santafé, E. (2009). Uso del método de elementos finitos (MEF) para la determinación de esfuerzos y deformaciones en un modelo de pozo. *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, (7):1, 27-35.
7. Ramírez, I.; Palacios, L. y Corro, H. (2013). Respuesta vibratoria de un rotor apoyado en chumaceras hidrodinámicas cortas. *Memorias del XIX Congreso Internacional Anual de la SOMIM,* 1085-1094.
8. Silva-Juárez, A.; Salazar-Pedraza, M.; Ponce-Mellado, J. y Herrera-Sánchez, G. (2016). Instrumento virtual para diagnosticar y corregir desbalance de maquinaria rotativa. *Revista de Tecnología e Innovación*, (**3**):7, 73-81.
9. Sotomayor-Castellanos, J. y López-Garza, Víctor. (2019). Determinación experimental y verificación por el método del elemento finito de la frecuencia natural de vibración de barras de madera. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, (**27**):76, 32-40.

Obtención de la potencia de una turbina eólica de 5 MW mediante el método BEM

F. J. Santander Bastida[1], V. Granados Alejo[2], P. Yáñez Contreras[1],* R. *Alvarado Almanza[1],*
R. M. del Campo Vázquez[1].
[1]Departamento de Ingeniería en Tecnologías de Manufactura, Universidad Politécnica de Guanajuato (UPG), Avenida Universidad Sur 1001, Cortazar, C.P. 38496, Guanajuato, México
[2]Departamento de Robótica, Universidad Politécnica de Guanajuato (UPG), Avenida Universidad Sur 1001, Cortazar, C.P. 38496, Guanajuato, México
**fsantander@upgto.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

La caracterización de la curva de potencia de rotores de turbinas eólicas se puede obtener mediante programas comerciales como FOCUS6, pero en la mayoría de las ocasiones, no es posible utilizar este tipo de programas. El presente trabajo consiste en mostrar la utilización del método BEM para obtener la curva de potencia de una turbina eólica. Las características geométricas del rotor utilizado, así como los perfiles aerodinámicos de las palas, se obtuvieron de la literatura. Los coeficientes aerodinámicos de sustentación y de arrastre de los perfiles DU y NACA se obtuvieron utilizando Ansys-CFD, y los ángulos de ataque mostraron que la mejor eficiencia aerodinámica es entre $7°$ y $8°$. La curva de potencia indicó que los MW se producen cuando la velocidad del viento es de $12\ m/s$ y el rotor gira a una velocidad angular de $11\ rpm$, lo cual coincide con los resultados obtenidos con FOCUS6.

***Palabras clave**: Turbina Eólica, BEM, Ansys CFD, FOCUS6.*

Abstract

The characterization of the wind turbine rotor power curve can be obtained through commercial programs such as FOCUS6, but in most cases, it is not possible to use this type of program. The present work consists in showing the use of the BEM method to obtain the power curve of a wind turbine. The geometric characteristics of the rotor used, as well as the aerodynamic profiles of the blades, were obtained from the literature. The aerodynamic lift and drag coefficients of the DU and NACA profiles were obtained using Ansys-CFD, and the angles of attack showed that the best aerodynamic efficiency is between $7°$ and $8°$. The power curve indicated that $5\ MW$ occurs when the wind speed is $12\ m/s$ and the rotor rotates at an angular speed of $11\ rpm$, which coincides with the results obtained with FOCUS6.

***Key words**: Wind Turbine, BEM, Ansys CFD, FOCUS6.*

Introducción

Al año 2013 la energía eólica instalada en el mundo mostró un crecimiento de un 12.5%, generando una capacidad de $318.137\ \mathrm{MW}$. Global Wind Energy Outlook (GWEC, 2014) predice que el uso de la energía eólica a nivel mundial en el año 2050 cubrirá del 25% al 35% de la demanda total. En México al cierre del año 2013 se contaba con una capacidad instalada producto de la energía eólica de $1{,}917\ \mathrm{MW}$, con 25 parques en operación. A nivel nacional, la ley general de cambio climático estableció el objetivo de reducir los gases de efecto invernadero mediante el uso de energías limpias, para el año 2050 un 50% (SEMARNAT, 2012).

Para el caso de México, la capacidad instalada de energía eólica en operación alcanzó los $1{,}289\ \mathrm{MW}$ en 2012, de los cuales sólo el 7% es operado por la CFE, mientras que el resto es operado a través de permisionarios bajo esquemas de autoabastecimiento, pequeños productores

 ISSN 2007-8102

y productores independientes. En México se cuenta con $40{,}268\ \mathrm{MW}$ de potencial de energía eólica, lo que representa más de la capacidad instalada de todo el Sistema Nacional Energético, sin embargo, actualmente sólo se aprovecha el 3.2% de dicha capacidad (Lozano, 2013)

Dentro del sector eólico, la generación de energía eléctrica se obtiene a través de un generador eléctrico que a su vez es movido por una turbina accionada por el viento (turbina eólica). Sus precedentes directos son los molinos de viento que se empleaban para la molienda y obtención de harina. En este caso, la energía eólica, en realidad la energía cinética del aire en movimiento, proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador eléctrico trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

Existen diferentes tipos de turbinas eólicas, dependiendo de su potencia y la disposición de su eje de rotación, los de eje horizontal (HAWT) y los de eje vertical (VAWT), Las turbinas eólicas tipo HAWT son las más utilizadas a nivel mundial y en las cuales se ha aplicado la mayor parte del desarrollo tecnológico. El objetivo del desarrollo de estas turbinas eólicas ha sido aumentar continuamente su capacidad de captación de la energía del viento y por consiguiente su potencia de salida.

La curva de potencia de una turbina eólica tipo HAWT generalmente se obtiene utilizando programas computacionales comerciales, pero también se puede obtener utilizando el método *Blade Element Moment* (BEM). Este método genera 4 ecuaciones, las primeras dos ecuaciones estiman el torque y la fuerza axial en el rotor en elementos definidos en un aspa, en base al principio del *momentum* de un tubo anular de viento.

Metodología

El objetivo del presente trabajo es presentar la utilización del método BEM para obtener la curva de potencia de una turbina eólica de $5\,MW$, esta se obtienen utilizando un diámetro del rotor de $120\,m$. Para ello se requirió tener el comportamiento aerodinámico de los perfiles aerodinámicos (Figura 1) que componen las palas del rotor de la turbina eólica, estos comportamientos aerodinámicos se obtuvieron mediante la simulación de análisis de fluidos en Ansys CFD.

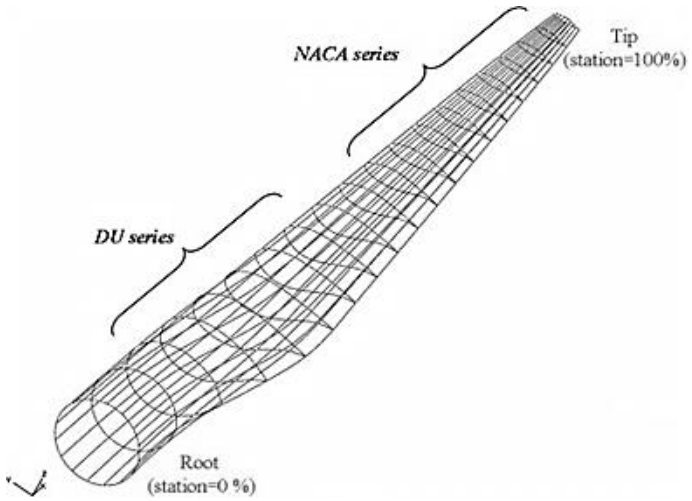


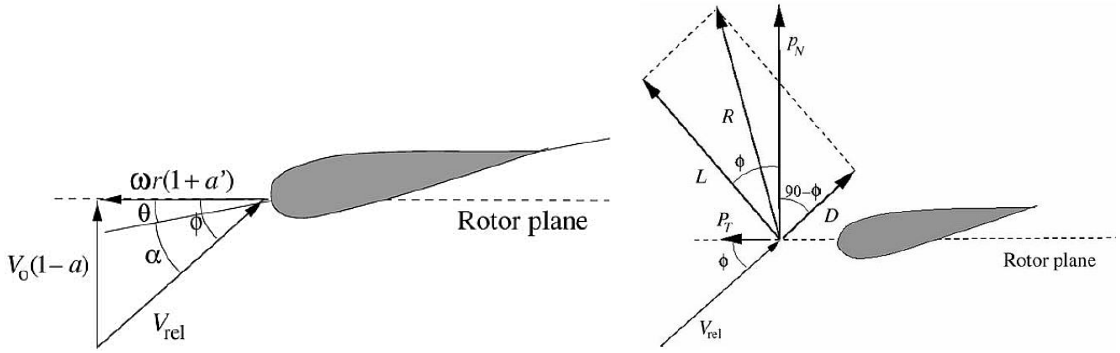
Figura 1. Ubicación de los perfiles DU y NACA a lo largo de una pala de turbina eólica.

Los perfiles gruesos (DU) se utilizan por lo general en la parte de la pala que se conecta al centro del rotor (llamada raíz), esto se hace para darle mayor resistencia estructural a la pala; y los perfiles aerodinámicos más delgados (NACA) son posicionados por lo general a partir de la parte media a la punta, y son los que le aportan la mayor eficiencia aerodinámica

 ISSN 2007-8102

Método BEM

El método *Blade Element Momentum* (BEM) combina la teoría del impulso con los eventos locales que tienen lugar en las palas reales. El tubo de corriente introducido en la teoría del impulso en 1D se discretiza en N elementos anulares de altura dr. El límite lateral de estos elementos consiste en líneas de corriente; en otras palabras, no hay flujo a través de los elementos. La velocidad relativa V_{rel} vista por una sección de la pala es una combinación de la velocidad axial $(1-a)V_o$ y la velocidad tangencial $(1+a')\omega r$ en el plano del rotor (Figura 2a). La fuerza normal y tangencial al plano del rotor, la elevación y el arrastre se proyectan en estas direcciones, como se muestra en la Figura 2b (Hansen, 2008).



a) **b)**

Figura 2. Plano del rotor: a) Velocidades en el plano del rotor, b) Fuerzas locales sobre una pala.

Dado que se asume que los diferentes volúmenes de control son independientes, cada elemento se puede tratar por separado y la solución en un radio se puede calcular antes de resolver para otro radio; en otras palabras, para cada volumen de control se aplica el siguiente algoritmo:

- Paso (1): Inicialice a y a', normalmente $a = a' = 0$.
- Paso (2): Calcula el ángulo de flujo φ usando la ecuación (1).

$$\tan\varphi = \frac{(1-a)V_o}{(1+a')\omega r} \tag{1}$$

- Paso (3): Calcula el ángulo de ataque local usando la ecuación (76).

$$\alpha = \varphi - \theta \tag{2}$$

- Paso (4): Determine los valores de $C_l(\alpha)$ y $C_d(\alpha)$ en función del número de Reynolds.
- Paso (5): Calcule C_n y C_t a partir de las ecuaciones (3) y (4).

$$C_n = C_l\cos\varphi + C_d\,\mathrm{sen}\,\varphi \tag{3}$$

$$C_t = C_l\,\mathrm{sen}\,\varphi - C_d\cos\varphi \tag{4}$$

- Paso (6): Calcula a y a' a partir de las ecuaciones (5) y (6).

$$a = \frac{1}{\frac{4\,\mathrm{sen}^2\varphi}{\sigma C_t} + 1} \tag{5}$$

$$a' = \frac{1}{\frac{4\,\mathrm{sen}\,\varphi\cos\varphi}{\sigma C_n} - 1} \tag{6}$$

- Paso (7): Si a y a' han cambiado más de una cierta tolerancia, vaya al paso (2) o bien terminar.
- Paso (8) Calcule las cargas locales en el elemento de pala con las ecuaciones (7) y (8).

$$dT = 4\pi r\rho V_o^2 a(1-a)dr \tag{7}$$

$$dM = 4\pi r^3\rho V_o\omega(1-a)a'dr \tag{8}$$

En principio, este es el método BEM, pero para obtener buenos resultados es necesario aplicar dos correcciones al algoritmo. El primero se llama factor de pérdida de la punta de *Prandtl*, que corrige la suposición de un número infinito de hojas. La segunda corrección se llama corrección de *Glauert* y es una relación empírica entre el coeficiente de empuje C_T y el factor de inducción axial a para a mayor de aproximadamente 0.4, donde la relación derivada de la teoría del momento unidimensional ya no es válida. (Hansen, 2008)

 ISSN 2007-8102

Materiales

El presente trabajo se desarrolla utilizando una turbina de $5\,MW$ con palas de $60\,m$ de longitud, ésta turbina se ha utilizado en diversos proyectos a nivel mundial, el como el DOWEC (Convertidor Holandés de Energía Eólica Offshore), el MANGROVE (estructuras de acero para el soporte de turbinas eólicas offshore) y la turbina de referencia del Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL). La distribución geométrica de la pala se obtuvo de la tesis de maestría de Zwang (2009). En la Tabla 1 se puede observar los perfiles aerodinámicos en cada sección de la pala del rotor.

Tabla 1. Distribución de los perfiles en cada sección de la pala.

Perfil Aerodinámico	Posición a la largo de la pala [m]	Longitud de cuerda [m]	Espesor [m]
DU00-W-405	10.5	4.425	1.792
DU00-W-350	13.5 a 19.5	4.488 a 4.542	1.575 a 1.594
DU97-W-300	22.5 a 25.5	4.201 a 4.364	1.260 a 1.309
DU91-W2-250	28.5 a 34.5	3.619 a 4.014	0.905 a 1.004
NACA-64421	37.5 a 40.5	3.241 a 3.425	0.680 a 0.719
NACA-64618	43.5 a 61.5	2.153 a 3.067	0.387 a 0.552

Análisis de Fluidos

Para utilizar el método BEM se requirió determinar los valores de $C_l(\alpha)$ y $C_d(\alpha)$ y para ello se utilizó el software de Ansys-CFD. Se modelaron los perfiles aerodinámicos presentados en la Tabla 1 y posteriormente se creó un dominio de cálculo “Tipo C”, la malla se muestra en la Figura 3.

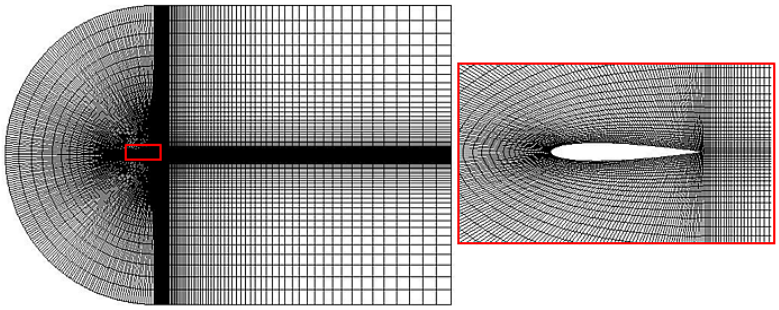


Figura 3. Malla del dominio de cálculo Tipo C.

Una vez que se obtuvo el dominio de cálculo discretizado, se realizaron las simulaciones utilizando números de Reynolds de $1E6$ y $2E6$ cambiando el ángulo de ataque (α) entre 0 y 20° y para cada caso se obtuvo el $C_l(\alpha)$ y $C_d(\alpha)$. En la Figura 4 se puede observar el flujo sobre un perfil aerodinámico NACA-64618 y donde este flujo determina los valores de $C_l(\alpha)$ y $C_d(\alpha)$.

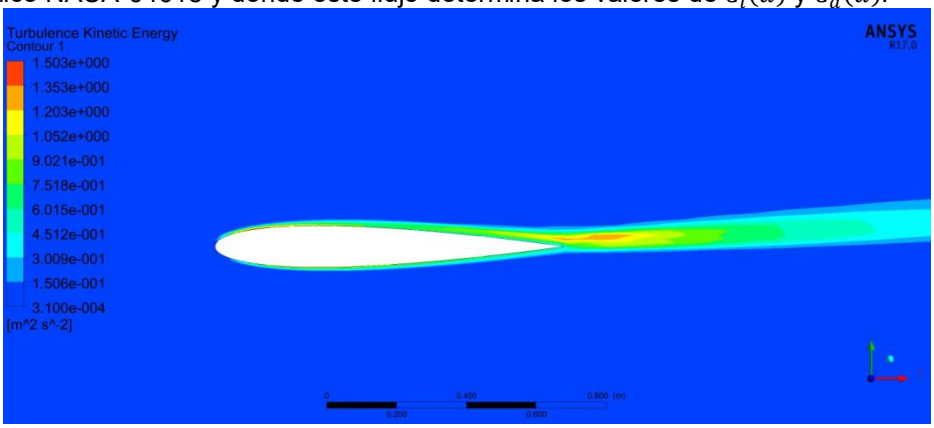


Figura 4. Flujo alrededor de un perfil aerodinámico NACA-64618.

 ISSN 2007-8102

Comportamiento aerodinámico

Las simulaciones en Ansys-CFD de los perfiles aerodinámicos arrojaron los valores de $C_l(\alpha)$ y $C_d(\alpha)$ para cada perfil de la Tabla 1, con ángulos de ataque de $0°$ a $20°$ y a números de Reynolds de $1E6$ y $2E6$. Una muestra de los resultados que se obtuvieron se traduce en la eficiencia aerodinámica de un perfil, esta se obtiene dividiendo el $C_l(\alpha)$ entre el $C_d(\alpha)$, este cociente traduce que tan grande es la sustentación del perfil en comparación con su arrastre, los resultados de la eficiencia aerodinámica para el perfil aerodinámico DU00-W-405 se muestran en la Figura 5.

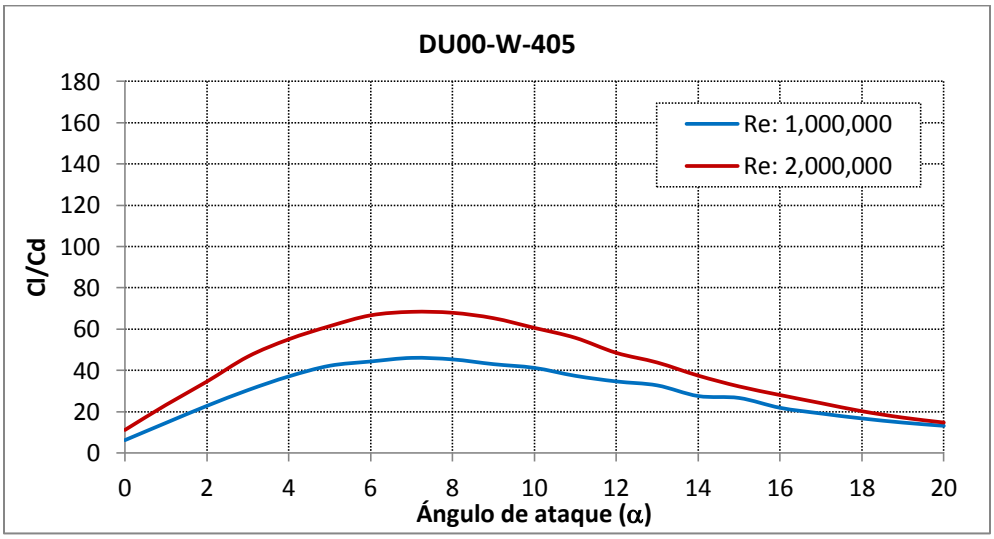


Figura 5. Eficiencia aerodinámica del perfil DU00-W-405.

Como se observa en la Figura 5, los perfiles DU tienen una baja eficiencia aerodinámica (Cl/Cd). La mayor eficiencia de 74 la alcanza con un ángulo de ataque (α) de $7°$ y esto sucede a bajos y altos números de Reynolds. Este comportamiento es típico de los perfiles muy gruesos y por ello su ventaja es dar soporte estructural en la unión de la pala al rotor de la turbina.

En la Figura 6 se muestra la eficiencia aerodinámica del perfil NACA-64618, como puede notarse la eficiencia aerodinámica es muy superior al perfil DU00-W-405. Es por ello que los perfiles NACA se utilizan desde la parte media de la pala hasta la punta para trabajar más aerodinámicamente.

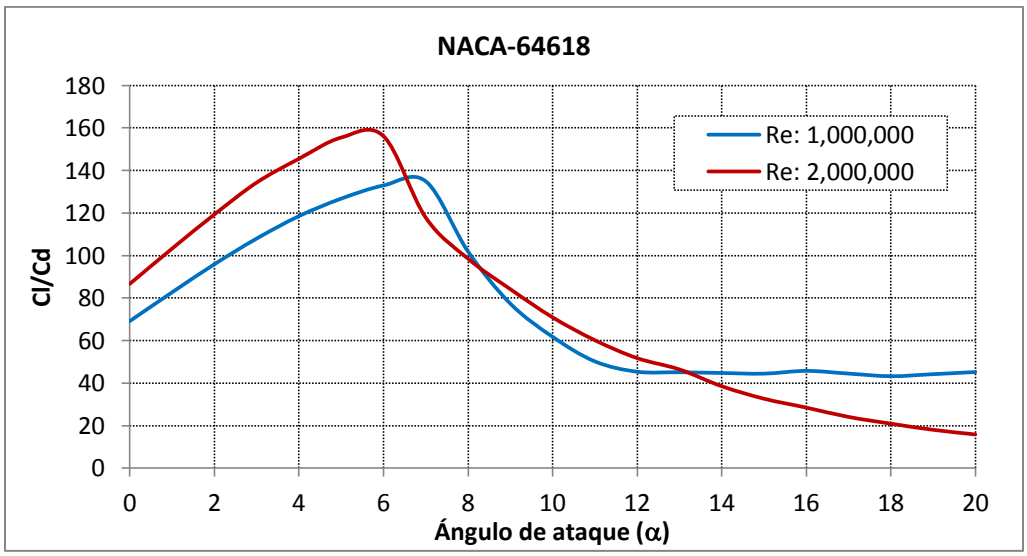


Figura 6. Eficiencia aerodinámica del perfil NACA 64618.

 ISSN 2007-8102

Como se mencionó anteriormente, la pala está compuesta de diferentes perfiles DU y NACA, en la Figura 7 se muestra la eficiencia aerodinámica de los perfiles que se tienen en la Tabla 1, se observa que los perfiles a medida que van desde la raíz de la pala a su punta presentan una eficiencia aerodinámica mucho mayor.

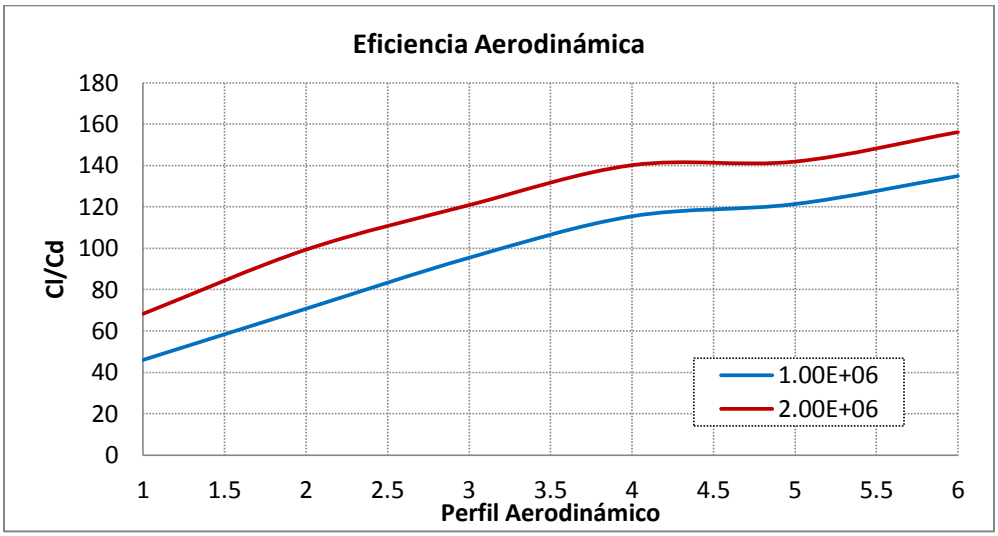


Figura 7. Eficiencia aerodinámica de los perfiles a lo largo de la pala.

Método BEM.

La curva de potencia de la turbina mediante el método BEM se obtuvo con la programación de hojas de Excel. Un ejemplo de su programación se presenta en la Tabla 2, en ella se muestra el elemento 1 de la pala que se encuentra a un radio de $4.5\ m$ con una velocidad de viento de $2\ m/s$. Cabe mencionar que a lo largo de la pala se programaron 20 elementos dispuestos cada $3\ m$.

Tabla 2. Programación del método BEM.

No.	a	a'	r/R	r	V	α	φ	V_{rel}	θ	Re
1	0.00010	0.00010	0.073	4.5	0.439	7.00	66.293	2.184	59.293	514250.487
	0.05458	0.22441	0.073	4.5	0.439	7.00	60.378	2.175	53.378	512134.280

C_L	C_D	c	L	D	C_n	C_t	σ	f	F
0.92552	0.03191	3.76722	8.48249	0.29249	0.40133	0.83459	0.39971	20.75109	1.00000
0.92467	0.03185	3.76722	8.40513	0.28951	0.48472	0.78808	0.39971	21.85645	1.00000

a	a'	f_g	C_T	a^{n+1}	$an+1$	$dFx\text{-}M$	$dM\text{-}M$	dFx	dM
0.04565	0.29290	1.00000	0.17428	0.00208	0.04130	**39.1812**	**288.3869**	**39.6547**	**290.1240**
0.06024	0.22441	1.00000	0.22643	0.00363	0.05458				

Aunque se muestran solo dos iteraciones para la convergencia, en realidad se programaron 50 iteraciones para cada elemento del aspa, estas se ocultaron para simplificar la tabla. Además, el aspa se analizó para velocidades de viento Clase 1 que van desde $2\ m/s$ hasta $14\ m/s$, el diámetro del rotor fue de $123\ m$, el ángulo de ataque de $7°$, los valores iniciales de los factores de inducción de 0.0001, la velocidad típica de 6 (para rotores de 3 aspas se elige un valor entre 6 y 8) y la densidad del aire de $1.02\ kg/m^3$.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

En la Figura 8 se puede observar el comportamiento de la cuerva de potencia obtenida con el método BEM y una comparación con la obtenida con el programa FOCUS6.

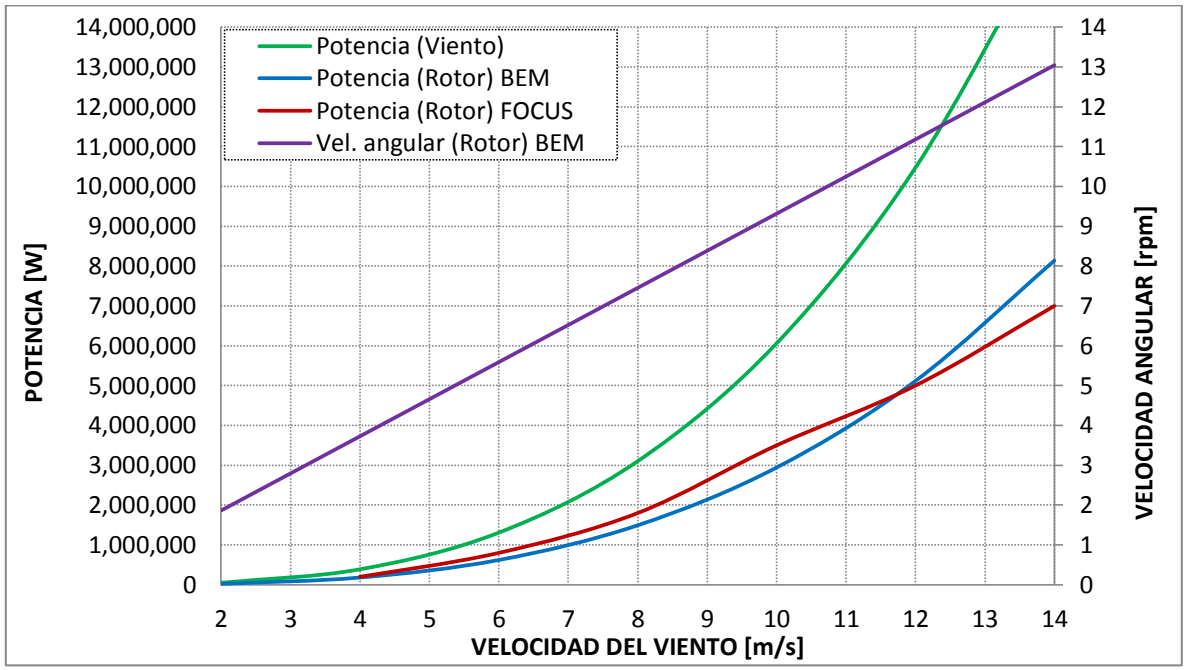


Figura 8. Comportamiento del rotor.

En la Figura 8 se observa que la potencia de $5\ MW$ requerida para esta turbina se alcanza cuando la velocidad del viento es de $12\ m/s$ con una velocidad angular del rotor e $11\ rpm$, esto sucede tanto con el método BEM como con FOCUS6, siendo este el único valor que coinciden los dos métodos. La diferencia de los demás puntos en las dos curvas de potencia es debido a que el programa FOCUS6 obtiene la curva considerando sistemas de control en la turbina, como el control del ángulo Pitch, el cual permite proteger la integridad física de la turbina haciendo girar las palas sobre su propio eje, con lo cual la turbina puede controlar su velocidad angular, esto es apreciable debido a que la tendencia en la curva de potencia de FOCUS6 es más irregular por la acción del ángulo Pitch.

En la Figura 8 también se aprecia que el rotor no aprovecha toda la potencia del viento debido a que la curva de potencia del rotor es más baja que esta curva, lo que coincide con el límite de Betz el cual indica que la máxima energía que una turbina puede extraer del viento es del 59.26% (lo que se conoce como Coeficiente de Potencia C_p). Para nuestro caso el rotor de $120\ m$ de diámetro solo puede aprovechar el 49%, tal como se puede ver en la Figura 9.

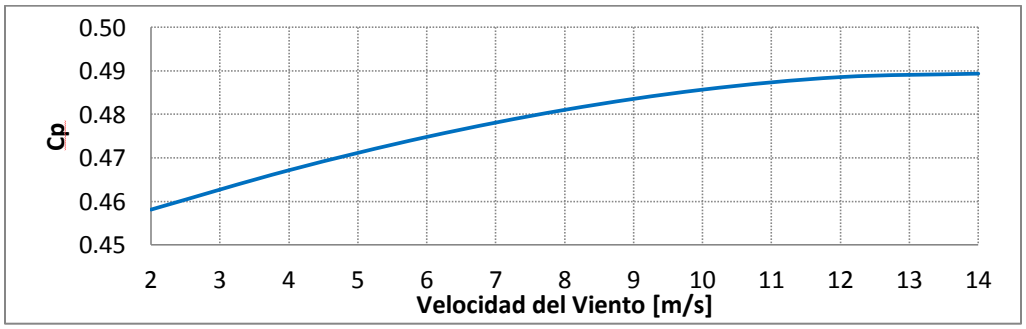


Figura 9. Coeficiente de potencia del rotor.

Trabajo a futuro

El trabajo futuro consiste en utilizar otros perfiles aerodinámicos para aumentar el Coeficiente de Potencia de la turbina por encima de 0.49, esto puede lograr que la obtención de la potencia de los $5\ MW$ se pueda obtener por debajo de los $12\ m/s$. Además, de validar los valores de $C_l(\alpha)$ y $C_d(\alpha)$ de manera experimental en un túnel de viento.

Conclusiones

Existen programas de cómputo comerciales que puede calcular la curva de potencia de una turbina eólica, pero son muy costosos y sólo son usados por empresas e instituciones de investigación que tienen los recursos necesarios para adquirir sus licencias. Es por ello que el método BEM es una buena opción, ya que como se muestra en la Figura 8, permite obtener curvas de potencia con diferencias menores al 15% en promedio con respecto a programas comerciales como FOCUS6.

La curva de potencia indica que la turbina de $120\ m$ de diámetro produce su potencia nominal de $5\ MW$ cuando la velocidad del viento es de $12\ m/s$ y el rotor gira con una velocidad angular de $11\ rpm$. Esta potencia coincide con la reportada en la literatura y con el resultado obtenido con FOCUS6. Cabe mencionar que esta es una potencia de diseño, la potencia de energía eléctrica que se puede producir será menor y dependerá de la eficiencia del generador eléctrico.

Referencias

1. Barnes R.H. (2015). I*mproved methodology for design of low wind speed specific wind turbine blades*. Composite Structures. School of Engineering and Information Technology, University of New South Wales at the Australian Defence Force Academy, Canberra, Australia.
2. Gonzales L. F. M. (2007). *Perfiles Aerodinámicos empleados en Turbinas de Viento*. Introducción para No Cultos.
3. Gamesa (2014). *Turbine of Gamesa of 5.0 MW*. Global Technology Everlasting Energy. Gamesa I&T S.L. España.
4. García J. E. (2012). *Wind turbine blade workshop*. Head of Blades Technology. Gamesa I&T S.L. España.
5. Global Wind Energy Council (GWEC) (2014). *Global Wind Energy Outlook*. Recovered from http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014_WEB.pdf
6. Hansen M. O. L. (2008). *Aerodynamics of wind turbines (Second Edition)*. Earthscan, London.
7. Liu G. R., Quek S.S. (2003). *The finite element method: A practical course*. Butterworth-Heinemann.
8. Lozano C. W. (2013). *Energías Renovables. Unidad de Inteligencia de Negocios*. Pro-México. Secretaría de Economía. México.
9. Rodríguez, J., Arnalte, S., Burgos, J. (2003). *Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*. Madrid; Editorial Rueda.
10. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2012). Ley General de Cambio Climático. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de https://www.gob.mx/inmujeres/documentos.
11. Sung k. H., Khazar H., Lei X. (2014). *Effect of shallow-angled skins on the structural performance of the large-scale wind turbine blade*. Renewable Energy vol. 71 p. 100-112.
12. Torres Martínez M. (2004). *Pala para aerogenerador*. Patente No. ES2178903. Oficina Española de Patentes y Marcas. España.
13. TPI Composites Inc (2003). *Cost Study for Large Wind Turbine Blades*. Sand Report SAND2003-1428. Sandia National Laboratories. Albuquerque, New Mexico, U.S.A.
14. Universidad Univer Colima (2006). *Guía para la elaboración del proyecto de investigación*. Universidad Univer Colima. México.
15. Zwang L. (2009). *Boundary Layer Suction on a Horizontal Axis Wind Turbine*. Tesis de Maestría. Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology. Holanda.

Optimización tribológica del recubrimiento H-DLC, utilizando el método gris-difuso

E. Flores Vázquez, J. Solis Romero, V.A. Castellanos Escamilla, M. Paredes Rueda*

*Instituto Tecnológico de Tlalnepantla del TecNM; División de Estudios de Posgrado e Investigación; Av. Constituyentes de 1917, Col. la Comunidad, Tlalnepantla de Baz, Estado de México. C.P. 54070; *jsolis@ittla.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Se realiza la evaluación tribológica de un recubrimiento carbón hidrogenado quasi-diamante (H-DLC). La película con 3 micras de espesor se depositó sobre el acero API_X65, por deposición química de vapores. La caracterización de las películas se realizó con nano-indentación, rugosidad superficial, prueba de rayado, Raman, microscopía de fuerza atómica y de barrido. El análisis tribológico se realizó en términos de fricción y desgaste por medio de deslizamiento continuo bajo condiciones secas, basado en un diseño de experimentos ortogonal L_{16} con carga aplicada, velocidad de deslizamiento, y tiempo de deslizamiento, como los factores de control con cuatro niveles cada uno. Las pruebas se llevaron a cabo utilizando un tribómetro del tipo bola-sobre-placa. Adicionalmente, los resultados experimentales se analizaron con el enfoque gris-difuso y redes neuronales (ANFIS) para alcanzar las condiciones óptimas de fricción y desgaste. La combinación óptima se obtiene con los niveles más bajos de los tres factores de control.

***Palabras clave**: Carbón hidrogenado quasi-diamante (H-DLC), acero API X65, fricción-desgaste, lógica difusa.*

Abstract

A tribological assessment of the thin film hydrogenated diamond-like Carbon (H-DLC) was carried out. The 3-micron film was deposited on the API X65 steel, through the enhanced chemical vapor deposition process. The coatings were characterised by means of nano-indentation, surface roughness, scratch testing, Raman, atomic force and scanning electron microscopy. The tribological analysis was performed in terms of friction and wear under dry conditions. The pin-on-plate methodology was utilised for the tribological tests. All tests were based on a L_{16} orthogonal design of experiments utilising an applied load, sliding distance and time of sliding as the main control factors with four levels each. In addition, experimental results were further analysed to get optimum wear and friction characteristics simultaneously using grey-fuzzy and adaptive neural network approaches.

***Keywords**: Diamond like-carbon (H-DLC), API X65 steel, friction-wear, fuzzy logic.*

Introducción

La deposición de recubrimientos cerámicos y en particular, los revestimientos de carbón como si fuera diamante (DLC por sus siglas en inglés) pueden ser candidatos para proteger el acero al carbón que se utiliza en equipo crítico para la transportación de petróleo y el cual necesita preservar su integridad estructural. Ejemplos de este tipo de componentes se tienen las válvulas check submarinas, pistones y bombas. Los recubrimientos carbonosos podrían mejorar el acarreo de petróleo vía la reducción de la fricción, desgaste y erosión-corrosión en el interior de las tuberías y sus componentes.

En la actualidad, de entre los métodos más utilizados para evitar la corrosión interna son los inhibidores, debido al hecho de que promueven la adsorción de la película corrosiva sobre la superficie, y como resultado, se mejora la resistencia a la corrosión al formarse una capa protectora compacta (Hu and Neville 2009, Manhabosco and Müller 2009, Barker, Hu et al. 2013). Sin embargo, hay un

número de condiciones que pueden afectar la eficiencia de estos inhibidores, tales como, el fluido (composición, temperatura, velocidades de flujo, presión del gas CO_2, humectabilidad del fluido, densidad, y los tipos de crudo), partículas sólidas (contenido de arena, tamaño, ángulo de ataque de las partículas, densidad y velocidad) y el acero (dureza, microestructura, resistencia, ductilidad y tenacidad) (Hu and Neville 2009, Barker, Hu et al. 2013). Debido a esto, los recubrimientos DLC´s se podrían aplicar en partes interiores de las líneas de tubería para mejorar la resistencia tanto al desgaste como a la corrosión para componentes que tienen que ver con la industria petrolera y de gas (Wei 2010, Wang, Zhang et al. 2014).

Al respecto, el proceso tecnológico para la deposición química de vapores con plasma mejorado (PECVD por sus siglas en inglés) es una opción particularmente favorable para crear una barrera interna contra la corrosión en un acero al carbón para evitar la precipitación de escamas salinas. Esto podría llevarse a cabo dadas las propiedades de las películas DLC, como la amorficidad y la estructura inerte, la hidrofobia, bajo coeficiente de fricción (CoF), alta resistencia a la corrosión, alta dureza, alto módulo de Young y buena resistencia al desgaste/abrasión (Papakonstantinou, Zhao et al. 2002, Liu and Kwek 2008). Aunque, los estudios que se encuentran publicados en la literatura generalmente se asocian con defectos y microestructura de los recubrimientos DLC, y tan solo unos cuantos artículos se refieren a la resistencia a la corrosión con los DLC´s (Hadinata, Lee et al. 2013).

Por su parte, en un proceso tribológico, los parámetros de control con sus niveles, así como todos los efectos inducidos deben controlarse a fin de lograr un beneficio en términos de resistencia al desgaste y coeficiente de fricción. Por lo tanto, el desarrollo de un método rápido y eficiente para optimizar dicho proceso es una importante contribución en la presente área de estudio. Bajo este contexto, el diseño de experimentos (DoE) está considerado como una herramienta consolidada para resolver problemas relacionados con la elección de los parámetros óptimos de procesamiento (Humberto and Román 2012). El DoE emplea diseños ortogonales para examinar las características de calidad por medio de un número reducido de experimentos. Sin embargo, esta técnica está limitada cuando se trata del tratamiento de problemas multi-respuesta (Jean 2015). Para contrarrestar lo anterior, la técnica de gris difuso tiene la capacidad de trabajar con diversas entradas, como, por ejemplo, características funcionales de procesos, para eventualmente convertir el comportamiento múltiple en un solo grado multi-respuesta.

En el presente estudio se investiga el comportamiento por fricción y desgaste en seco y a temperatura ambiente del acero API X65 con modificación superficial por deposición de película delgada H-DLC, y se aplica la metodología gris-difuso para obtener la combinación óptima de los parámetros de prueba tribológicos que resulten con características de mínima fricción y desgaste.

Materiales y métodos

Material y deposición

Los recubrimientos H-DLC bajo estudio se depositaron sobre discos de acero al carbón API X65 con dimensiones 25 mm de diámetro y 6 mm de espesor. Este material ferroso tiene un contenido químico que se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química del acero API X65 (ASM 2017) (% en peso)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Al	Ti	V	B	N
0.10-0.14	0.15-0.25	1.25-1.40	<0.025	<0.003	0.15	0.15-0.20	<0.20	0.015-.025	<0.05	0.05-0.07	<0.0005	<0.015

El acero se limpió con plasma y gas Ar+ utilizando bias pulsado con corriente directa antes de la deposición de la capa de adherencia. El recubrimiento se depositó mediante deposición química de vapores con plasma mejorado y excitación por microondas (PECVD). El gas fue C_2H_2 a una presión de 0.3 Pa. Se depositó en forma continua que incluyó una capa de adherencia de cromo Cr (por pulverizado magnético de corriente continua) con un espesor dentro del rango 0.45-0.56 µm, seguido por una capa intermedia de carburo de tungsteno WC también en un rango de 0.375-0.4 µm y la capa superficial de carbón C de 1.25-1.5 µm. El espesor total del recubrimiento osciló entre 2.5 a 3 µm. El espesor total de los recubrimientos se realizó mediante la prueba rápida de Calotest. El procedimiento

 ISSN 2007-8102

tecnológico es la realización de un pequeño cráter en el revestimiento utilizando una bola de geometría conocida produciendo una sección cónica en la película al visualizarla en un microscopio óptico, como se muestra esquemáticamente en la Figura 1(c). En la Figura 1(a) se muestra la colocación de una bola de acero inoxidable de 0.02 m de diámetro que gira deslizándose sobre el DLC. En la Figura 1(b) se pueden observar las dimensiones necesarias para determinar el espesor de dicho revestimiento. La velocidad de deposición se realizó aproximadamente a 0.8 µm min^{-1}. El tiempo de deposición fue de 126 min. para las intercapas y 138 min. para la película DLC. El contenido de hidrógeno se aproximó a 20 -40 %. El acero base se mantuvo menos de 200 °C.

La relación matemática está dada por: $\text{espesor} = \frac{xy}{2R}$, por lo que, utilizando los valores de la Figura 1 (c), se tiene que $= \frac{(157.627\ \mu m)(427.374\ \mu m)}{0.02x10^{6}\mu m} = 3.3\ \mu m$

Sin embargo, el espesor de las capas de adhesión (intermedias) de Cr/WC no se puede determinar con el método Calotest. Para encontrar los valores de estos espesores, se utilizó microscopía de barrido (SEM) al igual que el espectro del EDS en las secciones transversales.

Microestructura

La topología superficial antes y después de las pruebas tribológicas (dentro y fuera de las huellas de desgaste) se analizó por medio de la microscopía de fuerza atómica (AFM). Para caracterizar la estructura de enlaces de las películas DLC se utilizó el Raman. Para la caracterización se utilizaron los modos estático y extendido para detectar la formación de los picos de carbón (picos desordenado D y grafítico amorfo G), ambos para la estructura del recubrimiento antes y después de las pruebas de desgaste. Todas las mediciones se llevaron a cabo en aire y a temperatura ambiente (20 ± 2 °C), 35-50 % de humedad relativa (RH) y con una longitud de onda del láser de 488 nm con 2mW de potencia. La relación I_D/I_G se consideró como un indicador de la estructura de carbón sp^2/sp^3. El ajuste de curva se realizó considerando la restricción ancho-total a máximo-mitad (FWMH por sus siglas en inglés).

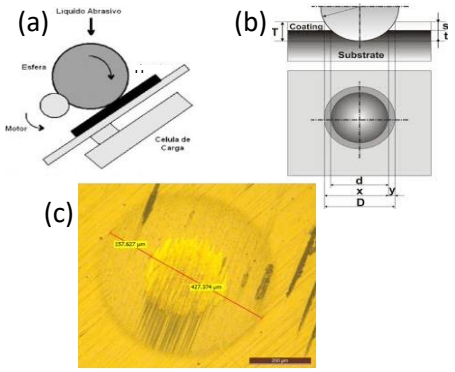


Figura 1. **(a) Representación esquemática de la prueba Calotest para la medición rápida y precisa del espesor del recubrimiento, (b) Geometría del cráter que se forma y las dimensiones requeridas para la determinación del espesor, (c) cráter formado en el H-DLC**

Caracterización mecánica

La resistencia adhesiva del recubrimiento se midió utilizando un aparato comercial tipo Scratch tester. Las pruebas se realizaron empleando cargas progresivas desde 0.1 hasta 80 N con una velocidad de carga de 100 N/min y una longitud de rayado de 8mm en condición seca. Las pruebas tribológicas para el H-DLC se llevaron a cabo en seco con un tribómetro del tipo bola-sobre-placa (Figura 2). El rango de presión de contacto máxima aplicada es de 190 MPa por un tiempo de 6 hrs., a una frecuencia de 1 Hz y diferentes velocidades con una longitud de deslizamiento de 10 mm (carrera). Las presiones de contacto se definieron con estas magnitudes para simular condiciones reales a las cuales están sujetos los componentes de petróleo y gas (por ejemplo, líneas de tubería para transporte de fluidos). Las pruebas se realizaron a temperatura ambiente de 18-23 °C bajo condiciones secas y con humedad relativa de aproximadamente 25%.

 ISSN 2007-8102

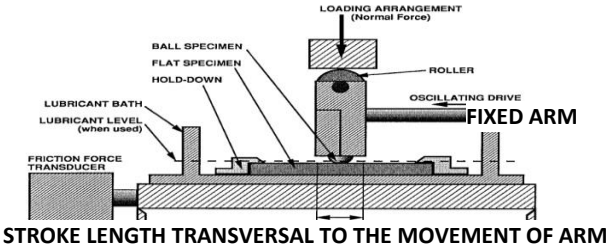


Figura 2. Representación esquemática del arreglo bola sobre placa para los experimentos tribológicos. Adaptada de la especificación ASTM G133-05 (2010).

Elección de parámetros para el proceso de optimización

En la literatura se muestra que los parámetros, carga (P), velocidad (V) y tiempo (T) son los que se utilizan con mayor frecuencia por los investigadores para controlar el comportamiento tribológico de los recubrimientos H-DLC. En el presente estudio se consideraron cuatro niveles de prueba. El nivel de en medio se consideró como la condición inicial. Todos los factores junto con sus niveles se muestran en la tabla 2. Las variables de respuesta son los parámetros de salida del experimento. Aquí, los parámetros de salida son el desgaste y el coeficiente de fricción.

Tabla 2. Factores y sus respectivos niveles de control.

	FACTORES	Unidad	Niveles			
			1	2	3	4
A	Presión (P)	MPa(N)	110(10)	140(20)	160(30)	190(50)
B	Velocidad (V)	ms^{-1}	0.07	0.08	0.09	0.1
C	Distancia (S)	m	900	1500	1800	2130

Diseño del experimento

Basándose en los diferentes factores y niveles, en el presente trabajo se utilizó un arreglo ortogonal L_{16} para estudiar el efecto de los tres parámetros de prueba. El arreglo junto con sus designaciones se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Arreglo ortogonal con los parámetros de prueba

	ARREGLO ORTOGONAL L_{16}			VALORES ASIGNADOS		
NÚM. EXP.	A	B	C	P	V	S
1	1	1	1	110	0.07	900
2	1	2	2	110	0.08	1500
3	1	3	3	110	0.09	1800
4	1	4	4	110	0.1	2130
5	2	1	2	140	0.07	1500
6	2	2	1	140	0.08	900
7	2	3	4	140	0.09	2130
8	2	4	3	140	0.1	1800
9	3	1	3	160	0.07	1800
10	3	2	4	160	0.08	2130
11	3	3	1	160	0.09	900
12	3	4	2	160	0.1	1500
13	4	1	4	190	0.07	2130
14	4	2	3	190	0.08	1800
15	4	3	2	190	0.09	1500
16	4	4	1	190	0.1	900
	NIVELES					

Análisis gris-difuso

Para evitar la influencia de las unidades de las características funcionales utilizadas en el desgaste y la fricción, se normalizan entre 0-1, en el cual 0 es el peor rendimiento y 1 es el mejor. Los coeficientes determinados de gris relacionado (se calculan con las ecs. 1 y 2 vinculadas con el criterio "*entre más bajo mejor"*) son entonces los valores de entrada para el proceso "fusificación" en lógica difusa.

 ISSN 2007-8102

$$x_i^*(k) = \frac{max\, x_i(k) - x_i(k)}{max\, x_i(k) - min\, x_i(k)} \quad (1)$$

Donde, $x_i^*(k)$ es el valor generado de grey relacionado, mientras que $max\, x_i(k)$ y $min\, x_i(k)$ son los valores máximo y mínimo de $x_i(k)$ para la respuesta k^{th}, respectivamente.

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta_{min} + r\Delta_{max}}{\Delta_{oi}(k) + r\Delta_{max}} \quad (2)$$

Donde $\Delta_{oi}(k) = \left\| x_i(k) - x_i^*(k) \right\|$ es la diferencia absoluta de los valores de la secuencia generados y experimentales. Δ_{max} y Δ_{min} son los valores máximo y mínimo de las diferencias absolutas $\Delta_{oi}(k)$ de todas las secuencias comparadas. En la ec. (2), el término *r* es el coeficiente distintivo que se utiliza para ajustar la diferencia del coeficiente relacionado, generalmente r $\in$ (0,1) (Deng 1989). Entre más bajo el valor de r, más alta la habilidad de distinción. En este trabajo, se le asignó a *r* el valor de 0.5 por su moderado efecto distintivo y buena estabilidad de las salidas. Los valores de los coeficientes calculados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Análisis gris relacionado.

Valores experimentales		Valores normalizados		Valores ⊗*oi*		Coeficientes grey (GRC)	
Desgaste	**COF**	**Desgaste**	**COF**	**Desgaste**	**COF**	**Desgaste**	**COF**
12.285	0.23447	0.1858630	0	0.8141369	1	0.3804778	0.33333333
13.396	0.21358	0.0735160	0.19353344	0.9264839	0.8064666	0.3505121	0.38271167
13.877	0.20406	0.0248761	0.28173059	0.9751238	0.7182694	0.3389545	0.41041825
14.123	0.21354	0	0.19390402	1	0.8060959	0.3333333	0.38282026
7.941	0.19609	0.6251390	0.35556791	0.3748609	0.6444320	0.5715193	0.43689792
6.738	0.21873	0.7467893	0.14582175	0.2532106	0.8541782	0.6638249	0.36922761
9.393	0.18488	0.4783092	0.4594219	0.5216907	0.5405781	0.4893848	0.48050214
8.369	0.20264	0.5818586	0.29488605	0.4181413	0.7051139	0.5445784	0.41489852
7.912	0.17401	0.6280715	0.560126	0.3719284	0.439874	0.5734415	0.5319862
7.824	0.17409	0.6369703	0.55938484	0.3630296	0.4406151	0.5793543	0.53156702
5.85	0.18868	0.8365861	0.42421716	0.1634138	0.5757828	0.7536773	0.46477782
7.787	0.17525	0.6407119	0.54863813	0.3592881	0.4513618	0.5818770	0.52556237
5.634	0.14	0.8584285	0.87520845	0.1415714	0.1247915	0.7793364	0.8002669
5.211	0.13442	0.9012033	0.92690384	0.0987966	0.0730961	0.8350080	0.87245393
4.678	0.12653	0.9551016	1	0.0448983	0	0.9176023	1
4.234	0.12681	1	0.99740597	0	0.0025940	1	0.99483871

En el fusificador se convierten los datos numéricos (nítidos) en variables lingüísticas, las cuales se pueden ver como si fueran las etiquetas de conjuntos difusos. Las funciones de membresía que se eligieron fueron de la forma triangular. Los conjuntos de los términos lingüísticos que se asignaron a las variables fueron muy pequeño, pequeño, medio, grande y muy grande. Se utilizaron un total de 25 reglas, mismas que se agrupan en la tabla 5. Se utilizó el método de Mamdani en la máquina de inferencia, la cual se basa en la colección de reglas IF-THEN.

Tabla 5. Reglas difusas en forma matricial.

		Coeficientes de gris relacionado para el coeficiente de fricción				
	VS	S	M	L	VL
Coeficientes de gris relacionado para desgaste	VS	T	VS	S	SM	M
	S	VS	S	SM	M	ML
	M	S	SM	M	ML	L
	L	SM	M	ML	L	VL
	VL	M	ML	L	VL	H

 ISSN 2007-8102

El software comercial Matlab© se utilizó para el procesamiento de los coeficientes gris de cada salida. El editor del sistema de inferencia difuso de la plataforma Matlab permite editar las formas de las funciones de membresía de entrada y de salida (Figura 3), así como escribir las reglas que contendrá el sistema y calcula el valor de la salida, dependiendo de los valores de entrada. La salida del grado difuso gris se dividió en 9 funciones de membresía, es decir, extremo pequeña (T), muy pequeña (VS), pequeña (S), pequeña media (SM), media (M), media grande (ML), grande (L), muy grande (VL), alta (H). La representación gráfica se muestra en la Figura 4.

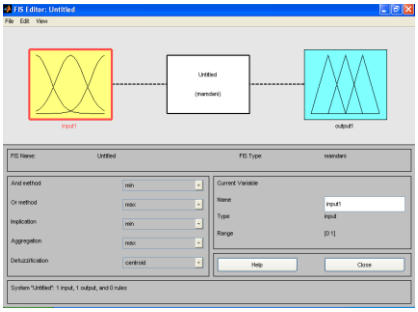


Figura 3. Herramienta de lógica difusa del software comercial Matlab©.

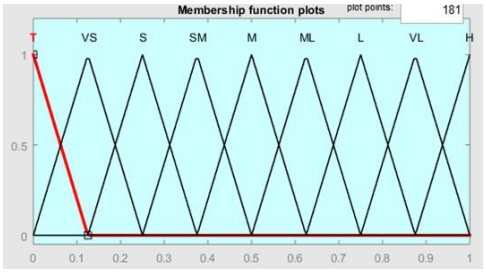


Figura 4. Funciones de pertenencia para la salida.

Los valores del grado gris relacionado difuso (GFG) se obtienen cuando se va introduciendo cada uno de los coeficientes gris para desgaste y COF en el sistema de inferencia difuso del Matlab. El valor *crisp* o defusificado, entre más grande es el valor que resulta de GFG para un experimento, más alta es la posibilidad de que el experimento sea el óptimo.

Resultados y discusión

Caracterización microestructural

Por otro lado, para identificar la estructura de grafito y diamante de las películas DLC se empleó la espectroscopía Raman. De acuerdo con los reportes en la literatura (Pang, Wang et al. 2010), la estructura con enlaces C-C, siendo la como si fuera diamante (sp^3– banda D) se observa en el rango de 1200-1450 cm^{-1} y la estructura como si fuera grafito (sp^2– banda G) por los 1500-1700 cm^{-1}. En la Figura 5 se presenta el espectro del revestimiento H-DLC, en donde se debe notar a las bandas D y G, relacionadas con la estructura grafítica y como si fuera diamante. El espectro de la película DLC hidrogenado muestra dos bandas, la D y la G con picos (Raman shifts) de 1365 cm^{-1} y 1549 cm^{-1}, respectivamente.

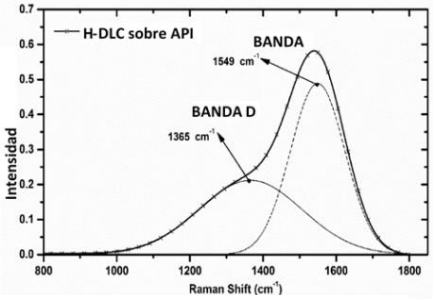


Figura 5. Espectro Raman del H-DLC antes de las pruebas de desgaste.

Para encontrar los valores de los espesores de las capas intermedias, se utilizó (SEM) al igual que el espectro del EDS. La película H-DLC exhibió una superficie compuesta de hierro (el acero al carbón), las capas de adhesión de Cr (2.2 µm) y W (1.4 µm) y la capa final de H-DLC (2.7 µm).

Caracterización mecánica

Las pruebas de adherencia (scratch) sobre el H-DLC revelaron buena adhesión sobre el acero al carbón hasta una carga crítica de 22.99 N de la carga incremental (~2.3 mm de profundidad del surco) sin un signo de agrietamiento. De las tendencias observadas, se puede considerar una carga crítica de 50 N para el revestimiento DLC hidrogenado sin que se presente fractura interfacial o falla adhesiva.

Para la situación de fricción y desgaste, al comienzo de la prueba (running-in), el CoF para las presiones ejercidas de 110 y 140 MPa se incrementó progresivamente con el incremento de la distancia de deslizamiento hasta que alcanzó un valor promedio superior de μ_{110} = 0.22 y μ_{140} = 0.225, para luego descender ligeramente hasta que se alcanza aproximadamente una estabilidad con valores promedio de μ_{110} = 0.21 y μ_{140} = 0.20, como se puede ver en la Figura 6. El incremento inicial que se

 ISSN 2007-8102

observa para el CoF se atribuye a la rugosidad que presenta la superficie revestida y, por tanto, al área de contacto reducida entre las interfaces (contracara-H-DLC). La ligera tendencia a la baja del CoF se vincula, por un lado, a la baja magnitud de la carga normal aplicada, la cual produce una cierta cantidad de fricción inducida por calentamiento localizado y que funde las asperezas en el contacto, lo que puede generar lenta pero progresivamente una capa de transferencia amorfa capaz de contribuir en la reducción del CoF (Liu, Erdemir et al. 1996).

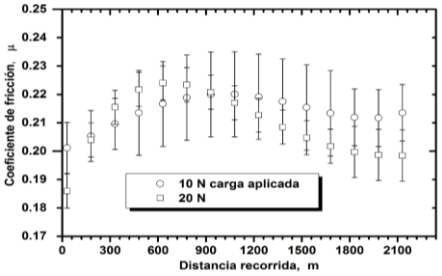


Figura 6 Evolución del coeficiente de fricción para el recubrimiento H-DLC con presión máx. aplicada de 150 MPa durante 6 h en condiciones secas.

Para las cargas de 30 a 50 N (160 a 190 MPa), la presión de contacto es más alta y la temperatura entre el perno y el recubrimiento se eleva debido a las fuerzas de empuje que son más grandes, y así, las asperezas rugosas se deforman plásticamente con doblez y estampados dando como resultado el desarrollo de una tribocapa lúbrica como si fuera grafito. Adicionalmente, cuando se aplican cargas más altas sobre la superficie del recubrimiento, se reporta en la literatura que el auto alineamiento de la tribocapa grafitizada/amorfizada y la pasivación efectiva de los enlaces sueltos por los átomos de hidrógeno y/o moléculas en el medio ambiente contribuye a la reducción del CoF (Liu, Erdemir et al. 1996, Lin, Wei et al. 2004).

Optimización

Gris relacionado difuso

En la tabla 6 se concentran los valores GFG determinados por cada uno de los coeficientes gris relacionado de las dos propiedades funcionales. El valor más alto se resultó en 0.956 que corresponde al experimento 16. Esta es la combinación de los factores tribológicos y sus niveles óptimos.

Tabla 6. Grado gris difuso Se muestra el arreglo ortogonal de Taguchi para determinar el efecto individual que tienen los factores de control.

Exp.	GFG	Arreglo ortogonal		
		A	B	C
1	**0.363**	1	1	1
2	**0.37**	1	2	2
3	**0.375**	1	3	3
4	**0.363**	1	4	4
5	**0.503**	2	1	2
6	**0.511**	2	2	1
7	**0.475**	2	3	4
8	**0.482**	2	4	3
9	**0.566**	3	1	3
10	**0.568**	3	2	4
11	**0.605**	3	3	1
12	**0.565**	3	4	2
13	**0.782**	4	1	4
14	**0.821**	4	2	3
15	**0.907**	4	3	2
16	**0.956**	4	4	1

Los promedios del gris relacionado de cada nivel para los diferentes factores de control están dados en la tabla 7. Ahí se exhiben valores Δ (máx.-mín.), cuyo número más alto es indicativo del nivel de significancia de un factor en particular. El grado de significancia de cada parámetro sobre los efectos tribológicos, se muestra en la gráfica de la Figura 7. En este caso, inmediatamente se puede deducir que la presión aplicada (carga) tiene la contribución más alta, seguida por la distancia de deslizamiento y al final la velocidad lineal. De acuerdo con la gráfica, la combinación óptima de parámetros, señalada por las flechas, corresponde a A4, B4 y C1, es decir, observando la Tabla 2, presión (A4)= 190 MPa (50 N), Velocidad (B4) = 0.1 ms^{-1} y distancia de deslizamiento (C1) = 900 m.

Tabla 7. Promedio por factor, de acuerdo con el arreglo ortogonal.

	FACTOR	PROMEDIOS GFGs				Δ	ÓPTIMO
		NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4		
A	Presión	0.368	0.493	0.576	0.867	0.368	**A4**
B	Velocidad	0.554	0.568	0.591	0.592	0.554	**B4**
C	Distancia	0.609	0.586	0.561	0.547	0.609	**C1**

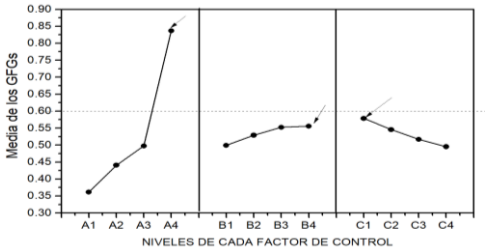


Figura 7. Factores de control y sus respectivos niveles óptimos.

Conclusiones

- Los análisis SEM mostraron que el revestimiento H-DLC presentó daño como producto de la prueba por desgaste en la condición seca cuando se aplicó una presión máxima de 400 MPa.
- El H-DLC en un excelente candidato para el transporte de petróleo debido a la reducción del coeficiente de fricción, desgaste y corrosión en el interior de componentes. El H-DLC proporcionó un mejoramiento en relación con la integridad contra el acero al carbón debido a que presentó buenos resultados en las pruebas de desgate en ambientes secos.
- Los coeficientes de gris relacionado se utilizaron como variables de entrada para determinar los grados difusos de gris relacionado, a través de la lógica difusa. Utilizando la herramienta de lógica difusa dentro del ambiente Matlab, se determinaron los grados difusos grises. Los parámetros de control óptimos para minimizar tanto el desgaste como el coeficiente de fricción fueron: Presión (A4) = 190 MPa (50 N), Velocidad (B4) = 0.1 ms^{-1} y Distancia de deslizamiento (C1) = 900 m.

Referencias

1. ASM (2017). ASM Handbook, Volume 18: Friction, Lubrication, and Wear Technology.
2. Barker, R., et al. (2013). "The influence of high shear and sand impingement on preferential weld corrosion of carbon steel pipework in CO2-saturated environments." Tribology International **68**: 17-25.
3. Costa, R. P. C., et al. (2011). "Tribological effect of iron oxide residual on the DLC film surface under seawater and saline solutions." Surface Science **605**(7–8): 783-787.
4. Deng, J. L. (1989). "Introduction to grey system theory." The Journal of Grey System **1**(1): 1-24.
5. Hadinata, S.-S., et al. (2013). "Electrochemical performances of diamond-like carbon coatings on carbon steel, stainless steel, and brass." Thin Solid Films **529**: 412-416.
6. Hu, X. and A. Neville (2009). "CO2 erosion–corrosion of pipeline steel (API X65) in oil and gas conditions—A systematic approach." Wear **267**(11): 2027-2032.
7. Humberto, G. P. and D. L. V. S. Román (2012). Análisis y Diseño de Experimentos, McGraw-Hill Interamericana de España.
8. Jean, M.-D. (2015). "Optimisation of tribological performance of sputtering Zr/ZrC coatings." Surface Engineering **31**(2): 103-113.
9. Kim, D.-W. and K.-W. Kim (2013). "Effects of sliding velocity and normal load on friction and wear characteristics of multi-layered diamond-like carbon (DLC) coating prepared by reactive sputtering." Wear **297**(1–2): 722-730.
10. Lin, J. F., et al. (2004). "Effect of nitrogen content at coating film and film thickness on nanohardness and Young's modulus of hydrogenated carbon films." Diamond and Related Materials **13**(1): 42-53.
11. Liu, E. and H. W. Kwek (2008). "Electrochemical performance of diamond-like carbon thin films." Thin Solid Films **516**(16): 5201-5205.
12. Liu, Y., et al. (1996). "An investigation of the relationship between graphitization and frictional behavior of DLC coatings." Surface and Coatings Technology **86–87, Part 2**: 564-568.
13. Liu, Y., et al. (1996). "A study of the wear mechanism of diamond-like carbon films." Surface and Coatings Technology **82**(1–2): 48-56.
14. Manhabosco, T. M., et al. (2013). "Corrosion, wear and wear–corrosion behavior of graphite-like a-C:H films deposited on bare and nitrided titanium alloy." Diamond and Related Materials **31**: 58-64.
15. Manhabosco, T. M. and I. L. Müller (2009). "Tribocorrosion of Diamond-Like Carbon Deposited on Ti6Al4V." Tribology Letters **34**(3): 229-229.
16. Pang, H., et al. (2010). "Characterization of diamond-like carbon films by SEM, XRD and Raman spectroscopy." Applied Surface Science **256**(21): 6403-6407.
17. Papakonstantinou, P., et al. (2002). "The effects of Si incorporation on the electrochemical and nanomechanical properties of DLC thin films." Diamond and Related Materials **11**(3–6): 1074-1080.
18. Wang, Z. M., et al. (2014). "Corrosion and salt scale resistance of multilayered diamond-like carbon film in CO2 saturated solutions." Corrosion Science **86**: 261-267.
19. Wei, R. (2010). "Development of new technologies and practical applications of plasma immersion ion deposition (PIID)." Surface and Coatings Technology **204**(18–19): 2869-2874.

Análisis de falla en un horno rotatorio para fundición de plomo reciclado en México

M.A. Parra Rangel[*]*, A.E. Rodríguez Mariano, E.U. Martínez Carmona, M. G. Sil Pérez*
Departamento de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos, Integración de Proyectos Multidisciplina,
Priv. Lardizábal 2745, La Cañada, C.P. 90360, Apizaco Tlaxcala, México
**ventas@ipm.mitmx.net*
***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Se realizó un análisis de falla por fuga de metal líquido durante el proceso de fundición de plomo en una planta recicladora en el Estado de México, los análisis incluyen: matriz de pirometría, datos de proceso, estructura refractaria, endoscopia en alta temperatura y diagnóstico termográfico. Se identificó el arreglo empleado en la instalación del refractario así como la composición química de los materiales utilizados; el estudio se llevó a cabo en dos etapas en donde al término de la primera se pronosticó una falla mayor, misma que se confirmó al momento del colapso del proceso y el consecuente paro definitivo del horno para su demolición y reconstrucción. Los resultados coadyuvaron a identificar áreas de riesgo así como de oportunidad para mejorar el diseño de revestimiento refractario acorde al metal a fundir y las condiciones del proceso.

Palabras clave: *Análisis de falla, horno rotatorio, refractario, termografía.*

Abstract

A liquid metal leak fault analysis was performed during the lead smelting process at a recycling plant in the state of Mexico, analyses include: pyrometry matrix, process data, refractory structure, high-temperature endoscopy, and thermographic diagnosis. The arrangement used in the refractory installation was identified as well as the chemical composition of the used materials; the study was carried out in two stages in which at the end of the first one, a major fault was predicted, which was confirmed at the time of the collapse of the process and the consequent definitive shutdown of the furnace for demolition and relining. The results had contributed to identify areas of risk as well as opportunity to improve the design of the refractory coating according to the metal to be melted and the process conditions.

Keywords: *Fault analysis, rotary furnace, refractory, termography*

Introducción

La situación actual de la industria del consumo de recursos no renovables así como la disminución y prohibiciones cada vez más estrictas en el uso de productos que generan altos contaminantes en el medio han llevado a las empresas a buscar estrategias que incluyan procesos de reciclaje de distintos materiales, reducción de utilización de energéticos en sus procesos productivos así como también el incremento de productividad a un menor costo, desafortunadamente, no todas decisiones tomadas para lograr los objetivos impuestos en la planeación estratégica de los directivos en función de las opciones de inversión existentes en el mercado son la mejor opción llevándolos al fracaso de algunos proyectos en donde se debe analizar a detalle las causas de un efecto indeseado para implementar acciones de corrección y/o mejora.

La termografía, aunque no es una tecnología nueva, aún no tiene un impulso adecuado en nuestro día a día profesional derivado de que requiere una formación adecuada así como una basta experiencia en el ramo en que se desarrolle ya que la simple imagen es sólo una herramienta para identificar problemas mayores de raíz. Se atribuye a Sir William Herschel en 1800 el descubrimiento del rango infrarrojo del espectro electromagnético de manera accidental durante la investigación de un nuevo material óptico. La termografía infrarroja entonces se entiende como el registro calorífico del espectro infrarrojo a través de una técnica de medición de temperaturas a distancia y registradas en un termograma (Melgosa, S. 2011). Los beneficios de la termografía incluyen inspecciones más eficientes que permiten ver posibles fallas por el aumento de calor sin interrumpir su trabajo mejorando el mantenimiento de los equipos con acciones programadas e incrementando la confiabilidad de los procesos con mayor seguridad y menos pérdidas materiales y humanas incrementando ahorros (López, M. 2018).

Por otra parte, el proceso de endoscopia en alta temperatura, es un procedimiento de inspección interna el cual se realiza a través de un endoscopio con un diseño especial que le permite explorar cavidades en un horno o cámara de combustión en donde las temperaturas pueden alcanzar hasta 2000°C en distintas aplicaciones de la industria de la fundición. En cámaras de combustión con estas condiciones, esta tecnología hace posible observar las partes internas de un horno o cámara de combustión en plena operación ofreciendo la ventaja de identificar defectos estructurales o mejorar el control de un proceso el cual se puede llevar a cabo en tiempo real obteniendo beneficios diversos de detección de fallas, programación de mantenimiento y control de procesos (Decrette, P. 2010).

Actualmente existe una gran variedad de refractarios disponibles en la industria ya que se demanda una diversidad en el suministro de los materiales de acuerdo a cada tipo de proceso, muchos de esos materiales se han desarrollado específicamente para cumplir con ciertas condiciones de servicio en particular. Se considera que los refractarios primarios se clasifican como básicos, de alta alúmina, sílica, arcillosos y aislantes aunque también existen otros tipos de refractario especiales que incluyen carburo de silicio, grafito, zircón, y otros elementos ya sea fundidos o vaciados. Para el caso de los refractarios de cromo-magnesita, se tienen los adheridos directamente o los adheridos por una variedad de silicatos, normalmente estos refractarios se utilizan bajo condiciones de servicio mucho más severas (Harbinson-Walker, 2005)

Metodología

Inspección primera etapa a través de matriz de pirometría

Se realizó identificación de zonas con mancha y chapa metálica más caliente de lo normal en el horno rotatorio para fundición de plomo mostrado en la figura 1, se observan un total de 24 barrenos distribuidos en el cilindro del horno que fueron utilizados como recomendación para la evaporación de agua durante el sinterizado del refractario en donde existen manchas alrededor con una apariencia grasosa en donde una tenía una gran extensión visible según ve en la Figura 2.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Horno rotatorio para fundición de plomo



Figura 2. Extensión de mancha en carcasa de horno rotatorio

Se realiza medición de temperatura a través del método de matriz de pirometría haciendo énfasis en puntos con manchas, la temperatura de diseño indicada por el fabricante es de 90°C, la temperatura promedio de la carcasa sin problemas es de 112°C, se logra apreciar mayor temperatura en la zona de mancha con respecto al promedio de temperatura de la carcasa en condiciones normales con los resultados observados en la figura 4.

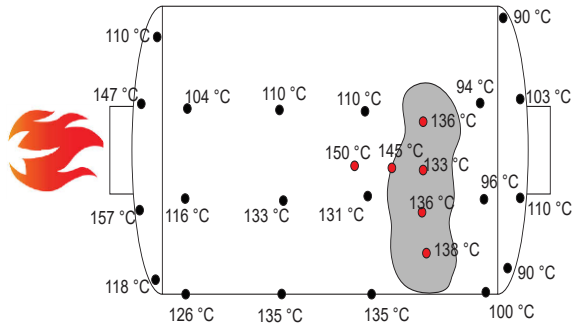


Figura 3. Identificación de zonas calientes en carcasa de horno

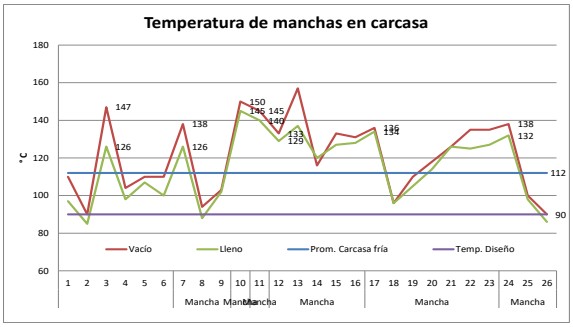


Figura 4. Temperatura obtenida en la carcasa metálica y en las manchas

La zona caliente de la carcasa tiene una superficie aproximada de 0.4 x 2 m y es indicativo de una falla del aislamiento térmico del horno como se aprecia en la figura 3, mismo que requiere atención antes de generar un posible incremento de la zona en falla que pueda dañar el metal de la carcasa y el refractario con una posible fuga de metal líquido durante el proceso de fundición. Se encontró que los puntos calientes están cerca de los barrenos realizados a la carcasa para el drenado de agua del refractario durante el sinterizado y la salida de vapor pudo haber erosionado el aislante generando así la falla.

Inspección segunda etapa a través del método de termografía y endoscopia

Tres semanas posterior al estudio con pirometría, se reporta un incremento en el deterioro del horno ahora con zonas rojas por la temperatura, deterioro del refractario y pequeñas fugas de plomo, es necesario emplear herramientas de análisis específico para determinar el alcance y posible origen del daño a través de una segunda inspección al horno rotatorio con el mayor detalle posible incluyendo ahora datos de proceso y de revestimiento refractario.

Inicio de ciclo de fundición

Se realiza análisis durante ciclo de fundición, se encuentra el horno cargado y recién iniciado el calentamiento para fundición (30 minutos desde el arranque), se encuentran temperaturas en la cara fría del espejo mostrado en la figura 5 de 160°C promedio (aproximadamente 50°C más que la vez previa).

 ISSN 2007-8102



Figura 5. Espejo de horno rotatorio

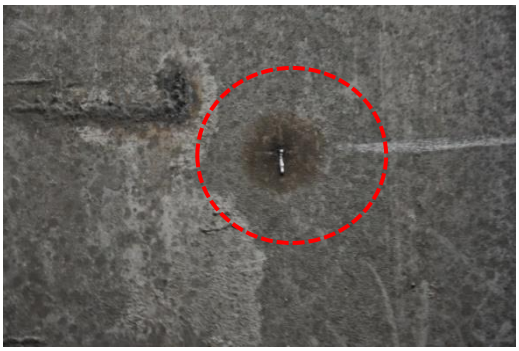


Figura 6. Identificación de plomo reblandecido saliendo por barrenos de secado realizados durante el calentamiento

Una hora después del inicio del ciclo, en la figura 6 se observa reblandecimiento del plomo solidificado en los agujeros por donde se ha tenido fuga previa pero aún sin fluir líquido; posteriormente, 1.5 horas después de iniciar el calentamiento, se detiene momentáneamente la rotación para tomar temperaturas al interior con pirómetro como se aprecia en la figura 7 y comparar con el exterior obteniendo los valores indicados en la gráfica de la figura 8, a este punto se aprecian enrojecimientos en la carcasa del horno como se muestra en la figura 9.



Figura 7. Toma de temperaturas con pirómetro

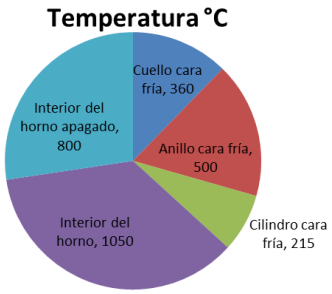


Figura 8. Temperaturas adquiridas



Figura 9. Enrojecimiento en carcasa

Datos del proceso

Se carga Plomo de baterías industriales las cuales llevan algunos contaminantes sólidos como plástico, cargas de 11Ton secas sin ningún tipo de líquidos como se observa en la figura 10.



Figura 10. Materia prima: plomo de baterías industriales

General Properties		
Setting	Air	
Material Needed for Placement	2980 kg/m³	186 lb/ft³
Recommended Service Limit	1650°C	3000°F
Storage Life	12 months	

Chemical Analysis (Calcined Basis)		
	Typical	Range
Al_2O_3	73.6	71.5 – 75.0
SiC	17.4	16.5 – 19.5
SiO_2	6.7	4.5 – 8.7
Fe_2O_3	0.3	0.2 – 0.5
TiO_2	2.0	1.5 – 2.5
CaO	0.1	<0.5

Figura 11. Composición química del refractario instalado

 ISSN 2007-8102

Se utilizó un concreto refractario con la composición química indicada en la ficha técnica correspondiente mostrada en la figura 11, la instalación fue realizada a través del método de shotcrete y los datos del proceso de fundición se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Datos de proceso identificados en la fundición de plomo en el horno rotatorio

Combustión: oxy-gas	Tiempo de ciclo: 3-4 hrs/ciclo
Relación de combustión: 2:1	Ciclos por día: 4 ciclos
Temperatura nominal: 1,200°C	Carbonato de Sodio: 10%
Temperatura máxima: 1,300°C	Adición de Coke: 1%

Diseño de revestimiento aislante-refractario

Se realiza una instalación con un arreglo de revestimiento como el indicado en la figura 12 en donde se tienen 8” de espesor de concreto refractario y 2” de aislamiento con un arreglo de anclaje metálico de acero inoxidable como el descrito en la figura 13.

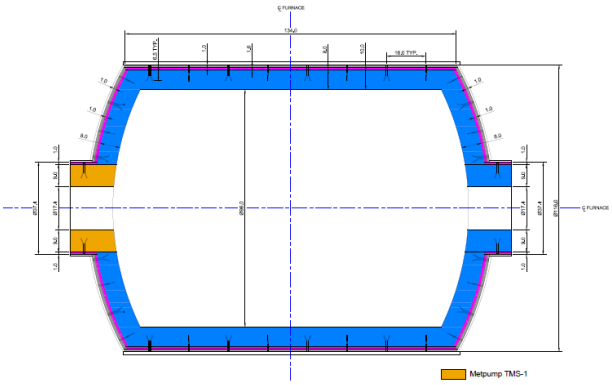


Figura 12. Arreglo de revestimiento aislante-refractario en el horno rotatorio

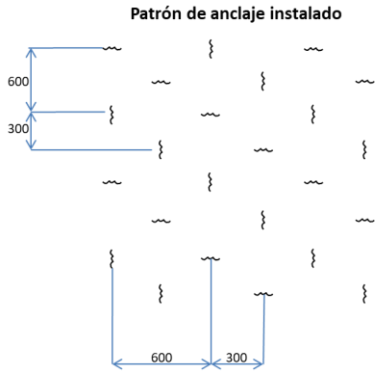


Figura 13. Arreglo de patrón de anclaje metálico de inoxidable

El aislante consiste en tabla cerámica tipo HS con 8 lbft3 y una instalación semi-monolítica por bloques longitudinales en el cilindro como se puede apreciar en la figura 14.

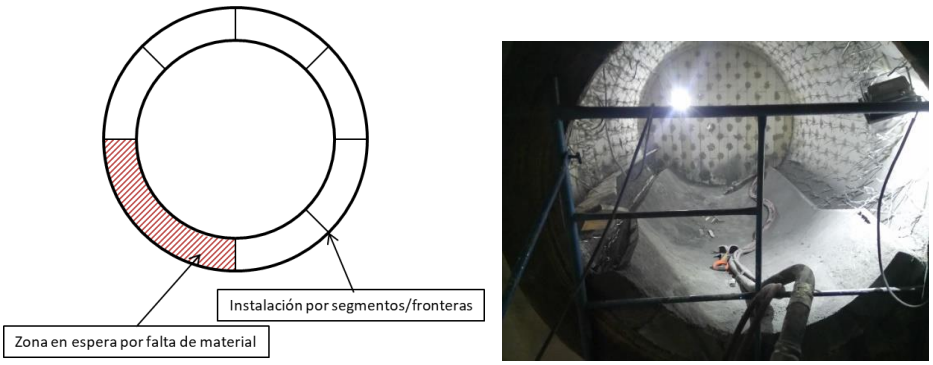


Figura 14. Arreglo de instalación semi-monolítica del horno rotatorio

Estudio termográfico

Durante la etapa de fundición se pudo apreciar el proceso de escoriado (figura 15) en donde la escoria sale a una temperatura de 860°C, esta etapa se tiene luego de 3 horas de iniciado el proceso, se encuentra enrojecimiento crítico en la chapa metálica como se muestra en la figura 16.

 ISSN 2007-8102



Figura 15. Etapa de escoriado

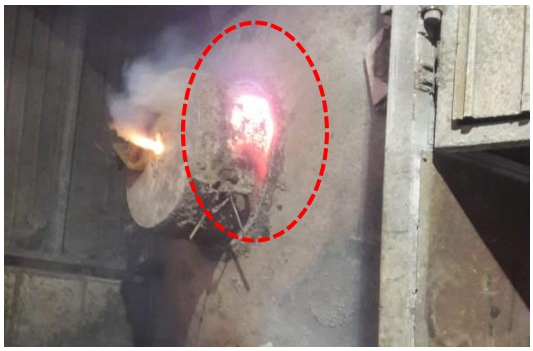


Figura 16. Enrojecimiento crítico de carcasa

Al término del escoriado se aprecia fuga de metal líquido por uno de los barrenos de secado (figura 17), en este barreno no se había tenido fuga anteriormente pero la termografía mostró sobre-calentamiento de la zona y conexión con otras áreas con barrenos con fuga, se comprende la existencia de huecos de rata que deterioraron el aislante por contacto con el plomo (figura 18).



Figura 17. Fuga de plomo líquido incandescente

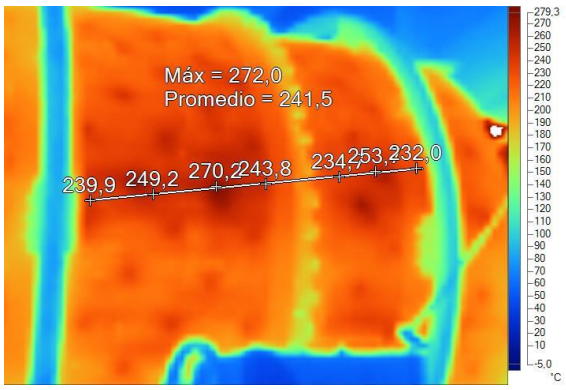


Figura 18. Trayectoria de hueco de rata

La figura 19 nos deja ver las zonas con mayor daño del aislamiento en donde nos damos una idea del alcance de la reparación necesario debido a que existe plomo mezclado con el aislante.

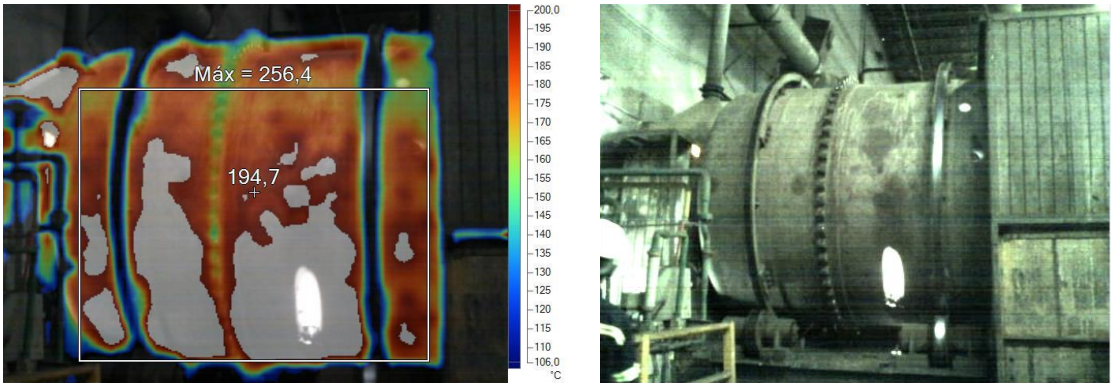


Figura 19. Imagen termográfica vs imagen óptica del horno rotatorio

La endoscopia mostró apertura en las juntas (figura 20) de los bloques del horno por donde se pudo fugar el líquido generando huecos de rata y deteriorando el aislante así como el refractario como se puede apreciar en la figura 21.

 ISSN 2007-8102

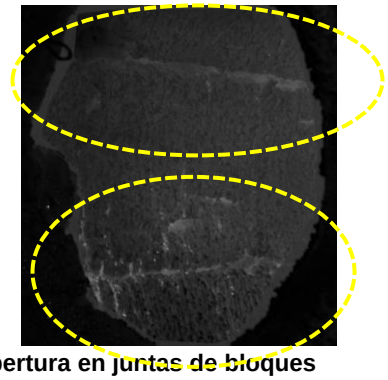


Figura 20. Apertura en juntas de bloques

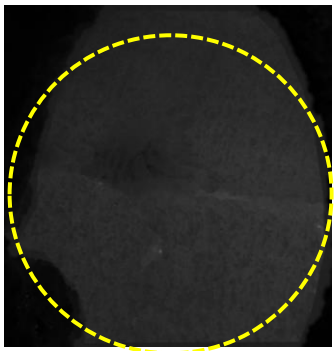


Figura 21. Inicio de hueco de rata y origen de fuga de metal líquido

Una semana después del estudio termográfico, 6 semanas después de iniciar a operar el horno con refractario nuevo, fue necesario detener la producción y apagar el horno para evitar un mayor deterioro de la carcasa metálica ya que se tenía enrojecimiento de mayores zonas, se confirmó en frío todas los resultados de los estudios previos y fue necesario demoler totalmente el revestimiento para colocar refractario nuevo, se empleó el utilizado previamente con ladrillos de cromo-magnesita catalogados como cancerígenos, la figura 22 confirma los análisis realizados.



Figura 22. Horno apagado: Confirmación de daño en refractarios como origen de fuga

Resultados y discusión

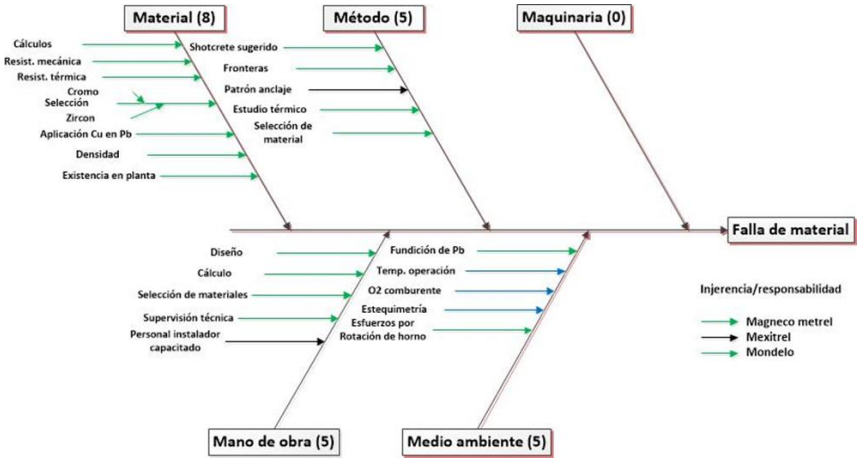
- Los barrenos aplicados para el secado del horno son una posible fuente del deterioro de la instalación, se requiere mayor información sobre el método y especificaciones para su realización, se tienen posibles huecos de rata por la evaporación del agua.
  Los barrenos si bien pueden no haber sido el origen del daño, seguro son una fuente del incremento del daño del aislamiento al permitir flujo de plomo detrás del refractario facilitando el crecimiento de los huecos de rata.
- Al tener huecos de rata el plomo encontró un camino fácil y se tuvo presencia de fuga.
  Confirmado con la termografía y la aparición de nuevas fugas con material incandescente.
- Al tener fuga, el plomo en contacto con el aislante está deteriorando a éste y generando nuevos huecos de rata con mayor alcance en el deterioro, se logra observar por la línea de temperatura en la mancha mayor.
  Confirmado con estudio termográfico.
- Al tener desgaste del aislamiento en otras zonas, el plomo encuentra menor resistencia y fluye por ahí logrando el cliente observar otros barrenos por los que ha tenido fuga.
  Confirmado con termografía, durante la segunda inspección se tuvo nueva fuga por barrenos que no habían presentado chorreo de metal líquido.
- El cese de fuga de plomo en los barrenos previos se da principalmente por el hecho de que al tener menor resistencia éste fluye por otros caminos y temporalmente solidifica en el

 ISSN 2007-8102

punto de fuga inicial, éste efecto es preocupante pues es indicativo de que se está incrementando el desgaste internamente.
Confirmado con termografía, se tiene un deterioro del aislante en un aproximado de 75%

Trabajo a futuro

Durante el análisis de la falla, se realizó un estudio de causa-efecto el cual muestra distintas fallas durante el proceso de diseño e instalación del revestimiento refractario en base al proceso específico de producción, es necesario trabajar en un plan de acción que conduzca a la corrección de las desviaciones y/o deficiencias para obtener mejores resultados.



Conclusiones

Los resultados prueban el éxito de la tecnología aplicada para determinar las causas que generaron el problema en el proceso productivo con suficiente precisión para poder realizar incluso predicciones de las condiciones a corregir antes de tener mayores daños.

En el caso de estudio, la combinación de las propiedades físico-químicas encontradas en el proceso y los materiales demostraron que se tuvieron fallas en el diseño durante la selección del concreto refractario así como también durante la instalación del mismo ocasionando un colapso generalizado que en este caso llevó a la pérdida del horno y la producción con el respectivo alto costo que ello implica.

Referencias

1. Decrette, P. (2010). CESYCO. Recuperado el 23 de Julio de 2019 de Kinoptik endoscopy: http://www.cesyco-endoscopes.com
2. Harbinson-Walker Refractories Company (2005). Handbook of Refractory Practice,
3. López, M. (2018). Seminario de Termografía Básica. México: Fluke, Servicio de Medición + Control
4. Melgosa, S. (2011). Guía de la termografía infrarroja: Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética. Madrid: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
5. Metpump HP4 Cu. (2019). Magneco-Metrel. Recuperado el 17 de Julio de 2019 de Magneco Metrel Inc: http://www.magneco-metrel.com

Análisis exergético de un GTCC en configuración 3-1 en condición operativa y de diseño

R. Herrera-Toledo[1], G. Sánchez-Liévano[2*], R. Sánchez-Dirzo[3]*
[1,3]Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, Batalla 5 de mayo s/n, CDMX, 09230, México
[2]Facultad de Ingeniería, UNAM, Edificio Bernardo Quintana Piso 1, 04510 Cd. Universitaria, CDMX, México.
**rherrera.toledo@comunidad.unam.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Este estudio compara el rendimiento de tres turbinas de gas con el análisis exergético para determinar la irreversibilidad, pertenecientes a un ciclo combinado en configuración 3-1. Se determina el rendimiento exergético de cada ciclo Brayton con un modelo termodinámico propio. Se considera en cada uno de ellos un excedente de producción eléctrica por el funcionamiento de un sistema de nebulización, el modelo considera, aire húmedo y exergías de mezcla. Las condiciones de sitio clima, altitud, modelo y potencia a condición de diseño son las mismas para cada turbina de gas analizada, así como el consumo de combustible. La evaluación del sistema incluye la comparativa de análisis de irreversibilidad entre los componentes del sistema se destaca la disminución de eficiencia exergética de 52.27% en la condición de diseño a 49.9%, en la condición operativa.

***Palabras clave**: Análisis de exergía, Costo exergético, Ciclo combinado.*

Abstract

This work compares the efficiency of three gas turbines with the irreversibility's propagation methodology on a 3-1 configuration of combined cycle. The exergy efficiency of each Brayton cycle is determined with an own thermodynamic model. A surplus of electrical production due to the operation of nebulization system is considered on each gas turbine. The model takes on account humid air and exergies of mixtures. The climate, altitude, model and power at design condition are the same for each gas turbine analyzed, as well as the fuel consume. The system evaluation includes the irreversibility analysis comparative between the system components and the malfunction and dysfunction contribution. It's highlighting the exergy efficiency decrease since 52.3% on design condition to 49.9% on operative condition.

***Key words**: Exergetic analysis, Exergetic Efficiency, Combined cycle.*

Nomenclatura

CC	Cámara de combustión
EG	Generador eléctrico
FOG	Sistema Nebulizador
GC	Compresor de gas
GT	Turbina de gas
HHP	Bomba de alta presión
PCI	Poder Calorífico Inferior (kJ/kg)
SC	Ciclo de vapor
SS	Chimenea de concreto
TGG	Turbogenerador de gas
B	Exergía total, (kW)
h, b,	Entalpía, exergía, (especificas) (kJ/kmol),
s	Entropía, (kJ/kmol-K)
I, Bd	Irreversibilidad o exergía destruida (kW)
P_{amb}	Presión Ambiente (kPa)
T	Temperatura (K)
y	Fracción molar
α, β	Fracción atómica de C y H en un combustible gaseoso

Δ Incremento
η Eficiencia
ϕ Humedad relativa
Subíndices
0 Estado termodinámico de referencia
amb Ambiente
bh, bs Bulbo húmedo y seco
fg, g Vaporización y Saturación
T Total del sistema

Introducción

La extensa aplicación de los turbogeneradores de gas como fuente confiable de potencia mecánica para la generación eléctrica tuvo como base el desarrollo del ciclo Brayton; el aprovechamiento térmico del calor rechazado por las turbinas de gas dio origen a la utilización de ciclos combinados y sistemas de cogeneración utilizando calor y energía (CHP) mejorando la eficiencia global. Con este fin se han realizado diversos estudios a los ciclos térmicos y sus tecnologías con un enfoque de máximo aprovechamiento de los energéticos utilizados y menor impacto ambiental; son precisamente estos aspectos unos de los principales objetivos de los análisis exergéticos. La mayoría de las investigaciones tienen como objetivo incrementar el rendimiento del ciclo mediante la recuperación de energía en la turbina de gas, mientras que otros investigadores evaluaron el impacto de la generación de vapor en sistemas CHP mediante recuperadores de calor proveniente de los gases de escape de la turbina. De acuerdo con Khan (2017) varios investigadores han evaluado el rendimiento de los ciclos combinados a través de la simulación, en función de la relación de presión del ciclo superior y la presión de expansión del ciclo inferior, asimismo han evaluado la parte exergética en donde se concluyó que la chimenea de gases de escape era un sitio importante de destrucción de exergía.
En los ciclos combinados se utiliza una nomenclatura que permite identificar la configuración de una central que indica la cantidad de turbinas de gas y generadores de vapor por recuperación de calor (HRSG) utilizados y que son asociados a una turbina de vapor. De esta manera, una configuración 1-1 utilizará una turbina de gas por una turbina de vapor, que puede o no considerar la compresión húmeda con el uso de sistemas de nebulización tal como lo presentan Herrera y Sánchez [2018] o estudios en configuraciones 2-1 (Dos turbinas de gas por una de vapor) tal como lo realizaron Herrera y Méndez [2018] que no solamente han realizado análisis exergético sino de propagación de irreversibilidad. Así la presente propuesta muestra un análisis 3-1 (tres turbinas de gas por una de vapor). Adicionalmente, los HRSG actuales cuentan con diversos módulos de transferencia de calor para diferentes etapas de precalentamiento de agua, recalentamiento y sobrecalentamiento de vapor.
En cuanto al análisis exergético, existen diversos artículos donde se presentan las ventajas de su realización en los ciclos de generación, tal y como lo presenta Torres [1998] y Valero [2002], en contraste con los análisis de primera ley donde no se hace distinción entre los conceptos de proceso reversible e irreversibilidad. La irreversibilidad, también llamada destrucción de exergía, es una forma de ver cuánto se está degradando la calidad de la energía en los ciclos de potencia. Esta degradación se traduce normalmente en un mayor consumo de combustible cuando comparamos las condiciones de operación contra las condiciones de diseño del sistema analizado considerando la misma producción de energía eléctrica. Por otro lado, cualquier proceso energético va perdiendo eficiencia al paso del tiempo de forma natural, por lo que es importante medir las desviaciones de ambos comportamientos (irreversibilidad y pérdida de eficiencia) y el análisis exergético se presenta como una opción para realizar este objetivo.
En este documento se presenta el estudio de una configuración 3-1 mediante el análisis termodinámico de balances de exergía con resultados para cada uno de los equipos que lo integran, bajo condiciones de operación comparadas con las condiciones de diseño. Cabe señalar que en los términos más simples la exergía se define como la capacidad para realizar un trabajo útil que tiene un flujo de energía (calor, trabajo o materia), considerando un estado ambiente de referencia (EAR).

 ISSN 2007-8102

Metodología

Sistema térmico analizado

La configuración objeto de estudio es un ciclo combinado que consta de tres turbinas de gas marca ALSTOM modelo GT11N2, con potencia nominal a nivel del mar en condiciones ISO de 116.5 MW; por una turbina de vapor BROWN BOVERI con 300 MW de capacidad nominal. El análisis comparativo se realiza principalmente en las turbinas de gas por lo cual el ciclo de vapor (SC) se considera a su máximo nivel de agregación, el esquema podemos verlo en la Figura 1.

El análisis termodinámico del ciclo de Brayton es modelado como aire húmedo y gases de combustión, adicional a contar con un sistema de nebulización (FOG) para mejorar la compresión del aire. Por lo tanto, el proceso de expansión se realiza con un mayor flujo másico de gases de combustión que el proceso de compresión con el aire húmedo de entrada. En la Tabla 1 se pueden observar las condiciones de las turbinas tales como temperaturas y eficiencias como los parámetros más relevantes a considerar.

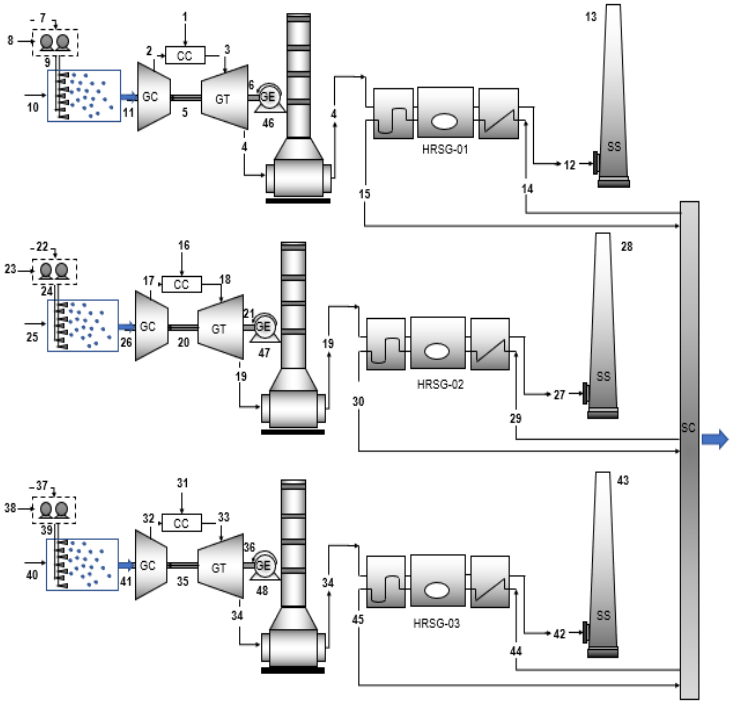


Figura. 1. Ciclo combinado configuración 3-1 con FOG´s

Consideraciones del modelo

El modelo considera aire húmedo desde las condiciones de sitio, hasta $\phi \approx 100\%$, adicionalmente se determinó la cantidad de agua que llevan los gases de combustión a la entrada de la GT, ya que se produce agua de la reacción química en la CC y que es representativa en el cálculo de las propiedades de entalpía entropía y exergía de los gases por lo tanto incide directamente en la potencia mecánica de la GT.
Se ha considerado el análisis Orsat, de los gases de salida de la SS considerando O_2, N_2, CO_2 H_2O, Ar, la eficiencia del GC se ha asumido constante, y se han considerado los calores específicos variables con temperatura, por otra parte, las eficiencias han sido estimadas de acuerdo con la potencia y parámetros tomados del levantamiento a la planta en cuestión.

 ISSN 2007-8102

Condiciones del GTCC 3-1

El modelo de las turbinas de gas se desarrolló en dos condiciones, la primera de diseño, ajustando los parámetros del prontuario a las condiciones de sitio donde se encuentra ubicada la planta y la segunda a la condición operativa de acuerdo con el levantamiento realizado en la instalación. Ambas condiciones toman el mismo estado de referencia, un esquema del sistema se observa en la Figura 1.

Tabla 1 – Condiciones de operativas en sitio CC-3-1. Datos de la central

Variables	Rango de valores
Relación de presiones (r_p)	15.5 : 1
Temperatura de entrada a la GT	1416 K
Temperatura del aire a la entrada del GC	286 K
Temperatura ambiente	292.5 K
Humedad relativa (aire ambiente)	48 %
Suposiciones	
Eficiencia isoentrópica aparente GT	95%.
Eficiencia isoentrópica aparente GC	92%
Eficacia (fogging)	95%
Presión de nebulización (HHP)	20 bar
Flujo másico (aire por cada TGG)	293 kg/s
Entalpía de los gases (salida de la GT)	532.6 kJ/kg
Temperatura de los gases en la chimenea	432.05 K
Temperatura del vapor (salida del HRSG)	788.15 K
Presión del vapor (salida del HRSG)	173 bar
Flujo másico (vapor a ciclo Rankine)	92.06 kg/s
Poder calorífico del combustible (mínimo)	45,997 kJ/kg
Generación eléctrica neta (3 – TGG)	242,855 kW

Con el modelo realizado validado con Thermoflex a través de los balances de energía, fue posible inicialmente determinar la T, P, h, s para cada estado termodinámico del ciclo Brayton (según sea el caso) entropía y exergía de los gases por lo tanto incide directamente en la potencia mecánica de la GT. Esto es de suma importancia para el cálculo de las exergías (ya que Thermoflex no incluye su cálculo). Se ajustó la potencia requerida utilizando los flujos de entrada de aire húmedo utilizando el punto isoentrópica y con la η_{GC} posteriormente, se determinó los valores de la entropía y exergía real, se realizó el mismo procedimiento para la GT, considerando el incremento de flujo másico por el combustible así como el cambio en las fracciones de mezcla de los gases por el incremento de la cantidad de agua que llevan los gases de combustión por la reacción química en la CC y que es representativa en el cálculo de las propiedades de entalpía entropía y desde luego exergía.

Propiedades termodinámicas del CCGT 3-1

La determinación de las propiedades del aire a la entrada y salida del FOG parten del análisis de la mezcla de los gases O_2, N_2, Ar y vapor de H_2O a la presión parcial correspondiente para la determinación de los balances de masa, energía y exergía, así como para la determinación de entalpía en los estados termodinámicos. Se determinan las propiedades requeridas de acuerdo con las siguientes expresiones:

Entalpía específica (h) [kJ/kmol]:

 ISSN 2007-8102

$$h - h_0 = \sum_{i=1}^{n} y_i \int_{T_0}^{T} Cp(T)dT + y_{H_2O}\left(\int_{T_0}^{Tg} C(T)dT + h_{fg} + \int_{T_g}^{T} Cp(T)dT \right) \quad (1)$$

Entropía específica (*s*) [kJ/kmol K]:

$$s - s_0 = \sum_{i=1}^{n} y_i \int_{T_0}^{T} \frac{Cp(T)}{T} dT + y_{H_2O}\left(\int_{T_0}^{Tg} \frac{C(T)}{T} dT + s_{fg} + \int_{T_g}^{T} \frac{Cp(T)}{T} dT \right) \quad (2)$$

Humedad relativa (ϕ) [%]:

$$\phi = 100 \frac{y_{H_2O}}{y_{H_2O\,g}} \quad (3)$$

Exergía física específica (*b*) [kJ/kmol]:

$$b - b_0 = (h - h_0) - T_0 (s - s_0) \quad (4)$$

Balances de exergía

De acuerdo con el teorema de Gouy-Stodola la irreversibilidad generada en un proceso, está relacionada con la entropía generada a una temperatura en un estado ambiente de referencia (EAR) [6]. La teoría termoeconómica se auxilia del concepto de exergía para resumir los conceptos relacionados con la segunda ley de la termodinámica ya que la irreversibilidad en un proceso es una medida de la disminución en la calidad de la energía de un flujo energético.
En un balance de exergía, la exergía entrante a un sistema que realice un proceso siempre será mayor que la saliente y la diferencia será igual a la irreversibilidad (*I*); conocida como destrucción de exergía ($\dot{B}d$), es decir en un proceso real siempre existirá una degradación en la calidad de la energía. Esto puede expresarse para un sistema abierto sin acumulación con el máximo nivel de agregación como:

$$\dot{B}_{entrante} - \dot{B}_{saliente} = \dot{I} = \dot{B}d > 0 \quad (5)$$

Resultados y discusión

Cálculo de exergías

Para el cálculo de las exergías de cada flujo de materia se debe tener en consideración el estado ambiente de referencia, y que prácticamente todos los flujos son mezclas de gases a excepción del agua que pasa por la BAP, el aire húmedo es una mezcla de composición volumétrica compuesta de 20.954% O_2, 78.112% N_2, 0.934% Ar, y 1.43% H_2O correspondiente a una humedad relativa de 35% a una presión atmosférica de 78.32 kPa.
Los gases de combustión tienen una composición volumétrica de 3.23% CO2, 13.64% O_2, 74.11% N_2, 8.13% H_2O, 0.89% Ar, con las correspondientes entalpías y entropías de mezcla utilizando expresiones como la ec (2) y ec (3). Tanto el aire húmedo como los gases de combustión contienen vapor de agua, este cálculo de propiedades no es trivial. Inicialmente se debe trabajar con la base de cálculo molar por la composición volumétrica y la reacción química y finalmente llevarlo a base másica para calcular las propiedades totales al utilizar flujos másicos. Para este caso, se determina con la ecuación empírica propuesta por Moran, para combustible gaseoso, como puede observarse a continuación:

$$\frac{b}{PCI} = \left(1.033 + 0.0169\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)\right) - \left(\frac{0.0698}{\alpha}\right)\% \quad (6)$$

 ISSN 2007-8102

Se considera que el combustible no tiene exergía física y que la exergía química de combustible se calcula tomando como base gas natural con un Poder Calorífico Inferior (PCI) de 46,285.57 kJ/kg.Donde α y β son las fracciones atómicas de Carbono e Hidrógeno que exige la fórmula de acuerdo con la composición química del combustible. El resultado muestra una exergía química de 46,660.45 kJ/kg. Con los balances de energía se calculan las potencias mecánicas y eléctricas para los equipos BAP, CG, TG, GE.

Valores de exergías

El resultado de las exergías de flujo del sistema se observa en la figura 2 en donde se distingue un patrón, para cada uno de los ciclos Brayton, se incluyen en el diagrama solo aquellas exergías que tienen valores cercanos a 50,000 kW y superiores. Alrededor de los 250,000 kW vemos los valores de los flujos 1, 16 y 31 que corresponden a las exergías del recurso combustible de cada uno de los ciclos Brayton, con respecto a la comparativa de la condición operativa vs la condición de diseño, vemos un comportamiento interesante en el primero y segundo sistema, ya que el valor de la exergía en la condición operativa es más grande que en la condición de diseño, esto representa un menor consumo de combustible de la condición operativa, situación que normalmente no se presenta, ya que el combustible se utiliza para cubrir el incremento de la irreversibilidad por la degradación natural de los ciclos de potencia al funcionar. La disminución de combustible para el primero y segundo sistema representa 4,609 kW y 14, 501 kW, respectivamente. Siendo considerable la disminución del segundo caso ya que representa el 5.50% con respecto a la exergía de combustible en la condición de diseño.

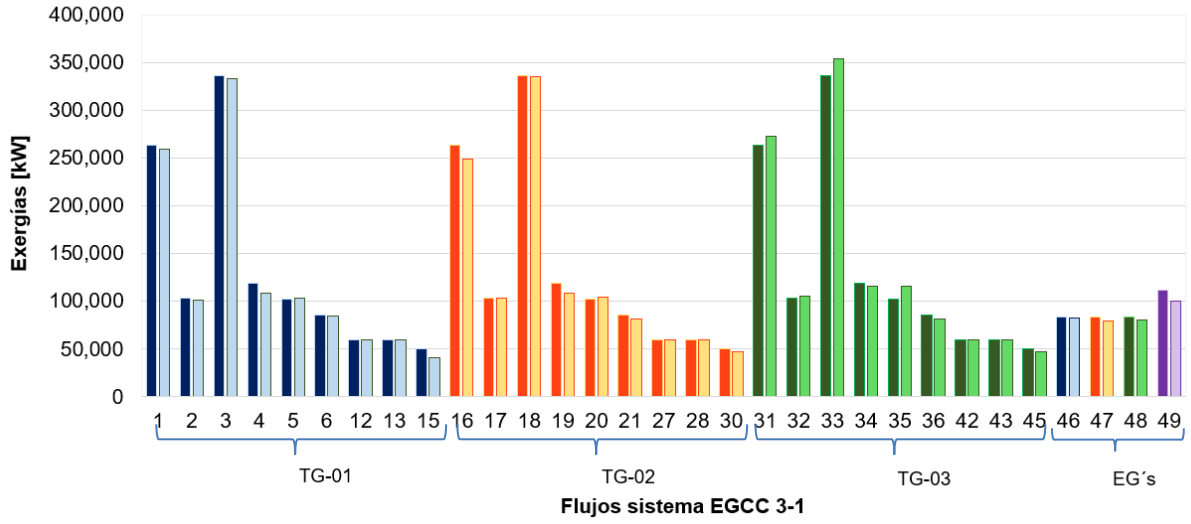


Figura 2. Exergías de flujo correspondientes a cada ciclo Brayton Condiciones de diseño barras color obscuro y condición operativa barras color claro. Flujos de 46-49 Potencias eléctricas de CCGT

En el caso de la exergía de combustible para el tercer sistema presenta un comportamiento convencional encontrado en estudios previos, en donde el consumo de combustible (y por lo tanto su exergía) en la condición operativa es mayor que en la condición de diseño, esto representa un incremento de exergía de combustible de 8,700 kW, y en términos porcentuales de 3.29% con respecto a la condición de diseño.

Los valores de exergía más altos corresponden a los flujos 3, 18 y 33, que corresponde al flujo de gases de combustión con alta temperatura y presión que ingresaal proceso de expansión de cada TG, sin embargo el tener más recurso exergético en la entrada de las TG´s no garantiza que la producción de potencia mecánica sea mayor, esto lo podemos ver en la corriente 33 con un mayor recurso en la condición operativa que la de diseño pero al comparar con la corriente 36 y 48 vemos que la producción mecánica y eléctrica respectivamente es mayor en la condición de diseño que la operativa a pesar de tener más capacidad para realizar trabajo útil. Esto puede complementarse con la cuantificación de la irreversibilidad local a través de la exergía destruida.

 ISSN 2007-8102

Destrucción de exergía y comparativa del sistema CCGT 3-1

Es bien sabido que todos los equipos de un ciclo de potencia son irreversibles, desde la condición de diseño del sistema, el desarrollo de los balances de exergía de cada componente en cada una de sus condiciones nos permite comparar el incremento o disminución de la capacidad de realizar trabajo, este sistema es tan complejo en su estructura que se presentan precisamente las dos situaciones como podemos ver en la figura 4 donde se muestran los valores y la comparativa clasificando la destrucción de acuerdo a si esta es alta media o baja además que por el orden de magnitud la comparativa puede realizarse directamente entre equipos iguales de cada ciclo de gas.

La comparativa muestra que de todos los componentes del sistema el GC-03, es el equipo que presenta la mayor diferencia entre condición operativa y diseño siendo un valor de 10, 725 kW de incremento de irreversibilidad, esto representa un 9.3% de destrucción del trabajo destinado al proceso de compresión. A pesar de tener valore de exergía bajos el FOG-03 presenta una destrucción en un orden de magnitud de 233 kW muy diferente a los otros dos nebulizadores donde la diferencia de destrucción es de solo 1 kW.

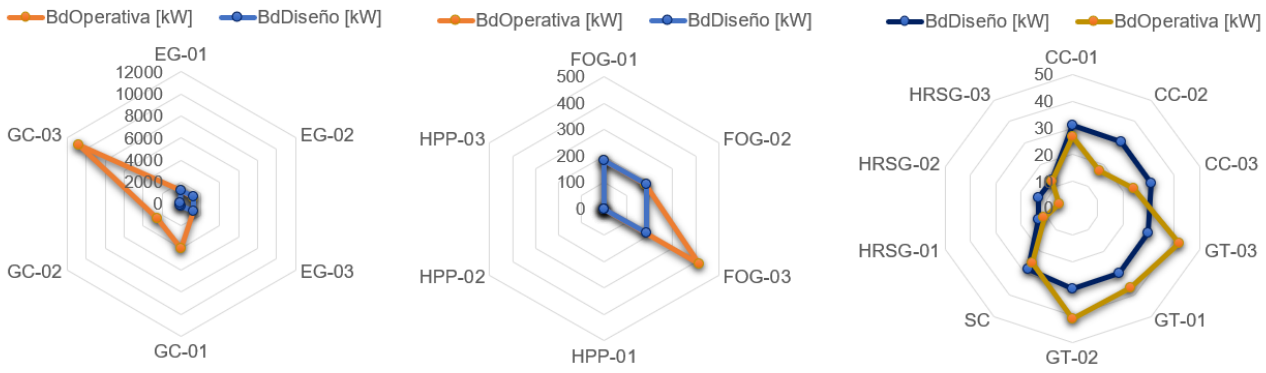


Figura 4. Comparativa de destrucción de exergía de la condición de diseño vs la condición operativa jerarquizada en orden decreciente de izquierda a derecha

.

En un análisis de exergía convencional se determinaría que la cámara de combustión es el equipo más destructor lo importante no es determinar la irreversibilidad local de cada CC sino su comparativa en la condición de diseño vs la condición operativa, donde el panorama es diferente, ya que se presenta un decremento de irreversibilidad, no siendo considerable para este caso la disminución de alrededor de 10 kW cuestión que presenta como un equilibrio entre el incremento de combustible por la disminución de temperatura por un mejor funcionamiento compresor por la operación del FOG y por otro lado la disminución de combustible que físicamente se está suministrando al sistema en la condición operativa. Caso contrario en las GT´s donde vemos un incremento de destrucción de exergía en donde vemos un orden de magnitud de 10 kW.

La eficiencia exergética de los ciclos presenta un valor de 52.27% en la condición de diseño a 49.9%, en la condición operativa no considerando los servicios auxiliares de la planta sino únicamente la exergía química de combustible como recurso y como producto la exergía de potencia eléctrica de los cuatro generadores eléctricos que integran esta instalación.

Trabajo a futuro

El análisis exergético es la base para el análisis exergoeconómico, donde se obtienen los costos exergéticos, a través de las proposiciones de costo que la misma teoría dicta, se menciona que lo importante no solo es la cantidad de exergía contenida en el producto obtenido, o la destrucción de exergía de forma local que tienen un equipo, lo principal es la cantidad de exergía que ha sido invertida para para producir un flujo exergético.

Posteriormente a los cálculos de costo exergoeconómicos que nos permiten evaluar el rendimiento exegético de cada equipo, posteriormente se trabajara en esta configuración para realizar el análisis de malfunciones y disfunciones de esta configuración para determinar la propagación de irreversibilidad, así como los costos termoeconómicos asociados al sistema.

Conclusiones

De lo antes descrito se puede concluir que es necesario hacer uso de tecnologías que permitan operar el Ciclo Joule-Brayton bajo condiciones cercanas a las de diseño, para evitar el efecto negativo sobre el rendimiento termodinámico del equipo cuando las condiciones de sitio difieren considerablemente de las condiciones operativas nominales, en este caso se debe trabajar específicamente en la mejora del sistema tres ya que el compresor de gas y el nebulizador de este sistema presentan un incremento de irreversibilidad considerable con respecto a sus valores de diseño, esto representa un consumo de combustible superior a 10 MW de potencia.

Adicionalmente el trabajar sistemas con una configuración de varias sistemas de gas por uno de vapor hace que la producción de este último dependa de el buen funcionamiento de los ciclos de gas al no ser posible ingresar físicamente todo el recursos exergético de combustible disminuye la cantidad de exergía que puede generar la producción de vapor, este tipo de situaciones aunado al mal funcionamiento de los componentes del ciclo de gas no solo afecta la producción de potencia eléctrica de ese ciclo de gas sino además disminuye ligeramente la producción de generación eléctrica en el ciclo de vapor, disminuyendo la eficiencia del sistema de manera global.

Agradecimientos

Artículo realizado gracias al Programa UNAM-PAPIIT TA101018,

This work was supported by UNAM-PAPIIT TA101018.

Referencias

1. Khan M. N. et all. (2017). Thermodynamic Optimization of New Combined Gas/Steam Power Cycles with HRSG and Heat Exchanger. *Arabian Journal for Science and Engineering*, **(42)**, 4547–4558.
2. Wahab A., Ibrahim T. (2016) *The Effects of the Temperatures on the Performance of the Gas Turbine. In: The Latest Methods of Construction Design*. Springer
3. R. Herrera; F. Méndez. (2018). An advanced exergy analysis based on the dysfunction and malfunction methodology for a combined cycle power plant: a Mexican case study. *International Journal of Exergy (IJEX)*, **(27)**, 105-120.
4. R. Herrera-Toledo; A. Sánchez y G. Sánchez. (2018). Análisis de irreversibilidad de un ciclo de gas con compresión húmeda. *Memorias del XXIV Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, **(TF)**, 70-78.
5. Thermoflex V.28.0 Thermoflow Inc.
6. Mousafarash A., Ahmadi P. (2013). Exergy and Exergo-Economic Based Analysis of a Gas Turbine Power Generation System. *Journal of Power Technologies*, **(93)**, 44-51.
7. Thamir K. Ibrahim; (2018). A comprehensive review on the exergy analysis of combined cycle power plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **(90)**, July, Pages 835-850.
8. S.C. Kaushik; (2011). Energy and exergy analyses of thermal power plants: A review; *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **(15)** 1857–1872.
9. Torres, A. Valero et all (2002). Structural theory and thermoeconomic diagnosis: Part I. On malfunction and dysfunction analysis. *Energy Conversion and Management*; **(43)**: 1503–18.
10. C. Torres (1998). *Termoeconomía: Curso de Doctorado*, Zaragoza, Spain: *Department of Mechanical Engineering*, University of Zaragoza

Análisis experimental del sistema generador de vapor para una turbina no convencional

J. I. Rojano Merchant, L. G. Cortés Rodríguez, J. Bedolla Hernández, M. Bedolla Hernández
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Apizaco, Av. Tecnológico S/N, cp. 90300, Apizaco, Tlaxcala, México
ignacio.rojano.merchant@hotmail.es
Área de participación: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.

Resumen

Este trabajo se enfoca en obtener las características de operación necesarias de un generador de vapor basado en la combustión de biomasa sólida para alcanzar la presión necesaria de 80 psi, además de los parámetros principales para la operación de una turbina no convencional enfocada en la microgeneración, se realizaron pruebas de combustión en las que el volumen de agua inicial en la caldera fue diferente en cada prueba. La caldera tiene una capacidad de 18 litros de agua, por lo cual para lograr reducir el tiempo en que se alcanza la presión de 80 psi se realizaron pruebas de combustión con 6, 8, 9 y 12 litros de agua y poder determinar el volumen de agua adecuado para alcanzar los 80 psi en el menor tiempo posible, posteriormente se midió el flujo másico y la presión alcanzada por la caldera, así como la velocidad angular de la turbina.

Palabras clave: generación de vapor, turbina tesla, microgeneración

Abstract

This work focuses on obtaining the necessary operating characteristics of a steam generator based on the combustion of solid biomass to achieve the necessary pressure of 80 psi, In addition the main parameters for the operation of an unconventional turbine focused on microgeneration, Combustion tests were performed in which the initial volume of water in the boiler was different in each test. The boiler has a capacity of 18 liters of water, The boiler has a capacity of 18 liters of water, so in order to reduce the time in which the pressure of 80 psi is reached, combustion tests were carried out with 6, 8, 9 and 12 liters of water and to determine the volume of adequate water to reach 80 psi in the shortest possible time, subsequently, the mass flow and pressure reached by the boiler were measured, as well as the angular speed of the turbine.

Key words: steam generation, tesla turbine, microgeneration

Introducción

En la actualidad la situación energética no es sólo un problema para México, es de orden global. El petróleo, el gas y el carbón ya no bastan para la creciente demanda mundial de energía [1], todas las sociedades necesitan de servicios energéticos para cubrir las necesidades humanas básicas, por ejemplo, de alumbrado, cocina, ambientación, movilidad y comunicación.

Actualmente existen varias tecnologías para la microgeneración de energía, las más comunes son aquellas basadas en combustibles fósiles: como los motores de combustión interna similares a los de los automóviles, motores de combustión externa tipo Stirling y las microturbinas a gas. [2] [3]. Por lo que la microgeneración de energía mediante recursos renovables es una alternativa a los sistemas mencionados anteriormente; como lo es una turbina suministrada por un sistema generador de vapor alimentado a base de biomasa sólida. Este sistema al ser suministrado por biomasa solida tiene poco impacto ambiental en comparación a un gas debido a la reducción de gases de efecto invernadero, principalmente el CO2.

 ISSN 2007-8102

La biomasa como fuente de energía se define como aquella obtenida de la materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma, puede producirse a través de su quema directa o de su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible. Generalmente la biomasa se utiliza para producir electricidad mediante plantas de cogeneración eléctrica que aprovechan los residuos energéticos de otros procesos industriales como la producción de celulosa. Esta biomasa forestal se emplea como combustible en calderas, las que, al producir vapor, son usadas en la generación de electricidad [4]. En 2016 Arroyo, J. y Reina, W. presentan un artículo que describe el potencial energético de la biomasa residual que proviene de la madera al ser utilizado en una caldera de vapor como combustible; con el fin de proporcionar una alternativa de energía limpia, proporcionando datos de referencia para utilizar la biomasa como una alternativa válida al uso de nuevas fuentes de energía renovables, como la biomasa residual. [5]

La turbina Tesla (turbina sin álabes), nombrada así por Nikola Tesla, científico que la patentó en 1913, está formada por un rotor, que consiste en una serie de discos con una separación por arandelas montados en un eje, una boquilla por la cual es inyectado un fluido, ya sea gas o líquido en el borde de los discos provocando su movimiento, causado por la transferencia de impulso entre los discos y el fluido debido a las propiedades de la viscosidad y adhesión. Los discos cuentan con un corte alrededor del centro para comunicarse con los orificios de escape formado en el costado de la carcasa, esto dando lugar a que el fluido entre radialmente y salga axialmente a través de los puertos mencionados anteriormente. Por lo tanto, la turbina tesla se describe como disco múltiple, fuerza cortante o turbomáquina de capa límite. Este tipo de turbina se caracteriza por la capacidad de poder funcionar con cualquier tipo de fluido, ya sea compresible como aire y vapor o incompresibles como el aceite, además de que es tolerante con las impurezas del fluido [6] [7]. Esto aunado a su bajo costo de fabricación y los bajos o casi nulos costos de mantenimiento la hacen una opción a considerar para la microgeneración.

En 2001 Nikhil Patel and Darren D. Schmidt [8] diseñaron una turbina sin álabes para demostrar la conversión directa de biomasa para la generación de energía distribuida a pequeña escala. Como combustible utilizaron aserrín derivado de la madera y avena natural para realizar un estudio del rendimiento y una evaluación de los efectos de deposición, erosión y corrosión (DEC) sobre los componentes funcionales de la turbina. Estas pruebas determinaron que los gases de combustión de la biomasa para la función de la turbina son viables, pero no se estudio la posibilidad de utilizarlos para alimentar un generador de vapor conectado a una turbina de Tesla, por lo que en el presente articulo analiza dicha posibilidad.

El presente artículo se estructura de la siguiente forma. Se presenta el sistema generador de vapor con sus principales características, de igual manera se presenta una breve descripción de la turbina y las principales propiedades. Para finalizar se presentan los resultados de las pruebas experimentales seguido de las conclusiones del estudio.

Prueba experimental

Para realizar las pruebas se coloca el combustible en la parrilla del hogar, se introduce el agua en la caldera, una vez que se realiza la combustión se debe esperar hasta que se alcance la presión de 80 psi, una vez alcanzada la presión se abre la válvula para liberar el vapor hacia la turbina, esta realiza el trabajo y la presión en la caldera disminuye, durante el proceso hay que realimentar de combustible al fuego y se repite el proceso.

Sistema generador de vapor

En sistema térmico generador de vapor consiste en una caldera alimentada con biomasa sólida (leña) el cual se puede observar en la figura 1.1, el cual cuenta con las propiedades mencionadas en la tabla 1, para las mediciones del sistema se cuenta con un manómetro analógico

 ISSN 2007-8102

de la marca Ashcroft ® para la presión (psi) y un flujómetro de la marca krohne ® para el flujo másico (kg/h).

Tabla 1. Propiedades de la caldera.

Propiedades	Cantidad	Unidades
Presión	80	psi
Volumen inicial	12	l
Apertura de la válvula	50	%
Temperatura	135	°C



Figura 1. Sistema generador de vapor alimentado por biomasa solida

Turbina no Convencional

La turbina está formada por un rotor, que consiste en una serie de discos con una separación por arandelas montados en un eje, una boquilla montada en la orilla exterior de los discos por la cual entra el fluido, en forma de gas o líquido, generalmente dirigido tangencialmente a su periferia, originando su funcionamiento, esto gracias a que genera transferencia de impulso entre este y los discos debido a las propiedades viscosas y de adhesión. Los discos cuentan con un corte alrededor del centro para comunicarse con los orificios de escape formado en el costado de la carcasa, esto dando lugar a que el fluido entre radialmente y salga axialmente a través de los puertos mencionados anteriormente. La turbina de tesla en las cuales se realizan las pruebas experiméntales se encuentra físicamente en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Apizaco mostrada en la figura 2, cuenta con las características mostradas en la tabla 2.

Tabla 2. Características de la turbina no convencional.

Características	Valores	Unidades
Diámetro externo	115	*mm*
Diámetro interno	12.4	*mm*
Espacio entre discos	0.33	*mm*
Número de discos	24	-
Espesor de discos	0.892	*mm*
Masa del rotor	2013	*G*

 ISSN 2007-8102



Figura 2. Turbina de adhesión.

Resultados y discusión

Al realizar la prueba, utilizando el sistema térmico mostrado en la figura 1 descrito con las propiedades de la tabla 2, la turbina no convencional diseñada mostrada en la figura 2 y con los valores de las propiedades contenidos en la tabla 2. Se obtienen los resultados mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de las pruebas de combustión

Volumen de agua [l]	Volumen de aire en la caldera [l]	Tiempo en alcanzar 80 psi [min]	Flujo másico (kg/h)	Tiempo en girar la turbina[s]
6	12	49.25	41.78	356.25
8	10	46.25	49.79	413.75
9	9	41.5	46.89	434
12	6	34.25	40.35	474.75

En la figura 3 se presenta la relación entre la cantidad de agua, el volumen de aire y el tiempo que se tarda en alcanzar 80 psi de presión en la caldera.

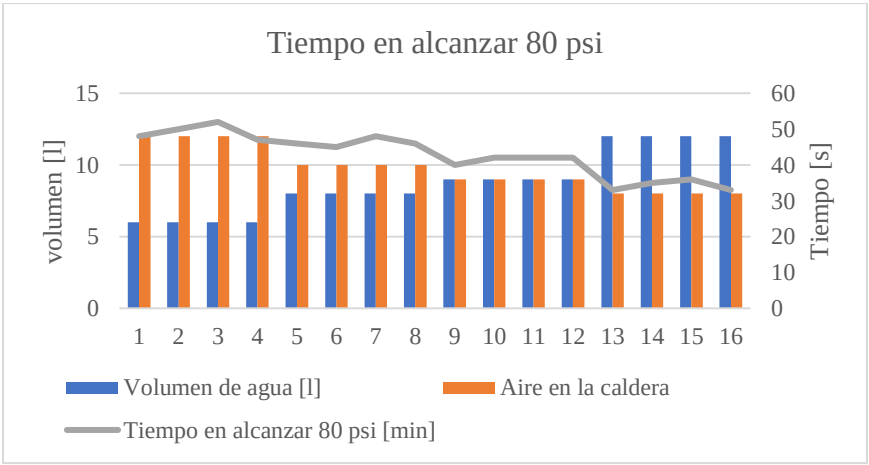


Figura 3. Relación entre la cantidad de agua, volumen de aire y tiempo.

 ISSN 2007-8102

En la figura 4 se muestra la relación entre el volumen de agua, aire y el flujo másico de vapor.

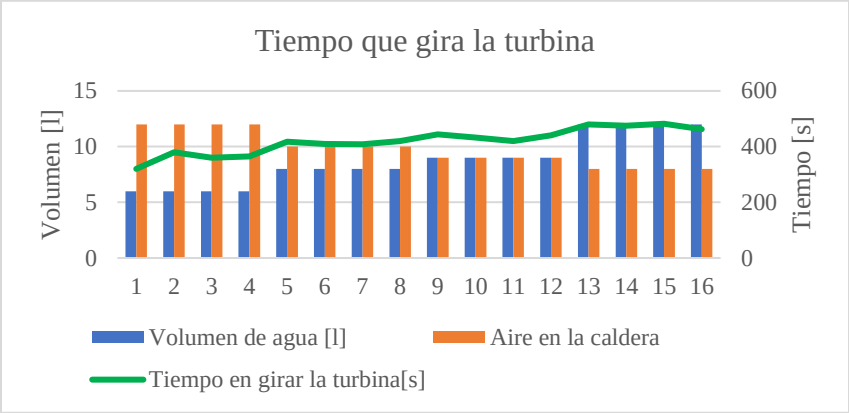


Figura 4. Relación volumen de agua, aire y flujo másico de vapor.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las pruebas de combustión, se determinó que con 12 litros de agua dentro de la caldera se alcanza la presión de 80 psi en menor tiempo comparado con el volumen de 6, 8 y 9 litros, a mayor cantidad de agua, menor es el tiempo en alcanzarse la presión. Esto cumple con la ley de Boyle que establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente. Si la presión aumenta, el volumen disminuye. Si la presión disminuye, el volumen aumenta.

De la prueba realizada, se obtuvieron las magnitudes de las propiedades de interés por unidad de tiempo representados en la gráfica de la figura 5 con una duración de 430 segundos equivalentes a 7 minutos con 16 segundos, la cual concluye debido a la caída de presión y del flujo másico. En la figura 5 se aprecia que la velocidad angular máxima es cercana a 15000 rpm, tardando aproximadamente dos minutos con treinta segundos en ser alcanzada.

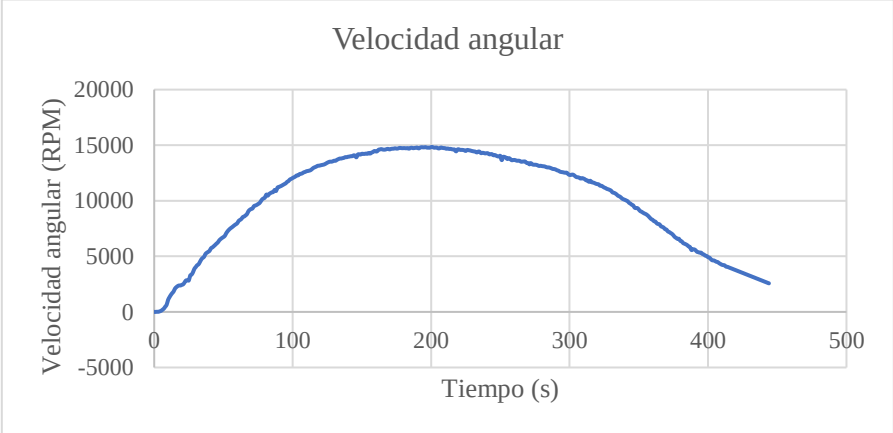


Figura 5. Velocidad angular de la turbina.

En la figura 6 se muestra el comportamiento del flujo másico presentando un valor máximo en el segundo 50 a 120 con 41.93 kg/h, con la peculiaridad de que, del segundo 160 a 320 muestra un comportamiento lineal, llegando a cero en los 420 segundos de la prueba.

 ISSN 2007-8102

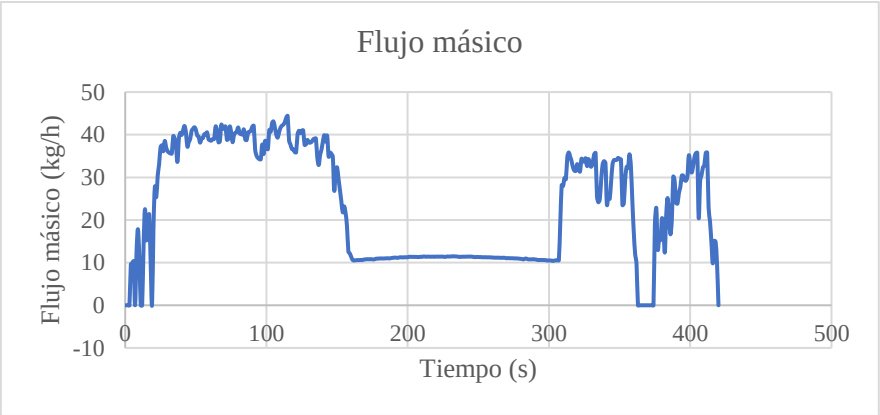


Figura 6. Flujo másico del generador de vapor.

En la figura 7 se puede observar que la caída de presión de la caldera tiene un comportamiento exponencial, mostrando una mayor pérdida de energía al inicio, siendo esta cerca del 50 % en los primeros 100 segundos, y culminando a los 440 segundos equivalentes a 7 minutos con 30 segundos, está coincidiendo con la caída de flujo másico, dando como resultado un mejor uso de la energía generada.

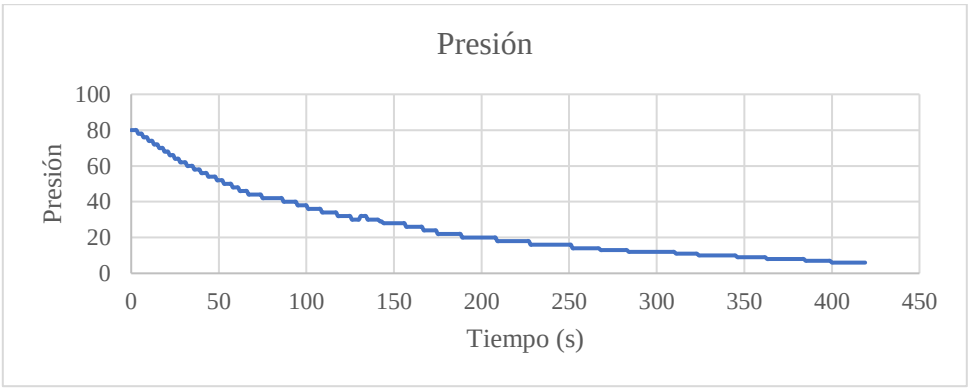


Figura 7. Presión del generador de vapor.

Trabajo a futuro

1. Determinar el poder calorífico de diferentes tipos de biomasa, seleccionar el más adecuado en relación poder calorífico/costo y la cantidad necesaria para alcanzar la presión requerida por el sistema generador de vapor.
2. Análisis del comportamiento de la turbina con diferentes tipos de apertura de la llave y observar la relación que tiene con respecto a la velocidad angular y el flujo másico.

Conclusiones

Inicialmente se pensaba que a mayor volumen de agua mayor sería el tiempo en alcanzarse los 80 psi, pero después de realizar las pruebas se pudo observar que fue lo contrario, a mayor cantidad de agua, menor es el tiempo en alcanzarse la presión. Entre más agua se introduzca a la caldera, menor volumen libre quedará para que pueda ser ocupado por el vapor. También se

 ISSN 2007-8102

pensaba al que el flujo másico sería menor con 12 litros de agua en la caldera, sin embargo, se pudo determinar que, aunque si hubo una disminución, esta no es significativa comparada con una cantidad de 6 litros, por lo que el tiempo en que gira la turbina aumento con 12 litros de fluido con respecto a los 6 litros de agua en la caldera.

Se determina que con 12 litros de agua se tarda un promedio de treinta cuatro minutos en alcanzar los 80 psi, dando un flujo másico máximo de 40.35 kg/h, prueba que tiene una duración de siete minutos y medio, llegando a una velocidad angular máxima cerca 15000 rpm, además se puede observar que la caída de presión ocurre cerca del mismo tiempo que la caída de flujo másico variando cerca de 20 segundos.

Referencias

[1] World Energy Council. (2019), Worl Energy Issues Monitor 2019, p. 6.

[2] Hernandez, M. (2015), La generacion distribuida y el futuro de los sistemas de distribución, Tesis Universidad Autonoma de Mexico.

[3] Blanco, J. y García, I. (2012), Guía básica de microcogeneración, Gráficas Arias Montano S. A..

[4] Lastra, F., Colonnier E. y Brenes B. A. (2012) Microgeneración de energia a partir de fuentes alternas, Mexico.

[5] Arroyo, J. y Reina, W. (2016), Aprovechamiento del recurso biomasa, Ingenius, nº 16, pp. 20-29.

[6] Muñoz, M. y Rovira, A. (2014) Maquinas termicas, Madrid, UNED.

[7] Podgornik, R. (2011, The Tesla Turbine, University of Ljubljana.

[8] Schmidt, D. (2002) Biomass boundary layer turbine power system, PIER Subject Area: Renewable Energy Technologies.

 ISSN 2007-8102

Algoritmo de reconstrucción 3D implementado en Raspberry-Pi 3

E. A. Cuellar Cortés, Y. A. Vásquez Beltrán, J. R. Hernández Gutiérrez, J. Posada Gómez
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, C.P. 94320, Orizaba Veracruz, México
acuellarc@orizaba.tecnm.mx, yael.a.vasquez.b@outlook.com
***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Se presenta en este trabajo la implementación de un algoritmo en el lenguaje Python orientado a la reconstrucción tridimensional de entornos y objetos utilizando dos imágenes capturadas por medio de dos cámaras idénticas con eje óptico paralelo y haciendo uso de la tarjeta Raspberry-PI 3. Se explica el principio de funcionamiento que se utilizó en este trabajo, así como también las características esenciales que se deben de cumplir para obtener resultados válidos. Se describe cada una de las partes del código programado, explicando de manera precisa los parámetros modificables que ayudan a obtener una reconstrucción adecuada. Se muestra la estructura empleada para la colocación de las cámaras y, finalmente, se presentan los resultados obtenidos en las diferentes pruebas, especificando las características aplicadas para la generación de los mapas de disparidad. De esta manera, se demuestra que mediante dos cámaras idénticas de cualquier tipo y una tarjeta Raspberry-PI 3 se puede lograr una reconstrucción 3D.

***Palabras clave**: Cámaras idénticas, reconstrucción tridimensional, mapas de disparidad.*

Abstract

The implementation of an algorithm in the Python language aimed at the three-dimensional reconstruction of environments and objects using two images captured by means of two identical cameras with parallel optical axis and using a Raspberry-PI 3 is presented in this paper. The operating principle used in this work is explained, as well as the essential characteristics that must be met to obtain valid results. Each part of the programmed code is described, explaining in a precise way the modifiable parameters that help to obtain an adequate reconstruction. The structure used for the placement of the cameras is shown and, finally, the results obtained in the different tests are presented, specifying the characteristics applied for the generation of the disparity maps. In this way, it is demonstrated that by means of two identical cameras of any type and a Raspberry-PI 3 a 3D reconstruction can be achieved.

***Key words**: Identical cameras, three-dimensional reconstruction, disparity maps.*

Introducción

La reconstrucción 3D es el proceso mediante el cual objetos reales son reproducidos en la memoria de una computadora, manteniendo sus características físicas (dimensiones, volumen y forma) [1]. Existen dos tipos de métodos utilizados para la reconstrucción tridimensional. Los métodos activos, es decir, los métodos de datos de rango, dado el mapa de profundidad, reconstruyen el perfil 3D por aproximación numérica y construyen el objeto en un escenario basado en el modelo. Los métodos pasivos no interfieren con el objeto reconstruido, solamente utilizan un sensor para medir la luminosidad reflejada o emitida por la superficie del objeto para inferir su estructura 3D a través de la comprensión de la imagen. Normalmente, el sensor es un sensor de imagen en una cámara sensible a la luz visible y la entrada al método es un conjunto de imágenes digitales (una, dos o más) o video. En este caso, hablamos de reconstrucción basada en imágenes y la salida es un modelo 3D. En comparación con los métodos activos, los métodos pasivos pueden aplicarse a una gama más amplia de situaciones [2].

La visión estéreo es un método pasivo que extrae la información 3D a partir de dos imágenes digitales. En la figura 1 se puede observar el funcionamiento del método de visión estéreo binocular Esta técnica requiere de dos cámaras idénticas con eje óptico paralelo para observar un mismo objeto, adquiriendo dos imágenes desde diferentes puntos de vista. En términos de relaciones de trigonometría, la información de profundidad se puede

 ISSN 2007-8102

calcular a partir de la disparidad. El método de visión estéreo binocular está bien desarrollado y contribuye de manera estable a la reconstrucción 3D favorable, lo que lleva a un mejor rendimiento en comparación con otras técnicas de reconstrucción 3D [3].

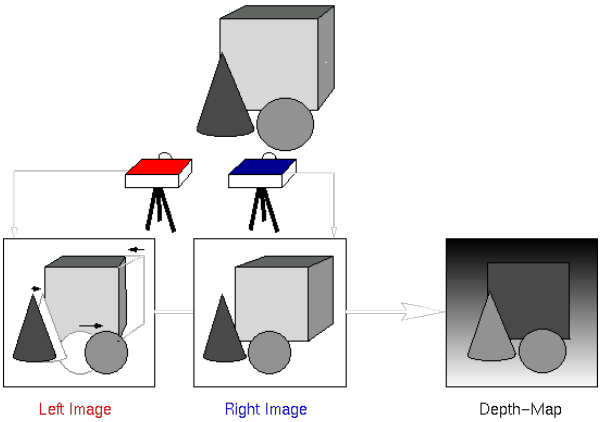


Figura 1. Funcionamiento del método de visión estéreo binocular

El desarrollo para la obtención de una reconstrucción tridimensional consta de diferentes etapas. Éstas son la manufactura de la base, la calibración de las cámaras, la adquisición de las imágenes, la extracción de información, la correspondencia estéreo y, finalmente, la restauración 3D del entorno. Las características de cada una son de gran importancia puesto que impactan en la calidad del resultado final que se obtendrá en la representación tridimensional de los objetos. Para visualizar las reconstrucciones que se generan en la visión estéreo existen diferentes softwares que permiten leer las nubes de puntos producidas en el algoritmo, por ejemplo, MeshLab [4-6]. En la figura 2 se puede observar una reconstrucción en el software de MeshLab. Sin embargo, requerir de un programa externo resulta inconveniente para los usuarios puesto que requiere de espacio de almacenamiento adicional y obtención de resultados parciales.

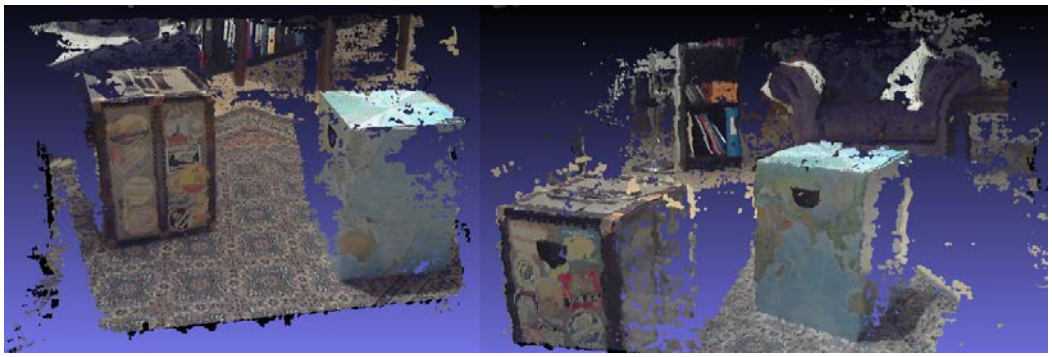


Figura 2. Reconstrucción 3D visualizada en MeshLab

Se decidió emplear una tarjeta Raspberry-PI 3, que se puede observar en la figura 3, la cual es una placa computadora (SBC) de bajo coste, para el procesamiento de las imágenes capturadas y la recreación del entorno tridimensional. El concepto de esta tarjeta es el de un ordenador al cual le eliminan todos los accesorios que no afecten al funcionamiento básico. Está formada por una placa que soporta varios componentes necesarios en un ordenador común y es capaz de comportarse como tal.

La principal limitación del microordenador era la conectividad inalámbrica. Por suerte, con la llegada del Raspberry Pi 3 se logró resolver esta característica. Esta versión del microordenador mantiene 1 GB de memoria RAM, pero utiliza una revisión del procesador al BCM2837 ARMv8, de 4 núcleos, pero que funciona a 1.2 Ghz. Esta versión es la primera en utilizar instrucciones de 64 bits. Además, la mayor novedad de esta versión es que finalmente incluyó Wi-Fi y Bluetooth 4.1 de base, sin necesidad de adaptadores, ampliando los horizontes de su usabilidad mucho más allá. [7]

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Raspberry-PI 3

En el presente trabajo se empleó el método de visión estéreo binocular por medio de dos cámaras web para computadora idénticas, utilizando el lenguaje Python para diseñar un algoritmo que produzca la reconstrucción tridimensional. Se hizo uso de las librerías Open Source con las que dispone Python enfocadas a la creación de mapas de disparidad y obtención de las nubes de puntos que permiten visualizar los objetos en 3D. Entre algunas de las librerías necesarias para realizar esta tarea, las más importantes son PyntCloud, Open3D, Pillow y Pandas. La facilidad que permite este algoritmo para la obtención de una reconstrucción 3D es una de las grandes ventajas que ofrece, además del poco espacio que emplean las librerías necesarias y los archivos generados por el programa, haciendo posible su uso en tarjetas de programación Raspberry-Pi 3 o similares.

Metodología

Material, equipo y software

Para el diseño de este prototipo fue necesaria una Raspberry-Pi 3 de 1.4Ghz a 64bits con un procesador Quad-Core, banda dual de red y Bluetooth 4.2. Otra característica de la tarjeta es el puerto CSI diseñado para conectar la RaspiCam, sin embargo, para este proyecto fue necesario incluir dos cámaras que capturen dos frames al instante, debido a esto se decidió utilizar dos cámaras tipo USB, con las cuales ya se contaban puesto que la tarjeta posee 4 puertos USB que no estaban siendo utilizados. Estas cámaras tienen las siguientes características: marca Gear Head, modelo WC755SLV, resolución de 1.3 MP y una resolución máxima de 1280x1024. También se utilizó una base de madera y un tubo de acero, por otro lado, se requirió de una micro SD de 16 GB para almacenar el sistema operativo de la tarjeta que incluye las librerías de Python 3.6, PyntCloud, OpenCV, Numpy, Matplotlib, Pandas, OS, Open3D y Pillow.

Manufactura de la base

Se diseñó una base de madera que permitiera el desplazamiento horizontal de las cámaras para la realización de las pruebas a diferentes distancias entre las cámaras. En la figura 4 se muestra la estructura utilizada en el presente trabajo.



Figura 4. Base de soporte para las cámaras

 ISSN 2007-8102

Máquina virtual en Raspberry-PI 3

Se instaló el sistema operativo de Lubuntu en la micro SD de la tarjeta Raspberry-PI 3 puesto que utiliza menos espacio de memoria y, posteriormente, se instaló Python 3.6 con las librerías antes mencionadas. Además, se instalaron los drivers necesarios para la vinculación con las cámaras web.

Descripción del algoritmo

En la figura 5 se describe en un diagrama de flujo la programación con Python del algoritmo implementado. Cada etapa es descrita con mayor precisión a continuación.

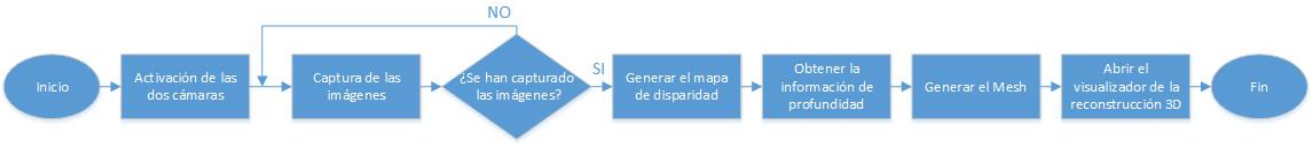


Figura 5. Diagrama de flujo del algoritmo

Primeramente, se activan las cámaras web y se confirma la captura de las imágenes con la creación de las imágenes en la memoria. También, se verifica que las imágenes mantengan el mismo tamaño en pixeles para que sea posible aplicarles los pasos siguientes. Si no se cumple esta característica, el mapa de disparidad no puede ser generado.

Una vez capturadas las imágenes, para generar el mapa de disparidad se hace uso de la geometría epipolar, la cual es aquella dada por la intersección del plano de cada imagen con una familia de planos, donde todos los planos de esta familia contienen la línea base que une los centros ópticos de las cámaras. La importancia de esto es que somos capaces de calcular exactamente dónde está el punto del epípolo en nuestra imagen al encontrar el punto de la imagen donde se cruzan múltiples epilíneas.

Además, son necesarias las matrices esencial y fundamental. La matriz esencial contiene información sobre la traslación y rotación que describe la posición de la cámara con respecto a su contraparte. Pero para nuestra solución queremos hacer nuestros cálculos en términos de coordenadas de píxeles de la cámara, y es aquí donde entra en juego la matriz fundamental, ya que contiene la misma información que la matriz esencial, pero también incluye información intrínseca sobre ambas cámaras para que podamos relacionar las dos en tales términos.

Afortunadamente, podemos usar OpenCV para derivar la matriz de un conjunto de puntos coincidentes conocidos en cada imagen. Este es esencialmente un proceso de calibración por el cual se recomienda encontrar y utilizar un mínimo de 8 puntos de coincidencia de las imágenes para lograr la precisión necesaria.

Por lo tanto, el mapa de disparidad es generado con el apoyo de la librería de OpenCV. La función StereoSGBM_create permite la obtención del mapa por medio de las imágenes, sin embargo, requiere de un gran número de parámetros para que el resultado obtenido tenga la precisión adecuada para posteriormente crear la nube de puntos de la reconstrucción tridimensional. Estos parámetros son los siguientes: windowSize, minDisparity, numDisparities, blockSize, P1, P2, preFilterCap, uniquenessRatio, speckleWindowSize y speckleRange. Cada una de estas propiedades se debe modificar de acuerdo a las características del entorno donde se capturen las imágenes para obtener la óptima calidad de los resultados.

Posteriormente, se extrae la profundidad del mapa de disparidad obtenido y por medio de la librería de Pandas se genera y se guarda la nube de puntos con la información de la profundidad de cada píxel, conservando el color de la imagen y obteniendo un archivo con la extensión “.ply” para ejecutar con un visualizador de objetos 3D.

Por último, empleando la librería de Open3D se puede abrir el archivo “.ply” generado y nos permite visualizar la reconstrucción tridimensional de los objetos que capturamos en las imágenes. En la ventana de Open3D podemos configurar el grosor de los puntos de la reconstrucción, así como trasladar y rotar la recreación del entorno para mejorar la observación del resultado obtenido.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Primera prueba

Los resultados obtenidos durante la primera prueba no permitían observar realmente la profundidad que existía de los objetos, puesto que los parámetros que se colocaron para diseñar el mapa de disparidad fueron los valores estándares que proponía el ejemplo de Visión estéreo de OpenCV. En las figuras 6 y 7 se pueden observar las vistas frontal y lateral, respectivamente, de la explanada del Instituto Tecnológico de Orizaba, donde se tomaron las primeras capturas. Los parámetros utilizados en esta prueba se muestran en la tabla 1.



Figura 6. Vista frontal de la explanada



Figura 7. Vista lateral de la explanada

Tabla 1. Parámetros del mapa de disparidad de la primera prueba

Parámetro	Valor
windowSize	3
minDisparity	0
numDisparities	16
blockSize	5
P1	8*3*windowSize**4
P2	32*3*windowSize**4
preFilterCap	20
uniquenessRatio	10
speckleWindowSize	100
speckleRange	16

 ISSN 2007-8102

Reconstrucción 3D con parámetros modificados

Se decidió modificar los valores de los parámetros para mejorar la calidad de las reconstrucciones 3D y los resultados obtenidos mejoraron considerablemente, puesto que ya se lograban observar las diferentes profundidades de los objetos en las imágenes. En las figuras 8 y 9 se pueden observar las vistas frontal y lateral, respectivamente, del laboratorio de investigación. Los parámetros utilizados en esta prueba se muestran en la tabla 2.



Figura 8. Vista frontal del laboratorio



Figura 9. Vista lateral del laboratorio

Tabla 2. Parámetros del mapa de disparidad de la segunda prueba

Parámetro	Valor
windowSize	11
minDisparity	0
numDisparities	16
blockSize	5
P1	8*3*windowSize**4
P2	32*3*windowSize**4
preFilterCap	50
uniquenessRatio	20
speckleWindowSize	150
speckleRange	32

 ISSN 2007-8102

Por último, se realizaron capturas en el cubículo de profesores alterando nuevamente el valor de los parámetros. En las figuras 10 y 11 se pueden observar los resultados obtenidos de las vistas frontal y lateral del cubículo. Los parámetros utilizados en esta prueba se muestran en la tabla 3.



Figura 10. Vista frontal del cubículo



Figura 11. Vista lateral del cubículo

Tabla 3. Parámetros del mapa de disparidad de la segunda prueba

Parámetro	Valor
windowSize	7
minDisparity	0
numDisparities	16
blockSize	1
P1	8*3*windowSize**4
P2	32*3*windowSize**4
preFilterCap	100
uniquenessRatio	20
speckleWindowSize	150
speckleRange	32

Se logró notar que para las capturas en las que los objetos no estuvieran tan alejados de las cámaras, el parámetro windowSize tenía que reducirse, además que, dependiendo de la iluminación del medio, los valores de los parámetros preFilterCap y blockSize permitían mejorar la calidad de la reconstrucción al incrementar su valor. A mayor iluminación, mayor el valor que debían tener estas propiedades. Por otra parte, la distancia que se mantuvo entre las cámaras se decidió establecer de 15cm, puesto que dio los mejores resultados con esta separación.

Además de los resultados anteriores podemos hablar del tiempo de ejecución, el cual, según las pruebas realizadas, cuando se iniciaron eran de 15 segundos; esto bajo condiciones no ideales, como una mayor distancia entre las cámaras o una disparidad muy grande. Se mencionó anteriormente que la distancia optima es de 15cm, en esta condición los frames tienen una disparidad ideal, bajando el tiempo de ejecución hasta 10 segundos.

Trabajo a futuro

Se planea mejorar la calidad de las reconstrucciones tridimensionales al obtener cámaras de mayor resolución, además, se busca incorporar el algoritmo presentado en un campo más amplio de aplicaciones, por ejemplo, la reconstrucción 3D de entornos y objetos mediante el desplazamiento de robots móviles en tiempo real y disminuyendo el tiempo de ejecución.

Conclusiones

Se obtuvieron reconstrucciones tridimensionales de buena calidad por medio del método pasivo de reconstrucción 3D denominado visión estéreo binocular. Es muy importante analizar y comprender cada una de las funciones que las librerías de Python nos otorgan, así como el significado de los parámetros que sus funciones utilicen, puesto que de estos parámetros depende la calidad de la reconstrucción obtenida. Para que los resultados sean óptimos, las cámaras deben mantener una relación de distancia en pixeles muy próxima entre ellas, así como también tener una estructura rígida que permita capturas estables. Las reconstrucciones 3D que se obtuvieron mejoraron de acuerdo a la configuración de los parámetros para la creación del mapa de disparidad. Además, se permitió observar la importancia de la iluminación del medio en que se hayan capturado las imágenes y la distancia que exista entre las cámaras y los objetos de la imagen, puesto que dichas características también es necesario tomarlas en consideración a la hora de modificar los parámetros del algoritmo. Finalmente, al emplear la tarjeta Raspberry-PI 3 se disminuyó el espacio requerido y se facilitó su adaptación para futuras aplicaciones.

Referencias

[1] Grandón, N.; Aracena, D.; Luis, Clésio. (2007). 3D Object Reconstruction with calibrated images.
[2] Theo, M.; Vergauwen, M. "3D reconstruction from multiple images part 1: Principles." Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision. 287-404.
[3] Fernández, J. (2017). Study and implementation of depth map from Stereo Matching algorithm.
[4] Brahmbhatt, S. (2013). Practical OpenCV. Ed. Technology in action. 173-200.
[5] Howse, J.; Joshi, P.; Beyeler, M. (2016). OpenCV: Computer Vision Projects with Python. Learning Path. Ed. Packt. 357-385.
[6] Joshi, P. (2015). OpenCV with Python By Example. Ed. Packt. 388-420.
[7] Heath, N. (2017). Raspberry-PI 3 [Online]. Available: https://www.zdnet.com/article/what-is-the-raspberry-pi-3-everything-you-need-to-know-about-the-tiny-low-cost-computer/

Evaluación de la Resistencia a la Polarización lineal, en capas FeB y Fe_2B depositadas en acero AISI H13 con temple, empleando un electrolito tipo lluvia ácida.

R. Trujillo Sánchez[1], V. A. Castellanos Escamilla[1], M. Bárcenas Castañeda[2], O. A. Gómez Vargas, José Solís Romero[1]

[1]TecNM/División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Av. Instituto Tecnológico S/N, Col. La comunidad, Tlalnepantla de Baz Edo. Mex.

[2]TecNM/División de Ing. Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, Col. Valle de Anáhuac, secc. Fuentes, Ecatepec, Edo. Mex.

[+]rtrujillo@ittla.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

El estudio evalúa el comportamiento electroquímico del acero borurado AISI H13 con un recubrimiento de boro depositado por tratamiento termoquímico que incluye templado, en un electrolito tipo lluvia ácida con un pH de 3.29, con el fin de analizar si el recubrimiento protege y mejora la respuesta de este acero en un ambiente corrosivo. El borurado se realizó mediante empaquetamiento en polvo a 950 y 1050^{o}C a 4 y 6 horas, sometiéndolo a templado al aire forzado. La resistencia a la corrosión se evaluó mediante pruebas de polarización lineal estática por inmersión por un período de 72 horas. El acero borurado mostró una mayor resistencia a la corrosión aumentando significativamente con el temple.

***Palabras clave:** Borurado, Templado, Resistencia a la polarización estática lineal, Lluvia ácida.*

Abstract

The study evaluates the electrochemical behavior of AISI H13 embroidered steel with a boron coating deposited by thermochemical treatment that includes quenched, in an acid rain electrolyte with a pH of 3.29, in order to analyze whether the coating protects and improves the response of this steel in a corrosive environment. The erasure was performed by powder packing at 950 and 1050^{o}C at 4 and 6 hours, sometimes tempered to forced air. The corrosion resistance is evaluated by static linear polarization tests by immersion for a period of 72 hours. The erased steel showed a higher corrosion resistance significantly affected with the quenched.

***Key words**: Boride, Quenched, Corrosion, Acid rain.*

Introducción

El acero AISI H13 objeto de estudio del presente trabajo, contiene cromo, molibdeno, silicio y vanadio, presenta alta dureza y excelente tenacidad, se emplea en dados de forja, extrusión y fundición a presión, en herramientas de compresión de servicio pesado, matrices perforadoras, punzones formadores, utilizado también en herramientas para trabajo en frío en donde se requiere gran tenacidad, por lo cual, debe mantener tanto su dureza a altas temperaturas, así como presentar resistencia a la exposición del medio ambiente de trabajo y choques térmicos fuertes, Kumar-Sinha et. al.(2002), Telasang et. al.(2015).

 ISSN 2007-8102

En la actualidad las pérdidas económicas generadas por el fenómeno de corrosión son significativas, la acción agresiva de la atmosfera representa un fuerte impacto, causando el deterioro acelerado de los metales por la oxidación electroquímica que se genera por la humedad y la lluvia ácida presente en zonas altamente industrializadas.

Anteriores estudios han comprobado que el desgaste y la corrosión en el acero es posible de prevenir o reducir mediante un recubrimiento de boro en la superficie, lo cual mejora la resistencia a la corrosión y las propiedades de la microestructura de la capa superficial depositada, siendo útil para proteger el sustrato de los efectos ambientales adversos [Bárcenas, 2010], [Budinsky, 1998], [Genel, 2006], [Dasa, 2017], [Ortiz, 2013], [Recco,2012], [Tavakoli, 2010], [Tesalang,2015].

En un estudio previo acerca del comportamiento de acero H13 borurado, se encontró mejoría en la resistencia a la corrosión ante soluciones de H_2SO_4, H_3PO_4 y HCl, presentando una menor resistencia a la corrosión ante el HCl, [Kariofilis, 2006].

En el presente estudio se evalúo las propiedades de resistencia a la corrosión, ante un electrolito tipo lluvia ácida, por medio de polarización potensiostática por inmersión, del acero AISI H13 con un revestimiento de boruro formado por una fase superficial de FeB y una segunda fase interior de Fe_2B, se sometió a templado al aire una vez retirada la muestra del contenedor, considerando que este acero dado los procesos de fabricación donde es empleado se somete a temple con el fin de elevar su dureza, en la respuesta del acero AISI H13 borurado y templado. En la prueba potencio estática lineal por inmersión, se registró un marcado aumento del potencial y por consecuencia un aumento en la resistencia a la corrosión ante un electrolito tipo lluvia ácida, obteniendo mejores resultados del acero H13 borurado a una mayor temperatura y tiempo de exposición con templado respecto al material borurado sin temple

Metodología

La obtención de las probetas se efectuó mediante una barra del acero AISI tipo H13 de 10 mm de diámetro y 5mm de espesor, el pulido grueso se efectúo con hojas abrasivas de carburo de silicio de 180 a 1500 y el pulido fino con pasta de diamante de 1µm y solución de alúmina de 0.05 µm, por medio de microscopia óptica a 500X se verificó de manera cualitativa el acabado a espejo del material.

Tratamiento termoquímico

El tratamiento termoquímico se realizó en paquete con una mezcla en polvo de tetrafluoroborato de potasio (KBF_4), carburo de silicio (SiC) y carburo de boro (B_4C), en un horno eléctrico a 950° C por 4 y 6 horas, y a una temperatura de 1050°C por 4 y 6 horas efectuando en ambos casos el templado de las probetas con aire forzado, mediante este procedimiento se condujo a la formación de fases de boruros FeB y Fe_2B.

Nanodureza

Se realizó pruebas de nanodureza con un equipo NanoTest Vantage con una carga de 200 mN, un tiempo de carga de 10s, realizando 10 indentaciones con una profundidad de 6 y 20 µm cada una, se repitió el procedimiento sumando 100 indentaciones en cada una de las muestra, alcanzando 60 y 200µm de espesor como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Control de la prueba de nanodureza de acero AISI H13 borurado

Tratamiento	T [°C]	No. de indentaciones/Profundidad
4 Hrs Borurado con enfriamiento lento	950°C	10/6 µm cada una
6 Hrs Borurado-Templado con aire forzado	1050°C	10/ 20 µm cada una

 ISSN 2007-8102

Microscopia de Barrido electrónico

Con el fin de conocer y evaluar las características de la capa formada en el tratamiento termoquímico, se analizó las probetas con el tratamiento de borurado de 4 horas a 950^{0}C y borurado-templado a 6 horas a 1050^{0}C, de acuerdo a Tesalang (2015) y Vera- Cárdenas (2016), a una temperatura de 950^{0}C ya se cuenta con la formación de las fases de boruros (Fe_2B y FeB), de manera que se consideró como punto de comparación para la modificación de la capa borurada y con ello evaluar el comportamiento en la difusión de cada fase cuando el material es borurado a una temperatura de 1050^{0}C a 6 horas donde las fases presentan mayor difusión y se asegura alcanzar la temperatura necesaria para someter a temple el material que se encuentra al interior del contenedor.

Pruebas de corrosión

En el estudio efectuado por Kariofilis (2006) en acero AISI H13 borurado se evaluó la respuesta del material ante diversos medios ácidos encontrando que la superficie borurada protegía al sustrato. Con el fin de evaluar la respuesta del material borurado-templado, se efectuó el estudio de polarización lineal estática del material borurado y borurado-templado, por medio de inmersión de las probetas en un electrolito tipo lluvia ácida con pH=3.29 utilizando la composición de la tabla 2 descrita por Brunoro (2003) y Ragab (2010). Se empleó un potenciostato Autolab 41165 PGSTAT101, utilizando el software Nova versión1. Se realizó la experimentación a temperatura ambiente y en una celda de tres electrodos, el electrodo de referencia fue Ag/AgCl, el contra electrodo de platino y como electrodo de trabajo las muestras boruradas con 4 horas a 950^{0}C y a 6 horas 1050^{0}C con temple al aire forzado**.**

Tabla 2. Electrolito tipo lluvia ácida

Composición	
Formula	**Concentración [g/L]**
H_2SO_4	0.032
HNO_3	0.015
Na_2SO_4	0.0128
$NaNO_3$	0.0084
NaCl	0.0336
$(NH_4)_2SO_4$	0.0184

La polarización estática lineal por inmersión se realizó por 72 horas para la obtención del LSV aplicando un sobrepotencial de 1 y 10 mA /cm^2 con una velocidad de 0.001V/s, de acuerdo al material AISI H13 se consideró una densidad de 7.75 g/cm^3 y un peso equivalente de 40.68 g/mol. Se analizó las curvas de polarización obtenidas Figura 1, donde se representa el potencial aplicado contra la corriente obtenida, así como la extrapolación lineal existente en la zona anódica y catódica entre el sobrepotencial y la densidad de corriente.

Se obtuvo curvas de polarización lineal estática para el material patrón sin tratamiento y para el acero borurado a 4 horas a 950^{0}C y borurado-templado a 6 horas a 1050^{0}C, así como pérdida de peso, velocidad de corrosión y resistencia a la polarización.

 ISSN 2007-8102

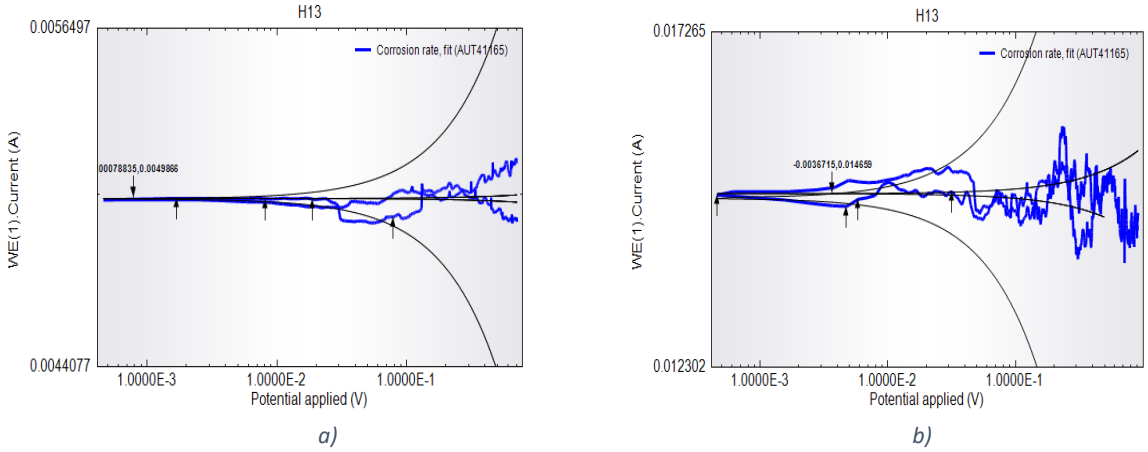


Figura 1. a) Ajuste de la curva de polarización a 1mA en Acero AISI H13 Borurado a 4 horas a 950°C,b) Ajuste de la curva de polarización a 10mA en Acero AISI H13 Borurado a 6 horas y templado 1050°C

Resultados y discusión

Las muestras analizadas por microscopía electrónica de barrido (MBE), mostraron la morfología de diente de sierra y el crecimiento de las dos fases del boruro (Fe_2B / FeB) en el acero AISI H13, confirmando la difusión del boro a diferentes temperaturas y tiempos de exposición como se observa en la Figura 2.

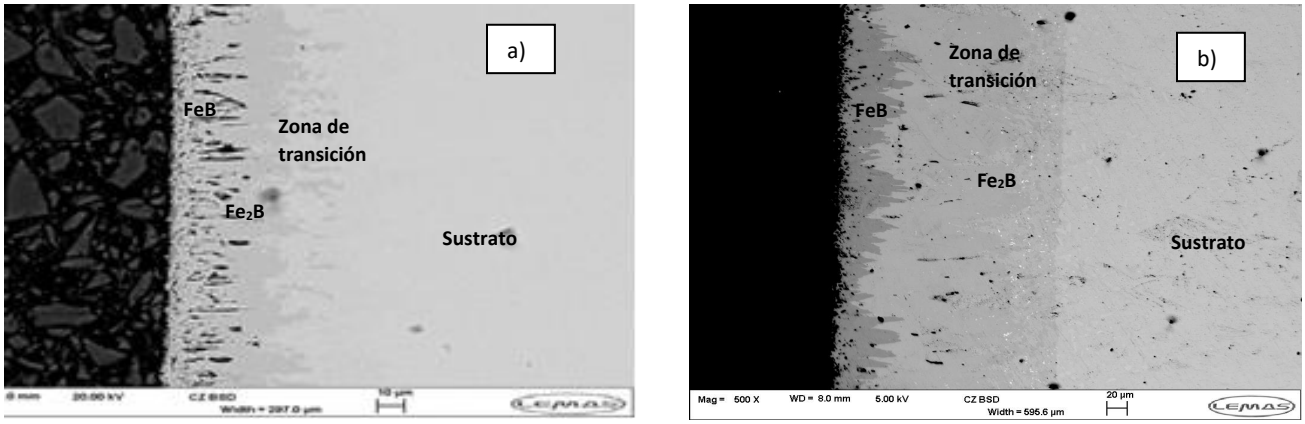


Figura 2. Micrografías SEM de las secciones transversales de las muestras: a) Acero AISI H13 borurado a 950 ° C, 4 horas, b) Acero AISI H13 borurado templado a 1050 ° C, 6 horas.

La Micrografía del MEB muestra el acero H13 borurado a 4 horas a 950^0C Figura 2 a), se observa las fases FeB y Fe_2B con un espesor promedio de 21 y 66 µm cada una, en la Fig. 2 b) ambas fases son más definidas y profundas con un espesor de 50 µm para la fase FeB y 169 µm para la fase Fe_2B. En las imágenes no se observa descarburización o fracturas en la superficie y sustrato, en las fases formadas se triplico el espesor de la capa de boro mediante el incremento de la temperatura y el tiempo en el tratamiento.

En la gráfica obtenida del análisis de la nanodureza Figura 3, se observa que se registró un incremento de 1.5 veces en la fase FeB y 1.34 en la fase Fe_2B en la muestra de Acero AISI H13 Borurado-Templado a 6 hrs con respecto a la muestra Borurada a 4hrs.

 ISSN 2007-8102

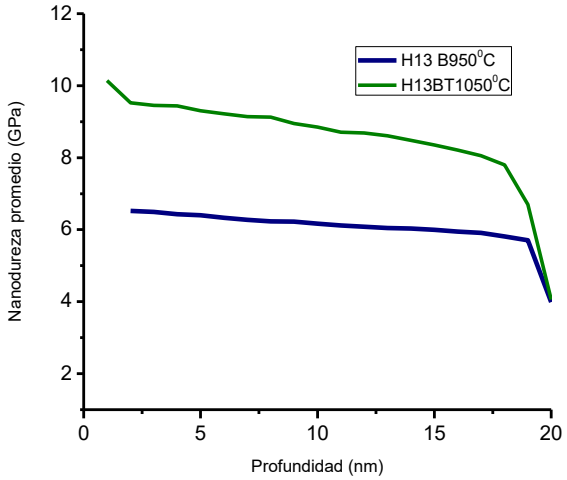


Figura 3. Gráfica de nanodureza de acero H13 borurado a 950^{0}C a 4 horas y borurado-templado a 6 horas a 1050^{0}C.

Por otro lado, mediante la prueba electroquímica de polarización lineal estática, se determinó la velocidad y resistencia a la corrosión, con el fin de analizar la respuesta del material borurado con temple y sometido a lluvia ácida. Los resultados de la Tabla 3, mostraron que el acero H13 borurado a 6 horas 1050^{0}C y templado, mostró un mayor potencial de corrosión y por ende la velocidad y corriente de corrosión disminuyen, directamente respecto al espesor de la cada formada de boruros, así mismo el tratamiento de temple elevó y mejoró la resistencia a la corrosión.

Tabla 3. Resultados obtenidos de las pruebas de polarización lineal

Tratamiento	PATRÓN		B4950		B6T1050	
	[1mA/cm^2]	[10mA /cm^2]	[1mA /cm^2]	[10mA /cm^2]	[1mA/cm^2]	[10mA /cm^2]
E_{corr} Calc [V]	0.00803	0.02312	0.0034	0.00232	0.00438	7.25E-04
i_{corr} [A]	0.00494	0.00562	0.00499	0.00746	0.0061	0.01461
Velocidad de Corrosión [mm/año]	84.7595	96.4175	85.6638	128.076	104.821	250.864
Resistencia a la Polarización [Ω]	142.487	4885.73	475.104	168.266	97.6911	10.9578
$E_{inicial}$ [V]	6.10E-04	0.00153	6.10E-04	4.58E-04	0.00168	4.58E-04
E_{final} [V]	0.01129	0.06348	0.07217	0.00793	0.02197	0.00259

Se analizó la morfología de la superficie corroída Figura 4, donde se observan microgrietas en el revestimiento de boruro en ambas muestras, lo anterior como resultado del tratamiento superficial de borurado sin la presencia de una atmósfera controlada, lo cual generó que el oxígeno presente acelerara la formación de diversos óxidos en la superficie, sin dañar el material base, con ello se comprueba que el material borurado efectivamente elevó su resistencia a la corrosión en ambientes ácidos a mayor temperatura y tiempo de exposición.

 ISSN 2007-8102

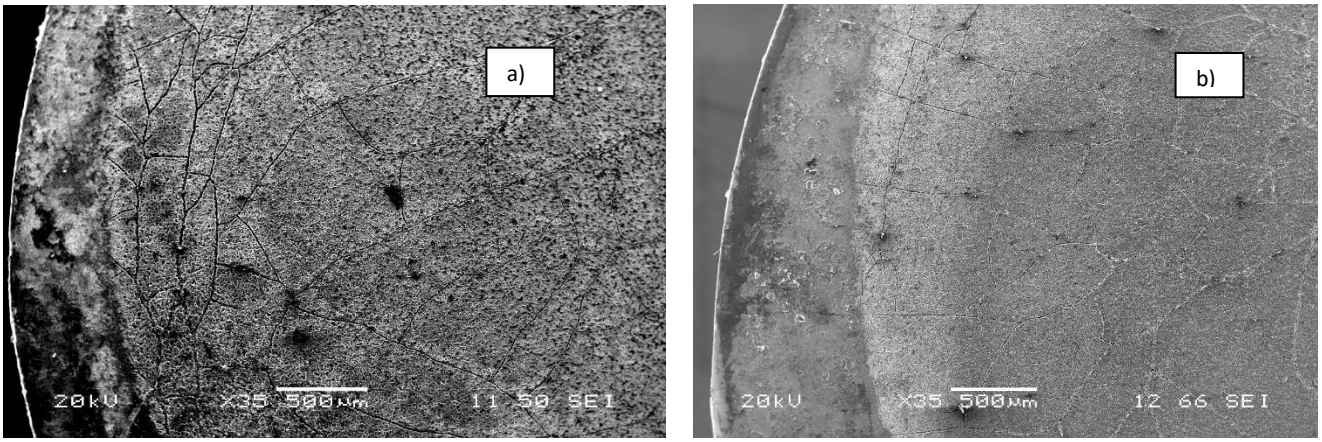


Figura 4. Micrografía de acero H13 sometido a corrosión por lluvia ácida a) borurado-templado a 950^{0}C a 4 horas. b) borurado-templado a 6 horas a 1050^{0}C.

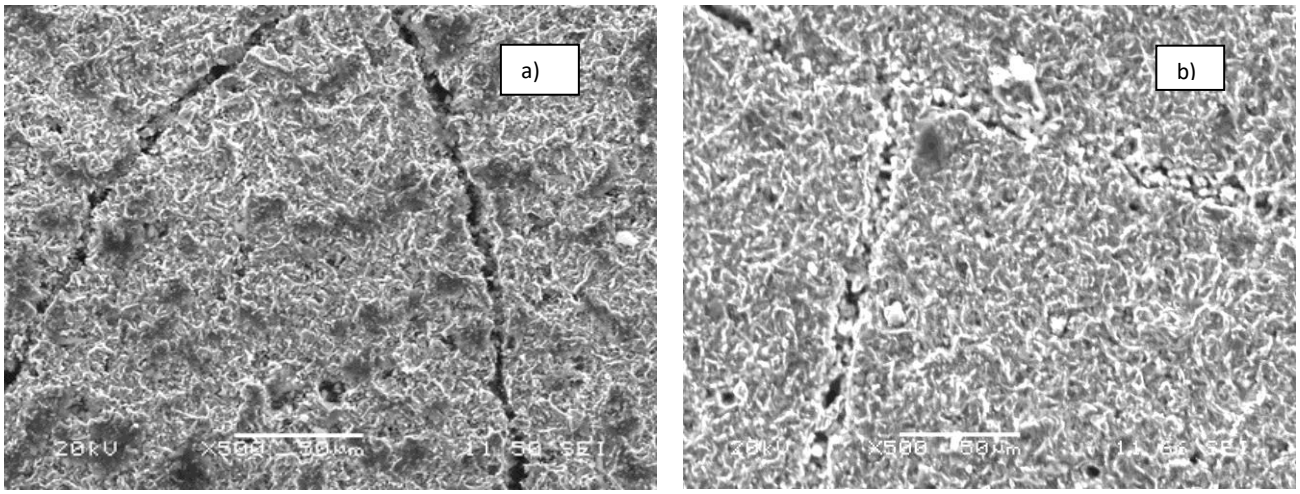


Figura 5. Micrografía a 500X de acero H13 borurado sometido a corrosión por lluvia ácida a) borurado a 950^{0}C a 4 horas. b) borurado-templado a 6 horas a 1050^{0}C

En la micrografía de la Figura 5 se observa que la microestructura de las muestras en el caso del acero borurado y templado a un mayor tiempo de exposición y temperatura, se observa la presencia de un 85% de contenido de martensita, respecto a la muestra borurada sin temple la cual presenta martensita con alto contenido de austenita retenida, lo cual explica el aumento de 1.5 de la 5 nanodureza obtenida, sumado a esto el tamaño de grano de la muestra sin temple es menor, lo cual explica el aumento de la velocidad de corrosión dado que a medida que se presente un mayor número de microgrietas se favorece el ataque del electrolito en la superficie y la corrosión se facilita por la ruptura de capa.

Trabajo a futuro

El estudio se continuará desarrollando mediante el tratamiento térmico de borurado a 850, 950 y 1050^{0}C siendo importante asegurar una atmósfera controlada, con el fin de eliminar la inferencia del oxígeno previo al estudio del comportamiento del material ante un electrolito tipo lluvia acida. En el caso del acero AISI H13 el cual es un material templable, se evaluará si el temple una vez borurado, provee cambios significativos en la respuesta del material ante medios corrosivos y por consecuencia en sus propiedades principalmente mecánicas. Así mismo

dada la importancia del empleo del acero H13, se continuará evaluando su comportamiento ante diferentes medios corrosivos ácidos al material borurado y borurado-templado.

Se pretende desarrollar un diseño de experimento por medio del modelo de Taguchi con el fin de evaluar las condiciones y los parámetros necesarios, efectuando un análisis por lógica difusa optimizando la experimentación.

Conclusiones

Sobre la superficie del acero H13 se logró la formación de las fases FeB y Fe_2B en la capa superficial formada por el tratamiento termoquímico, verificando su presencia mediante microscopía de barrido electrónico y mapeo elemental, asegurando que el boro se encuentra presente en las muestras con los tratamientos térmicos de 950^0C a 4 horas y 1050^0C por 6 horas y templado.

Respecto al análisis de nanodureza, el acero AISI H13 presenta una dureza en el rango de 2.452 a 3.432Gpa, mediante el tratamiento termoquímico se logró una dureza de 6.5GPa en la muestra borurada a 4 horas a 950^0C y un incremento de 10Gpa en al acero borurado a 6 horas a1050^0C y templado, lo que equivale a un incremento de 1.9 y 2.31 veces respectivamente. Así mismo en el material borurado y templado se registró un incremento de la nanodureza 1.5 veces en la fase FeB y 1.34 en la fase Fe_2B en la muestra de Acero AISI H13 Borurado-Templado a 6 horas con respecto a la muestra Borurada a 4hrs.

Los resultados de la prueba de nanodureza indican un incremento un incremento de la dureza en ambas fases en el acero borurado con éste tipo de enfriamiento, que con respecto a las piezas no templadas, adicional a esto en la microestructura del material borurado-templado se observa martensita en un 85% de transformación, mientras que la microestructura de las muestras sin temple presenta martensita con alto contenido de austenita retenida.

Los datos obtenidos de la prueba de polarización lineal estática, mostraron que los valores de la intensidad de corriente se elevaron respecto a la muestra sin borurar así mismo respecto a las muestras boruradas en general a mayor temperatura y tiempo de exposición con temple, el recubrimiento de boro sumado al tratamiento de temple mejoró la resistencia del acero H13, esto debido a la formación de boruros que protegen la superficie formando una capa pasiva, en primer término por la influencia de los elementos de aleación principalmente el cromo el cual participa en las reacciones anódicas, incrementando la resistencia a la corrosión de acero AISI H13, en segundo término la gran cantidad de aniones presentes en el electrolito representaron un medio sumamente agresivo, lo cual sumado al agrietamiento de la superficie borurada posiblemente ocasionada por la presencia de oxígeno, aceleró la corrosión de las muestras con tratamiento, presentando una resistencia menor a la esperada, presentando un mecanismo de corrosión por agrietamiento y ligera picadura presente en la superficie tratada .

Referencias

1. Barcenas, D.; Bravo, I. (2010). Formación y caracterización de capas duras en aceros AISI 1045. Instituto Politécnico Nacional
2. Bravo-Bárcenas, D.I & Campos-Silva, I.E. (2010). Formación y caraterización de capas duras en aceros AISI 1045 (Tesis de maestría). Instituto Politecnico Nacional. México, D.F.
3. Brunoro, G.; Frignani, A.; Colledan, A.; Chiavari, C. (2003). Organic films for protection of copper and bronze against acid rain corrosion. Corrosion Sci. **(45)** 2219-2231.
4. Budinski, K.G. (1998). Surface Engineering for Wear Resistance. *Prentice Hall*, New York.
5. Dasa, K.; Alphonsab, J.; Ghosha, M.; Ghanshyamb, J.; Raneb, R.; Mukherjeeb, S. (2017). Influence of pretreatment on surface behavior of duplex plasma treated AISI H13 tool steel. *Surf. Intf.* **(8)** 206-213.
6. Genel, K. (2006). Boriding kinetics of H13 steel.*VACUUM* **(80)** 451-457.
7. Kariofillis, G.K; Kiourtsidis, G.E.; Tsipas, D.N. (2006). Corrosion behavior of borided AISI H13 hot work steel. Surf. Coat. Tech. **(201)** 19-24.
8. Kumar-Sinha, A.; Piston-Division, B. (2002). ASM Handbook: Heat Treating. ASM International Vol. **(4).**

 ISSN 2007-8102

9. Ortiz-Dominguez, M.; Campos- Silva, I.E. (2013). Contribución de la Modelación Matemática en el tratamiento termoquimico de Borurización. Instituto Politecnico Nacional, México, D.F.

10. Ragab, K.A.; Abdel-Karim, R.; Farag, S.; El-Raghy, S.M.; Ahmed, H.A. (2010). Influence of SiC, SiO_2 and graphite on corrosive wear of bronze composites subjected to acid rain. *Tribology Int*. **(43)** 594-601.

11. Recco, A.A.C.; Tschiptschin, A.P. (2012). Structural and mechanical characterization of duplex multilayer coatings deposited onto H13 tool steel. *J. Mater. Res. Technol*. **(1)** 182–188.

12. Tavakoli, H.; Mousave- Khoie, S. M. (2010). An electrochemical study of the corrosion resistance of boride coating obtained by thermo-reactive diffusion. Mat. Chem. Phys. **(124)** 1134-1138.

13. Telasang, G.; Dutta Majumdar, J.; Padmanabham, G.; Manna, I. (2015) Wear and corrosion behavior of laser surface engineered AISI H13 hot working tool steel. Surf. & Coat. Tech. (261) 69-78.

Análisis de calidad en el proceso de engargolado lineal

P. A. Limon Leyva[1], R. A. Figueroa Diaz[1], I. Murillo Verduzco[1], M. Herrera Sarellano[1,] J.M. Campoy Salguero[1].*
[1]Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Náinari, Departamento de Eléctrica y Electrónica. Calle Antonio Caso S/N y E. Kino, Colonia Villa ITSON. C.P. 85130, Ciudad Obregón, Sonora, México.
** pablo.limon@itson.edu.mx*
Área de participación: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Resumen

El presente trabajo se enfoca en el análisis del parámetro superficial denominado arruga, el cual se presenta como un ondulamiento en la ceja de la lámina exterior que puede ser generada por una distribución de esfuerzos longitudinales no uniforme durante el proceso de engargolado.

El estudio consistió en el análisis por Elemento Finito de los tres métodos de engargolado, utilizando el software comercial ANSYS Workbench 15®, para la validación experimental se realizó un diseño de experimentos para cada uno de los procesos, donde se consideraron probetas obtenidas a 0°, 45° y 90° respecto a la dirección de rolado, y tres variables geométricas dando un total de 72 experimentos, utilizando un prototipo de máquina para engargolar se doblaron 72 probetas de aluminio automotriz (Al-6011), luego las probetas dobladas fueron analizadas utilizando un microscopio digital VHX-5000, de los datos obtenidos se determinó el método con mayor eficiencia para disminuir el defecto arruga.

***Palabras clave**: Engargolado, Arruga, Simulación, DOE.*

Abstract

The present work focuses on the analysis of the surface parameter called wrinkle, which is presented as an undulation in the eyebrow of the outer sheet that can be generated by a non-uniform distribution of longitudinal forces during the hemming process.

The study consisted of the analysis by Finite Element of the three hemming methods, using the commercial software ANSYS Workbench 15®, for the experimental validation a design of experiments was carried out for each of the processes, where specimens obtained at 0 ° were considered , 45 ° and 90 ° with respect to the direction of rolling, and three geometric variables giving a total of 72 experiments, using a prototype machine 72 automotive aluminum specimens were bent (Al-6011), then the folded specimens were analyzed using a VHX-5000 digital microscope, the method with the highest efficiency to reduce the wrinkle defect was determined from the data obtained.

***Key words**: Hemming, Wrinkle, Simulation, DOE.*

Introducción

Dentro de los procesos de producción de la industria metal mecánica encontramos aquellos denominados procesos de conformado, el conformado de metales comprende una amplia variedad de procesos de manufactura, los cuales consisten en la deformación plástica de una pieza inicialmente plana (comúnmente una lámina), a la cual se le aplica una configuración final deseada por medio de múltiples herramientas [1].

Uno de los procesos de conformado que recientemente ha sido estudiado es el engargolado, por ser utilizado ampliamente en la industria automotriz, generalmente este proceso se lleva a cabo en las etapas finales de producción, puesto que sirve para aumentar la rigidez de la zona engargolada, para optimizar los bordes de las estructuras y, por último, para unir los paneles interiores y exteriores, por lo que se aplica en puertas, cofres, cajuela, en cierres y uniones de carrocería [2].

 ISSN 2007-8102

El proceso consiste en tres pasos, inicialmente se lleva a cabo la etapa de doblado, la cual consiste en generar un doblez a 90° en el borde del panel exterior, lo que se denomina como ceja. Posteriormente, se realiza un segundo doblez en la etapa de pre-engargolado, el cual puede variar entre los 30° y 60° a partir del doblez inicial de la ceja, por último en la etapa de engargolado final se realiza el doblado de la ceja a 180° con respecto a la posición original del panel exterior [3,4].

Existen tres métodos para llevar a cabo el proceso, el *Die Hemming*, que se realiza utilizando una prensa complementada con herramentales con un patrón de movimiento vertical. De manera similar, el *Table Hemming* también se realiza empleando una prensa, sin embargo, el movimiento de los herramentales puede ser horizontal, vertical o una combinación de ambos, por otro lado, el método de *Roll Hemming* emplea un rodillo conducido a lo largo de una trayectoria dada [3 - 8] (figura 1).

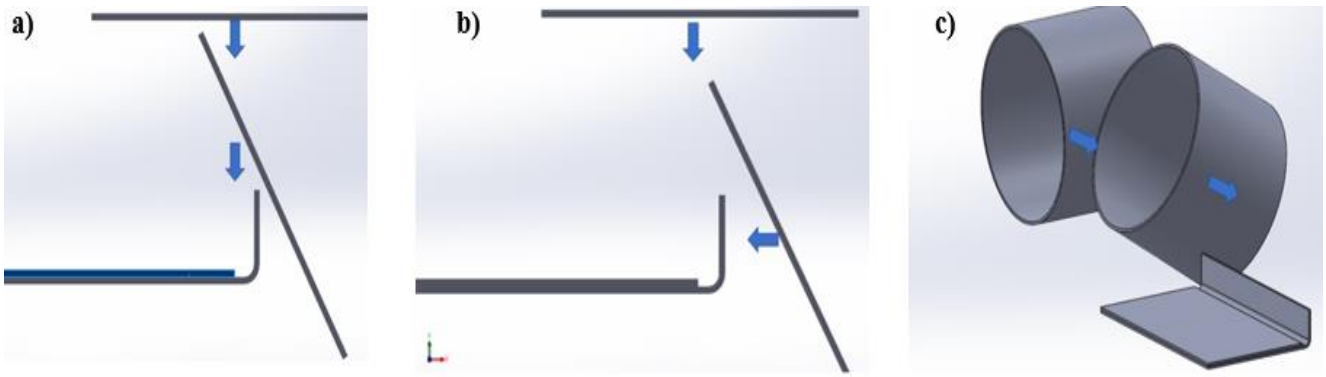


Figura 1.- Métodos de engargolado, a) Die Hemming, b) Table Hemming, c) Roll Hemming, las flechas indican el movimiento de los herramentales.

Los parámetros de calidad involucrados en el engargolado se pueden clasificar como dimensionales y superficiales, los cuales pueden clasificarse a su vez por parámetros específicos. En el aspecto dimensional, se le llama *Roll In*, a la distancia negativa entre el radio exterior del engargolado y la brida original del panel, mientras que a la distancia positiva entre el radio exterior del engargolado y la brida original del panel se le llama *Roll out.* [8]. Por otro lado, la calidad de la superficie está relacionada con las deformaciones que pueden o no generarse en el área interior y exterior a lo largo del borde del producto, tales como arrugas, grietas, Recoil y Warp [10].

El presente trabajo se enfoca en la evaluación de uno de los parámetros superficiales denominado arruga, la cual se presenta como un ondulamiento en la ceja de la lámina exterior que puede ser generada por una distribución de esfuerzos longitudinales no uniforme [9]. En el caso del proceso de engargolado, a pesar de ser un proceso ampliamente estudiando durante la última década, lograr la calidad de las piezas al final del proceso sigue siendo una tarea complicada y que está profundamente influenciada por las propiedades mecánicas del material utilizado y los parámetros de entrada considerados para el proceso, los cuales pueden ser: espesor del material, fuerza de engargolado, diámetro del rodillo, altura de la ceja, entre otros, un aspecto que complica a un más la tarea es el hecho de que este es un proceso terminal y la estética del vehículo está ampliamente relacionada con el éxito del proceso.

Método

El estudio consistió en el análisis por Elemento Finito y posterior validación mediante pruebas experimentales en un prototipo de máquina para engargolar donde se doblaron 72 probetas, las cuales posteriormente fueron analizadas utilizando un microscopio digital VHX-5000, considerando los tres métodos de engargolado, para el estudio se utilizaron láminas de aluminio automotriz de la serie 6000 (Al-6011) [11], cuyas propiedades se enlistan en la Tabla 1.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Propiedades mecánicas del material.

Propiedad	*Valor*
Densidad	2770 Kg/m^3
Módulo de elasticidad	70 Gpa
Razón de Poisson	0.3
Constante de endurecimiento	533 Mpa
Exponente de endurecimiento	0.261
Resistencia a la cedencia	151 Mpa
Exponente de Barlat	8
Coeficiente Lankford 0º	0.780
Coeficiente Lankford 45º	0.527
Coeficiente Lankford 90º	0.599

Para el análisis computacional, se generó el modelo geométrico, utilizando el software de diseño con el que cuenta la interfaz de WORKBENCH, *DesignModeler*, donde se generaron las siguientes geometrías:

- ***Panel interior (Inner):*** Es el panel sobre el cual se engargolará el panel exterior.
- ***Panel exterior (Outer y Flange):*** el panel exterior se divide en dos partes. La primera parte es el *Outer*, que se puede considerar la parte de la placa que no sufrirá deformaciones, y la ceja *(Flange)* la cual se va a engargolar.
- ***Base del engargolado (Hem Bed):*** Es una pieza que tiene las mismas dimensiones y forma que el panel exterior *(Outer)* y sirve como apoyo para realizar el engargolado.
- ***Herramentales:*** Es la herramienta con la cual se deformará la ceja.

Posterior al diseño de geometrías, fue necesario asignar parámetros como el tipo de elemento a utilizar, el modelo de material recomendado para el material utilizado, el comportamiento de las partes que intervienen en la simulación, ya sean rígidas (herramentales) o deformables (lámina). Definidos los parámetros anteriores, se prosiguió con la discretización del modelo analizado, generando los contactos entre todas las partes involucradas en el modelo de elemento finito; adicionalmente, se aplicaron las condiciones de frontera necesarias y las trayectorias de las herramientas utilizadas.

Se realizó la simulación de los tres procesos, con sus respectivas consideraciones de movimiento y herramentales, bajo la influencia de las variables de entrada consideradas en el estudio, tales como, ángulo de pre engargolado, altura de la ceja, posición de la herramienta (*Table Hemming y Die Hemming*) y diámetro del rodillo (*Roll Hemming*), las cuales se describen a continuación:

- ***Altura de la ceja***, se refiere a la medida de la ceja en referencia a la base del engargolado, para el estudio se consideran valores de 10 mm como altura máxima y 7 mm como mínima, debido a que tales valores generan una mejor calidad del engargolado de acuerdo a la literatura consultada [12].
- ***Ángulo de pre-engargolado***, es un parámetro cuyo valor depende de la referencia que se utilice, regularmente, las dos referencias más comunes son: la ceja inicial y el panel interior. En la literatura consultada se reporta el uso de ángulos en un rango de 30° a 60°, comúnmente tomando como referencia la ceja inicial.
- ***Ubicación de la herramienta***, se refiere a la alineación o desfase del centro de gravedad del formador con el borde de la ceja inicial, donde 0 representa el centro de gravedad alineado al borde de la ceja y 10 mm representan un desfase hacia afuera de la ceja, los valores utilizados fueron considerados como hipótesis de que la variación tiene influencia en la calidad del engargolado.
- ***Diámetro del rodillo***, indica el diámetro exterior del rodillo, los valores considerados fueron tomados como referencia de estudios anteriores por demostrarse que al exceder el rango se presentan defectos en el proceso de engargolado [12], solo aplica para el método *Roll Hemming,* la tabla 2 muestra un resumen de los valores considerados como variables de entrada para cada método estudiado.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Variables de entrada utilizadas en los diseños de experimentos.

Variables	*Valor considerado*		*Método*
	Mín	**Máx**	
Altura de ceja	7mm	10mm	DH, TH, RH
Pre-engargolado	30°	60°	DH, TH, RH
Posición de herramienta	0	10mm	DH, TH,
Diámetro del rodillo	1.5in	2.5in	RH

De la Tabla 2, *DH* es *Die Hemming*; *TH* es *Table hemming* y *RH* es *Roll hemming.*

Un vez calibrado el software y desarrollado el modelo de Elemento Finito se procedió a resolverlo mediante el software comercial ANSYS Workbench 15® se analizaron los resultados iniciales, los cuales se tomaron como referencia para determinar la factibilidad de la metodología implementada.

Para realizar la validación de los resultados experimentales, para cada uno de los procesos se realizó un diseño de experimentos (DOE). El objetivo del diseño de experimento es encontrar la combinación de parámetros de entrada que generará la salida más conveniente para el experimentador, Montgomery [13] define al DOE como un proceso para recabar datos que puedan analizarse con métodos estadísticos, a través de los cuales se obtengan conclusiones válidas y objetivas sobre el fenómeno estudiado. Para llevar a cabo un diseño de experimentos, es importante la realización de distintas replicas y que a su vez estas se efectúen de manera aleatoria formando bloques (condición experimental relativamente homogénea), el presente estudio considero probetas obtenidas a 0°, 45° y 90° respecto a la dirección de rolado, dando como resultado, nueve diseños de experimento 2^k con tres variables geométricas de entrada (descritas anteriormente), para una suma total de 72 pruebas experimentales.

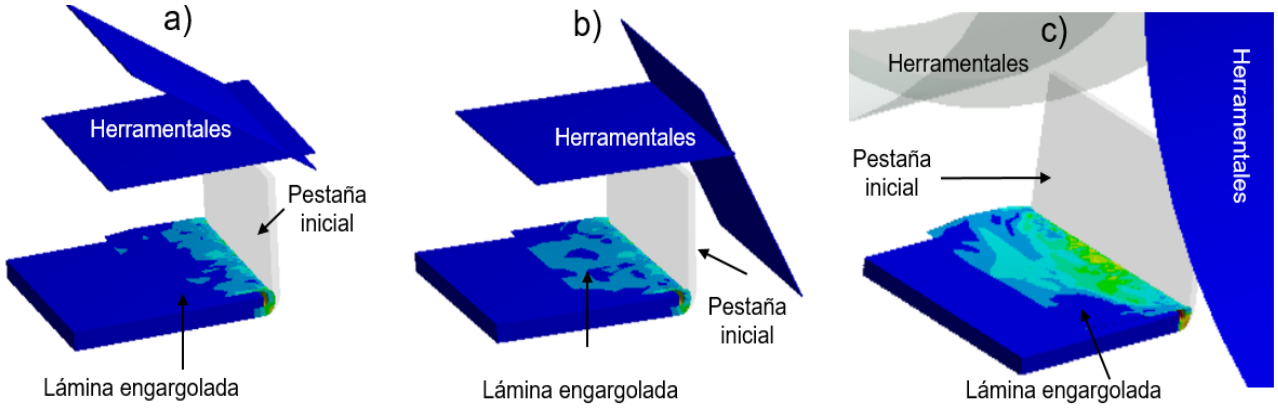


Figura 2. Resultados de simulación a) *Die Hemming*, b)*Table Hemming*, c) *Roll Hemming.*

El proceso de doblado de ceja (*flanging*), fue realizado a las 72 probetas utilizadas mediante el uso de una dobladora universal. Considerando las especificaciones del estudio, se realizaron probetas con cejas de 7 mm y 10 mm. Una vez realizada la ceja en cada uno de los especímenes, se procedió a realizar la sujeción y alineamiento de la lámina y el herramental. Para cada caso, las longitudes de ceja, los ángulos de pre engargolado y posición de la herramienta estuvieron especificados por el diseño de experimentos, los cuales se replicaron uno por cada ángulo de corte de la probeta respecto a la dirección de rolado (0^0, 45^0 y 90^0).

Para el caso del engargolado por *Die Hemming,* se realizó el pre engargolado considerando un ángulo de 30º o 60º, mismo que fue dado por la orientación de la herramienta (formador) en contacto con la lámina engargolada. Para lograr el engargolado se aplicó presión verticalmente sobre la ceja del panel exterior, como puede observarse en la Figura 3. Después de realizar el pre-engargolado deseado, se ajustó la herramienta con los

 ISSN 2007-8102

requerimientos para el engargolado final, es decir, la lámina y la herramienta en contacto plano. Una vez sujeta y preparada la probeta, se procedió a accionar la prensa aplicando carga de forma vertical hasta realizar el engargolado final.

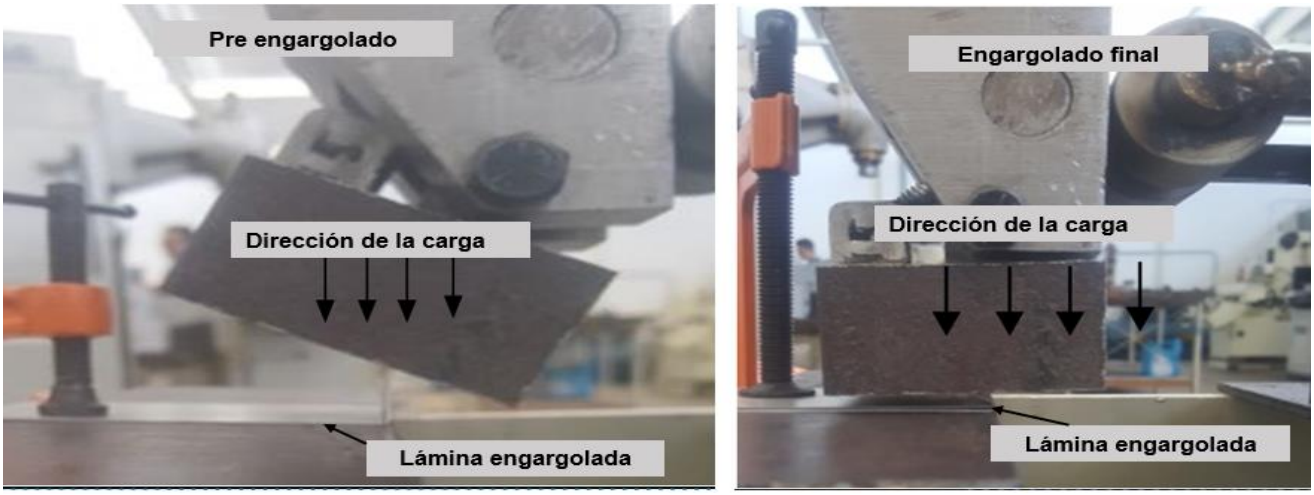


Figura 3.- Pruebas experimentales en prototipo mediante *Die Hemming.*

Para los experimentos del método *Table Hemming,* inicialmente se sujetó la lámina y se alineo el herramental, para posteriormente realizar el pre-engargolado. Sin embargo, a diferencia del método anterior, el herramental en este proceso se mueve de forma horizontal para lograr el pre-engargolado, ver Figura 4. Después de realizar el pre-engargolado requerido, se ajustó el ángulo de la herramienta para logar el engargolado final, es decir, contacto plano. Para este propósito, la prensa aplica presión vertical sobre la lámina pre-engargolada. Por último, para el proceso de engargolado por rodillo, se consideraron la longitud de ceja, el ángulo de pre engargolado y el diámetro del rodillo como variables de entrada para el diseño de experimentos. En este proceso, tanto para el pre-engargolado como para el engargolado final, la herramienta (formador) avanza, guiando al rodillo de forma horizontal a lo largo de la ceja, ver Figura 5. Para lograr el pre-engargolado, la configuración del rodillo se ajustó a 30º y 60º grados, mientras que para el engargolado final se utilizó un ángulo de 90º respecto a la vertical.

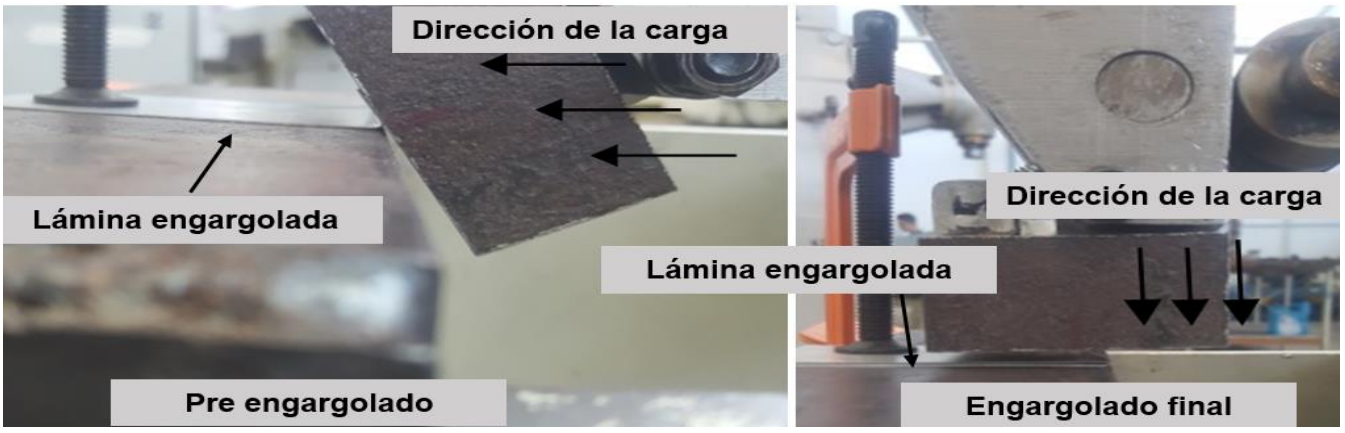


Figura 4.- Pruebas experimentales en prototipo mediante *Table Hemming.*

 ISSN 2007-8102

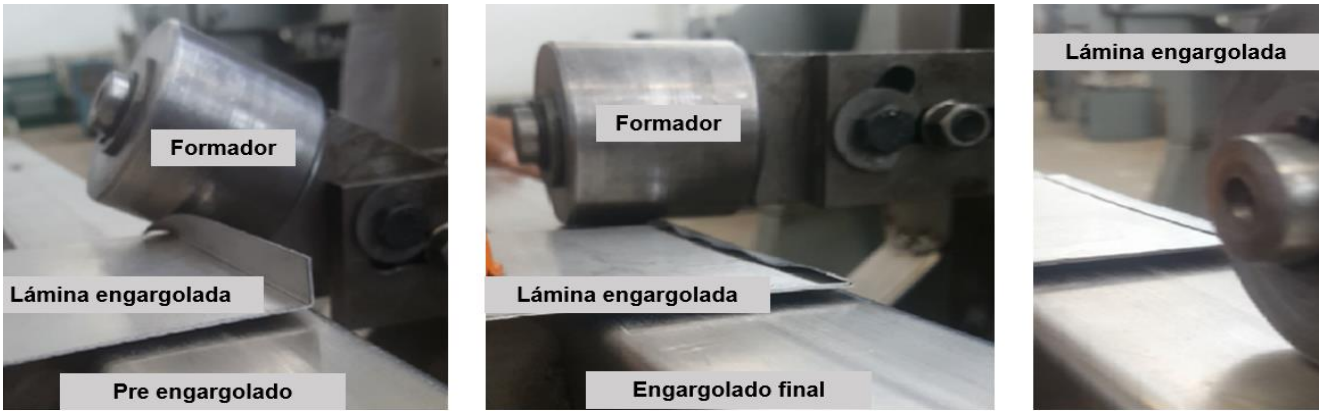


Figura 5.- Pruebas experimentales en prototipo mediante *Roll Hemming.*

Para realizar las mediciones de resultados experimentales mediante el microscopio, se utilizó un sistema de montaje mediante acrílico, para el caso de estudio se utilizaron productos de la marca internacional Buehler. Se prepararon los acrílicos con las probetas engargoladas y se realizó la calibración y ensamble de imágenes en 2D, las mediciones se llevaron a cabo utilizando un microscopio digital VHX-5000, este procedimiento se aplicó a las 72 probetas engargoladas mediante el prototipo.



Figura 6. Medición mediante microscopio de una probeta engargolada.

Resultados

A continuación se presentan los resultados del valor de la arruga para los tres métodos estudiados, considerando que para el análisis numérico no se toma en cuenta el ángulo de corte de la probeta respecto a la dirección de rolado, ya que las tres direcciones se consideran en el modelo de material, los resultados presentados están en función de las variables de entrada consideradas para el presente estudio, tales como, ángulo de pre engargolado, altura de la ceja y ubicación de la herramienta.

En el análisis por elemento finito del método *Die Hemming,* se encontró como valor máximo de arruga 1.799 mm, para el engargolado por *Table Hemming* el valor máximo encontrado fue de 1.726 mm y para el método por *Roll Hemming*, el valor máximo de arruga encontrado fue de 2. 575. De las pruebas en el prototipo para el engargolado por *Die Hemming,* se encontró como valor máximo de arruga de 1.883 mm y mínimo 1.7300 mm, para el método *Table Hemming* se encontró 1.796 mm como valor máximo y 1.721 mm mínimo, mientras que para el método de *Roll hemming* los valores máximos y mínimos encontrados corresponden a 1.966 y 1.733 respetivamente.

Los resultados del análisis en microscopio representan las mediciones hechas a las probetas engargoladas mediante el uso del microscopio. Para el proceso de engargolado por *Die Hemming*, el valor máximo encontrado en las mediciones fue de 1.837 mm y 1.693 como valor mínimo, para el caso del método de engargolado por *Table Hemming,* el valor máximo encontrado en las mediciones fue de 1.754 mm y 1.712 como valor mínimo, finalmente para el método de *Roll Hemming* se obtuvieron los siguientes valores, máximo 2.207 mm y 1.763 como minimo. La tabla 3 representa un concentrado de los valores máximos y mínimos encontrados para cada método.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Valores máximos y mínimos encontrados para método en simulación, pruebas en prototipo y mediciones con microscopio.

	Simulación		*Prototipo*		*Microscopio*	
Método	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Die Hemming	1.799 mm	1.775 mm	1.883 mm	1.730 mm	1.837 mm	1.693 mm
Table Hemming	1.726 mm	1.708 mm	1.796 mm	1.721 mm	1.754 mm	1.712 mm
Roll Hemming	2.575 mm	1.754 mm	1.966 mm	1.733 mm	2.207 mm	1.763 mm

La figura 7 presenta un concentrado de los valores promedio del valor para arruga de cada uno de los métodos estudiados y para cada tipo de análisis, es decir, se presenta el promedio de los valores para la arruga en el método *Die Hemming* obtenidos del análisis numérico (DHS), método *Die Hemming* pruebas en prototipo (DHP), método *Die Hemming* censadas con microscopio (DHM), método *Table Hemming* análisis numérico (THS), *Table Hemming* pruebas en prototipo (THP), *Table Hemming* microscopio (THM), *Roll Hemming* análisis numérico (RHS), *Roll Hemming* prototipo (RHP) y *Roll Hemming* microscopio (RHM).

En ella pueden observarse de forma gráfica el comportamiento general de las probetas analizadas por cada método, en base a estos resultados en simulación se determinó que el método de engargolado por *Die Hemming* alcanzo .031 mm como valor promedio, método de *Table Hemming* presento en promedio .011 mm de desviación mientras que el *Roll Hemming* obtuvo el valor promedio de .259 mm de desviación respecto al espesor ideal del engargolado (1.71 mm calculado en base al espesor de la lámina utilizada). De las medidas tomadas manualmente a las probetas engargoladas el método de *Die Hemming* se calculó un valor promedio de .194 mm, el método *Table Hemming* un valor promedio de .0.053 mm, mientras que el *Roll Hemming* obtuvo un promedio de 0.0993 mm de desviación. Finalmente de las medidas censadas mediante el uso del microscopio se encontró para el método *Die Hemming* un valor de .063 mm, para el método *Table Hemming* con 0.026 mm, mientras que el *Roll Hemming* obtuvo un promedio de .202 mm.

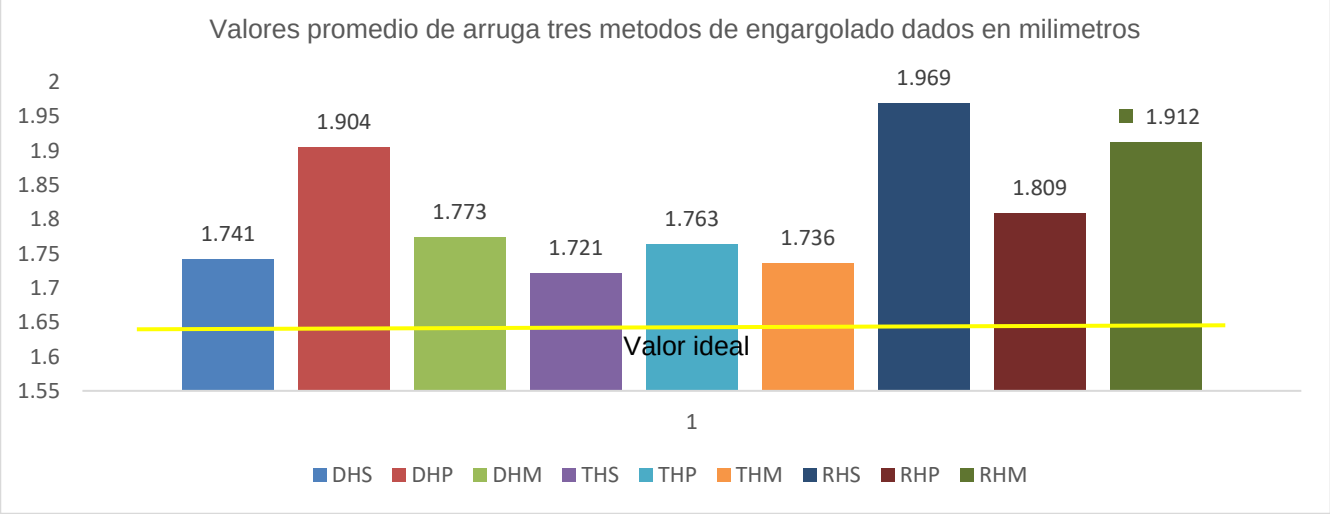


Figura 7.- Valores promedio de arruga de los tres métodos según el tipo de análisis.

Conclusiones

Considerando las condiciones del estudio, incluidas las variables de entrada, así como los factores mecánicos y humanos, se considera que el método *Table Hemming* obtuvo mayor eficiencia en calidad de la arruga, aun cuando en los valores promedio de los resultados obtenidos presento variación respecto al valor ideal, esta es la menor presentada por los tres métodos estudiados, además de que en la observación de los resultados particulares presentaron mayor estabilidad entre el valor máximo y mínimo obtenidos. Es significativo mencionar que en los tres casos existe variación en los resultados obtenidos del análisis numérico, de las pruebas en

prototipo y de los datos censados mediante el microscopio, lo cual podría significar la presencia de incertidumbre en los resultados tomados de forma manual.

Se determinó el método de engargolado por *Roll Hemming*, como el menos eficiente ya que se observó un comportamiento irregular con una amplia variación entre valores máximos y mínimos, en su mayoría alejados del espesor ideal de 1.71 mm. Por lo que se concluye que los parámetros utilizados en el estudio para el proceso de engargolado por *Roll Hemming* no son ideales debido a la relación entre las fuerzas aplicadas y el espesor de la lámina utilizada en el presente estudio. En el análisis particular de las condiciones de entrada y los resultados del valor de arruga de las 72 probetas analizadas, se encontró que utilizando el método de *Die Hemming,* con un ángulo de corte de la probeta a 90º, pestaña con altura de 10 mm, ángulo de pre engargolado de 30º y posición de la herramienta de 0 mm, se obtiene un espesor de 1.73 mm, que obtuvo mayor aproximación al engargolado ideal en el presente estudio.

Es importante considerar que los resultados presentados están relacionados con la sujeción de la probeta y en su caso, con la posición de la herramienta y el diámetro del rodillo utilizados para los experimentos. Por lo que los resultados obtenidos son representativos solo para fijaciones mecánicas, similares al banco de pruebas experimental utilizado. Sin embargo, la metodología propuesta para el análisis comparativo de los métodos de engargolado puede ser escalada para el estudio de diferentes condiciones de operación. Cabe mencionar que el propósito del presente se enfoca en encontrar la relación existente, es decir, la influencia de las variables de entrada hasta ahora consideradas en la literatura sobre los parámetros de calidad que evalúan el proceso, por lo tanto no se analiza en el presente, una parte o pieza especifica del vehículo, sino la posibilidad de encontrar el método y los criterios que presentan una mayor eficiencia bajo las condiciones que fueron posibles desarrollar.

Referencias

1. Vallellano, C., Erce, J. J., and García-Lomas, F. J. (2005). Predicción del fallo en el conformado plástico de chapa mediante criterios de fractura dúctil. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*. **9 (2)** 101-111.
2. Garrido, C., Celentano, D., Castillo, J., and Guerra, J. M. (2004). Simulacion del proceso de embuticion de una tapa embrague de una lavadora semiautomatica. CONGRESO CONAMET/SAM **(35)**
3. Gürgen, S. (2019) A parametric investigation of roller hemming operation on a curved edge part. Archives of Civil and Mechanical Engineering. **19 (1)** 11-19.
4. Cacique, B.; Capilla, G.; Aguilera, N.; Arroyo, R.; and Orozco, M. (2013) Metodología para el análisis del proceso de engargolado por rodillos en una probeta especializada. *Memorias del XIX congreso internacional anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica.* **(6)** 818 – 826.
5. Lin, J.; Zhou G.; Wang, J.; Huang, Y. and Wang Q. (2014) MEF-Simulation of Automobile Sheet Metal Hemming Process. *Applied Mechanics and Materials* **(602 - 605)** 86 -89.
6. Muderrisoglu, A.; Maratab, M.; Ahmetoglua M.; Kinzel G and Altan T.(1996) Bending, flanging, and hemming of aluminum sheet-an experimental study, *Journal of Materials Processing Technology* **(59)** 10-17.
7. Livatyali, H. and Larris, S. (2004) Experimental investigation on forming defects in flat surface – convex edge hemming: roll, recoil and warp. *Journal of material processin technology* **(153)** 913 -916.
8. Limón, P.; García, P.; Balvantín, A.; Diosdado, J.; Govea, E.; and Pérez, P. (2017) "Diseño conceptual y fabricación de un prototipo de dispositivo para el engargolado de láminas metálicas," *Memorias Del XXIII Congreso Internacional Anual de La Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica.* **(10)** 259 – 267.
9. Wang, G., Zhengwei, G.; Hong, X. and Ge Y. (2019) Numerical analysis and experimental investigation of surface defects in die hemming process. I*nternational Journal of Material Forming*. **(12)**1-12.
10. Livatyali, H.; Laxhuber, T. and Altan, T. (2004) Experimental investigation of forming defects in flat surface – convex edge hemming. *Journal of material processin technology.* **(146)** 20- 27.
11. Rubio, P.; Saldaña, A.; Capilla, G.; Reveles, F.; Gutierrez, M. and Pérez, P. (2012) Simulaciones de la prueba de embutido para aluminio 6111 y acero SP783-590 con distintos modelos de material en LS-DYNA (Informe técnico s.n., UGTO-CA-21).
12. Limon, P.; Ledesma, E.; Aguilera E.; Plascencia, H.; Balvantin, A. and Diosdado, J. (2017) Optimización paramétrica del proceso de engatillado lineal por roldana para chapas metálicas. *DYNA-Ingeniería e Industria*, **92(5).** 552-559.
13. Montgomery, D. (2008) *Design and Analysis of Experiments*, Estados Unidos de America, John Wiley and Sons.

Mejora de eficiencia térmica rediseñando el sistema de aislamiento de un horno de calentamiento de lingote

E. U. Martinez Carmona[1], M. A. Parra Rangel[2], A. E. Rodríguez Mariano[2], M. G. Sil Pérez[2], J. Bedolla Hernández[1]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Apizaco, Av. Instituto Tecnológico s/n, C.P. 90300, Apizaco, Tlaxcala, México.
[2]Departamento de Ingeniería y Desarrollo de proyectos, Integración De Proyectos Multidisciplina, Priv. lardizabal 2745, La cañada, C.P. 90360, Apizaco, Tlaxcala, México.
[1]desarrollo@ipmtlax.com.mx*
[2]ventas@ipm.mitmx.net

***Área de participación**: Ingeniería mecánica y mecatrónica.*

Resumen

El presente trabajo muestra el proceso realizado para la mejora de la eficiencia térmica de un horno de calentamiento de lingote de aluminio mediante el rediseño e instalación del sistema de aislamiento térmico por medio del uso de herramientas informáticas, análisis por elemento finito y la comparación con un estudio termográfico para determinar la eficacia del aislante en condiciones reales y también compararlo con el perfil térmico obtenido con el estudio FEA. Dadas las condiciones del proyecto se determinó realizar la selección correcta del material, el arreglo de las capas aislantes y la correcta instalación del material seleccionado. El aislante a instalar por sus propiedades térmicas y mecánicas es la fibra cerámica refractaria para sustituir al aislante térmico anterior el cual se encontró en un estado deficiente que provoca un bajo rendimiento del horno además de daños a la estructura y componentes externos.

***Palabras clave**: Térmica, Eficiencia, Termografía, FEA.*

Abstract

This paper shows the process developed for the improvement of the thermal efficiency of an aluminum ingot heating furnace by redesigning and installing the thermal insulation system through the use of technologies, finite element analysis and comparison with a thermographic study to determine the effectiveness of the insulator in real conditions and also compare it with the thermal profile obtained with the FEA study. Given the conditions of the project it was determined to make the right selection of the material, the arrangement of the thermal insulator layers and the right installation of the selected material. The insulator to be installed due to its thermal and mechanical properties is the refractory ceramic fiber to replace the previous thermal insulator which was found in a average state which causes a low furnace performance and damages to the structure and external components.

***Key words**: Thermal, Efficiency, Thermography, FEA.*

Introducción

Un proceso para producir perfiles de aluminio es por medio de la extrusión de un lingote sometiéndolo a una temperatura elevada para poder extruirlo más eficientemente y así este tome la forma deseada, esta operación requiere de un horno de calentamiento el cual consta de un medio de transporte y además de un sistema de calentamiento por medio de quemadores, los hornos de calentamiento de lingote se componen de una superestructura de metal y en su interior contienen capas de materiales con baja conductividad térmica (aislantes térmicos) los cuales tienen la finalidad de aislar el calor con el exterior del horno y así mismo evitar daños por temperatura a los componentes externos y a la estructura del horno.

 ISSN 2007-8102

El comportamiento del sistema se evalúa, mediante el conocimiento de la transferencia de calor a partir de datos del proceso, propiedades de los materiales empleados, la temperatura ambiente y su influencia en la transferencia de calor para analizar la temperatura en la carcasa exterior del horno de calentamiento de lingote.

Conducción

La transferencia de calor por conducción obedece a la ley de Fourier, que establece que la tasa de conducción de calor Q_{cond} es proporcional al área de transferencia de calor (A) y al gradiente de temperatura (dT/dx), o: Çengel, Y. A. [2011]

$$Q_{cond} = - K A (dT/dx) \quad \textbf{(1)}$$

donde K, la conductividad térmica y mide la capacidad de un material para conducir el calor. Las unidades de K son W/m.ºC o (Btu/s)/pulgada.ºF. Para la capa plana que aparece en la figura 1 , la tasa de conducción de calor viene dada por: [Çengel, Y. A. [2011]

$$Q_{cond} = - K A (T_H - T_C)/L \quad \textbf{(2)}$$

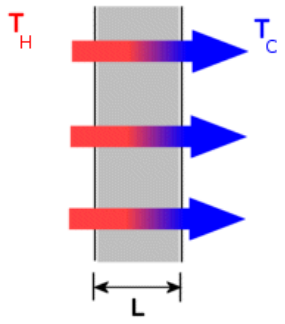


Figura 1.Transferencia de calor de una pared *fuente: solidworks*

Convección

La convección es el modo de transferencia de calor en la que el calor se transfiere desde la cara de un sólido a un fluido (o gas) adyacente en movimiento. Cengel, Y. A [2011]

Por lo general, existen dos modos de transferencia de calor por convección:

- **Convección natural (libre)**
- **Convección forzada**

El mecanismo de convección se puede explicar del siguiente modo: a medida que la capa del fluido adyacente a la superficie caliente va adquiriendo mayor temperatura, su densidad disminuye (a presión constante la densidad es inversamente proporcional a la temperatura) y se vuelve flotante. Un fluido más frío (más pesado) y cercano a la superficie reemplaza al que se va calentando y así se forma un patrón de formas de circulación. La tasa de intercambio de calor entre un fluido de temperatura T_f y la cara de un sólido de área A a temperatura T_s se rige por la ley de enfriamiento de Newton, que se puede expresar de la siguiente manera: véase figura 2.

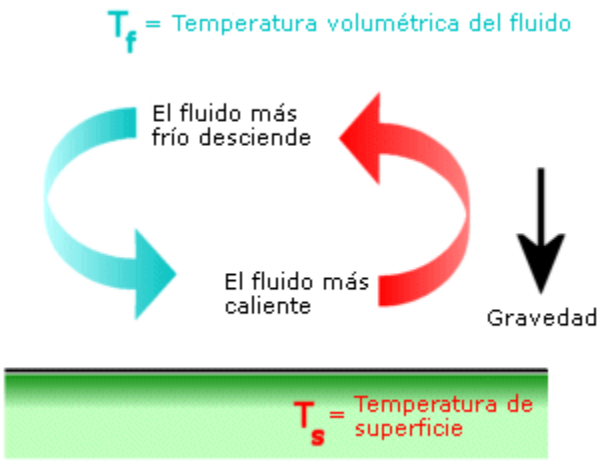


Figura 2. Mecanismo de convección *fuente: solidworks*

$$Q_{conv} = h A (T_s - T_f) \quad \textbf{(3)}$$

donde h es el coeficiente de transferencia de calor por convección. Las unidades de h son $W/m^2.K$ o $Btu/s.pulgada^2.F$. El coeficiente de transferencia de calor por convección (h) depende del movimiento, la geometría y las propiedades físicas y termodinámicas del fluido. F. Kreith [2002]

 ISSN 2007-8102

Coeficiente de transferencia de calor por convección

La siguiente tabla muestra algunos valores típicos para el coeficiente de transferencia de calor por convección:

Tabla 1 coeficientes de convección comúnmente usados fuente: solidworks

Medio	*Coeficiente de transferencia de calor h ($W/m^2.K$)*
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor supercalentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60,000
Vapor (en condensación)	6000-120,000

De acuerdo a Corona, G [2007] la Fibra Cerámica Refractaria (FCR) fue descubierta en 1942 y comercializada completamente en los años 60. Es un aislamiento térmico, es de bajo peso con baja conductividad térmica, de baja capacidad de almacenaje de calor y resistencia excelente al choque térmico. La FCR es un material refractario, capaz de servir con muy alta temperatura, hasta 2800 º F.

Los productos de Fibra Cerámica Refractaria son materiales importantes para los hornos industriales, los calentadores petroquímicos y los reactores y para las unidades de la contención del calor en el producto químico, fertilizante, acero, no ferrosos, cristal, de cerámica, fundición, cemento y las industrias Forjadoras. Morgan advanced materials [2019].

Un aislamiento térmico en perfectas condiciones es sinónimo de una baja transferencia de calor al exterior del horno, esto puede traducirse a una mejor eficiencia térmica del horno que conlleva a un aumento de la producción y a un ahorro en combustibles.

De acuerdo a Madrigal, J. [2018] y Santiago, D. [2005] la comparación de un análisis mediante elemento finito y una termografía amplia el contexto de visualización de los campos de temperatura en el objeto de estudio y esto es de gran ayuda para identificar problemas y fallas en el sistema.

Metodología

Análisis de la situación previa

Se identifican condiciones previas del equipo, se encuentran daños mayores en revestimiento de cúpulas, bloques de quemador y sellos principalmente (figura 3) los cuales provocan un mal funcionamiento del material provocando fugas de calor y además fallas en la estructura metálica y a elementos externos del horno de calentamiento de lingote.



Figura 3. Aislamiento dañado en horno de calentamiento de lingote

 ISSN 2007-8102

Parámetros de operación de aislante

- Temperatura interna de horno: 700 grados Celsius
- Temperatura ambiente: 30 grados Celsius
- Grosor de aislamiento: 5 Pulgadas

Materiales

Se determinó en una visita que el material de la superestructura del horno es de un acero AISI 1045 y los materiales aislantes eran, lana mineral para el piso con una densidad de 40 kg/m3 una conductividad térmica de 0.50 W/mK y aislante térmico cuyas especificaciones eran de una densidad de 4 PCF (64 kg/m3) y una conductividad térmica de 0.36 a 0.44 W/mK.

Rediseño de capas aislantes

Selección de materiales

De acuerdo al tipo de proceso y a la temperatura de operación del horno se optó por un material de FCR (fibra cerámica refractaria) kaowool con un compuesto de 46% Al2O3 (alúmina) y 54% SiO2 (silica) [3]con una densidad de 8 PCF (128 kg/m3) y una conductividad térmica de 0.14 a 0.28 W/mK, con ello asegurando una transferencia de calor baja y una integridad estructural del material aislante por instalar, grupo industrial Morgan Thermal Ceramics es quien fabrica compuestos de estos materiales en diferentes presentaciones y tamaños.

Dada la versatilidad de las fibras cerámicas pueden hilarse o soplarse a granel y colocarse en una manta, plegarse en módulos, convertirse en papeles, tableros y formas.

Beneficios: I. Excelente rendimiento de aislamiento II. Excelente estabilidad térmica: las fibras tienen buena resistencia a la devitrificación III. Bajo almacenamiento de calor IV. La combinación de fibras hiladas largas y la operación de punzonado producen mantas que resisten el desgarro tanto antes como después del calentamiento V. Resistencia al choque térmico VI. Buenas propiedades acústicas VII. No hay emisión de humo debido al desgaste del aglutinante. Corona, G. (2007).

Tomando en cuenta los datos del material y su versatilidad se observa un incremento en la densidad y una disminución en la conductividad térmica, estos se reflejan en una mayor integridad estructural y una mejoría en el aislamiento térmico (véase figura 4).

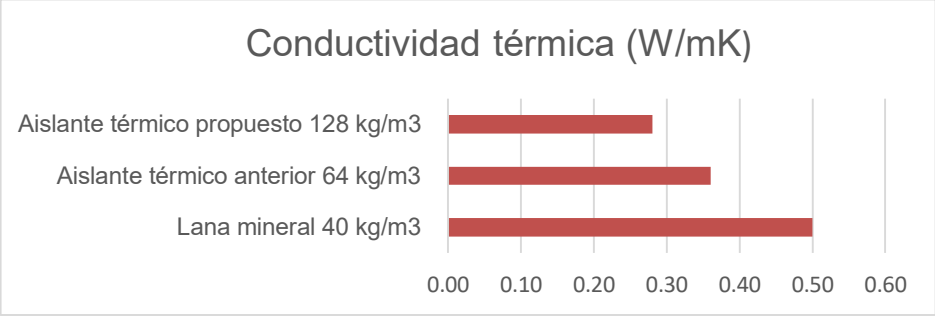


Figura 4. Conductividad térmica de los materiales usados y propuestos para el horno de calentamiento de lingote

Configuración de superposición de capas aislantes

De acuerdo los datos del plano del horno en la figura 5, se realiza un modelo 3D por medio de Solidworks para arreglo de las capas de los aislantes térmicos empleados en el horno de calentamiento de lingotes, en la figura 6 se puede observar el arreglo de los materiales empleados en el sistema de aislamiento térmico del horno.

 ISSN 2007-8102

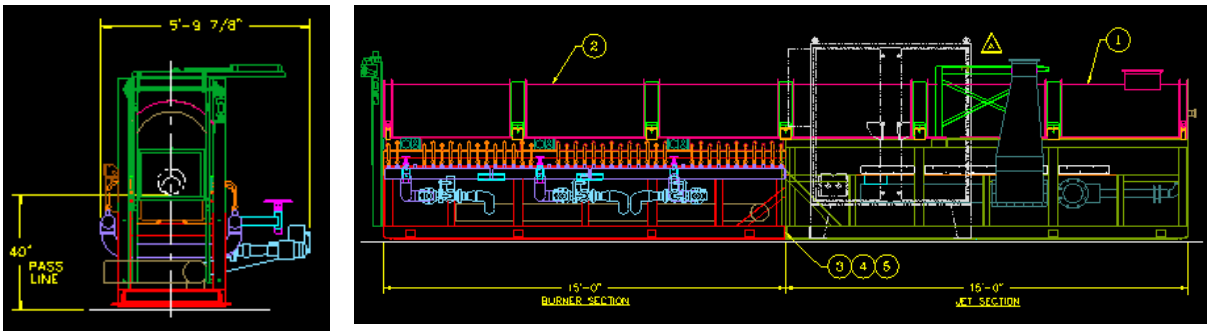


Figura 5. Vista frontal y lateral del horno de calentamiento de lingote

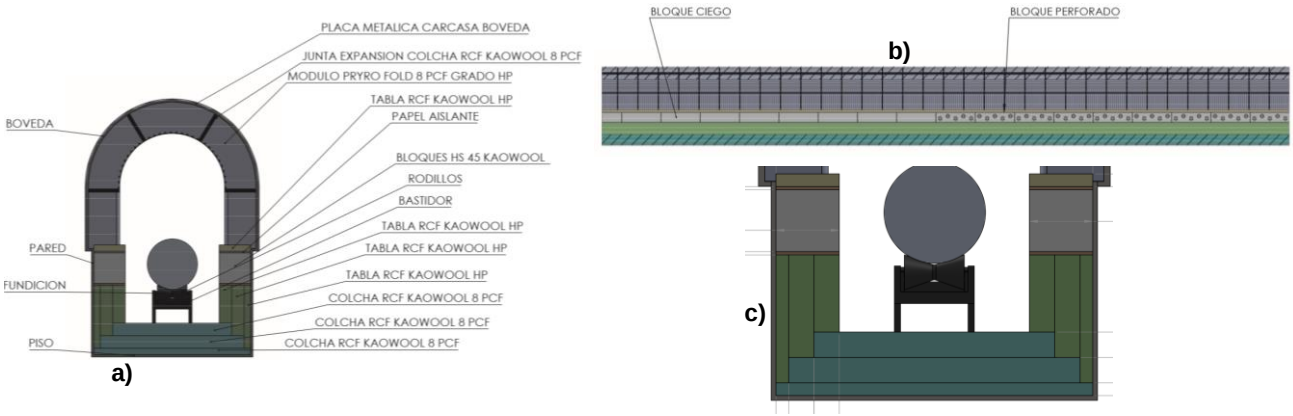


Figura 6. Esquema de instalación de aislamiento del horno de calentamiento de lingote a) vista frontal, b) vista lateral corte longitudinal y c) vista a detalla de piso

Nótese que en arreglo del piso y en las aristas inferiores en la figura 6 (c) no hay una linealidad en las capas aislantes esto se debe a que el arreglo está diseñado para eliminar las fugas del calor por las juntas entre capas de aislante térmico.

Para el caso específico de la cúpula o bóveda para sustituir al aislante anterior el cual solo se encontraba pegado con mortero y con un soporte estructural de acero AISI 1045, se optó por un sistema de módulos Pyro-Fold con herraje interno tipo “Y “de acero inoxidable AISI 310 de fibra cerámica de 128 kg/m3 y una conductividad térmica de 0.14 a 0.28 W/mK los cuales van soldados a la estructura de la cúpula (figura 7), en la figura 8 el patrón de instalación de los módulos se diseña con la intención de evitar el desprendimiento lateral de fibra cerámica en los módulos, se debe colocar sello en juntas para evitar cualquier posibilidad de fuga térmica.

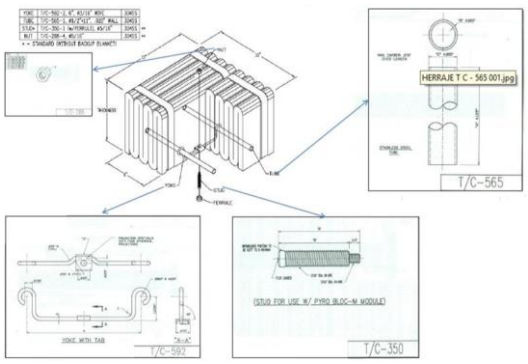


Figura 7. Modulo aislante PYRO-FOLD con anclaje tipo “Y”

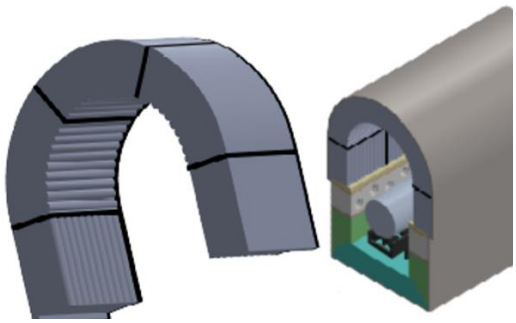


Figura 8. Esquema de instalación de módulos aislantes en cúpula

 ISSN 2007-8102

Para la línea de quemadores, de acuerdo a la figura se diseñan de acuerdo a dimensiones del horno bloques monolíticos prefabricados de fibra cerámica con proceso de rigidizado, también se tienen bloques ciegos para las zonas sin combustión.

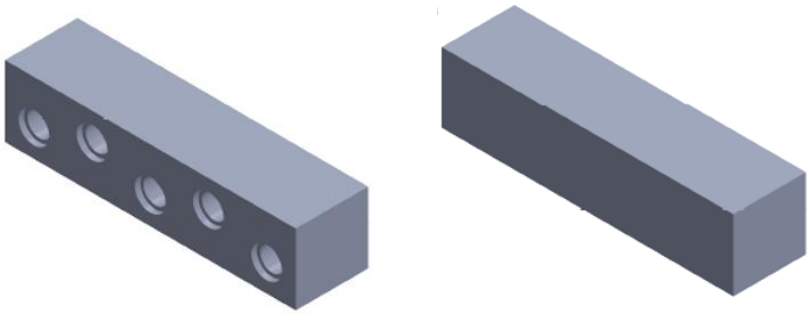


Figura 9. Bloque de quemador (izq.) y bloque ciego (der.)

Análisis de perfil térmico del sistema

Se realiza un análisis por elementos finitos por medio de Solidworks (figura 10) y visualizar el perfil térmico obtenido, utilizando los parámetros de operación: temperatura interna del horno de 700 grados Celsius, una temperatura ambiente de 30 grados Celsius y el coeficiente de convección para un flujo en convección natural de aire en espacios cerrados de 12 W/m^2K.

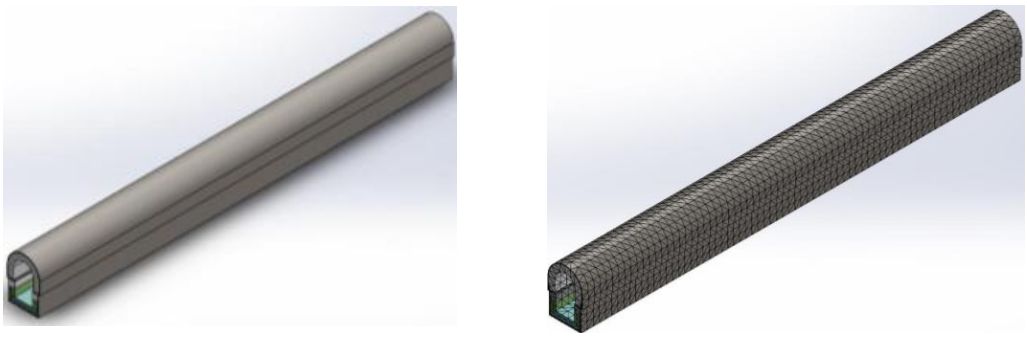


Figura 10. Modelo 3D del sistema y mallado del sistema para análisis mediante elementos finitos

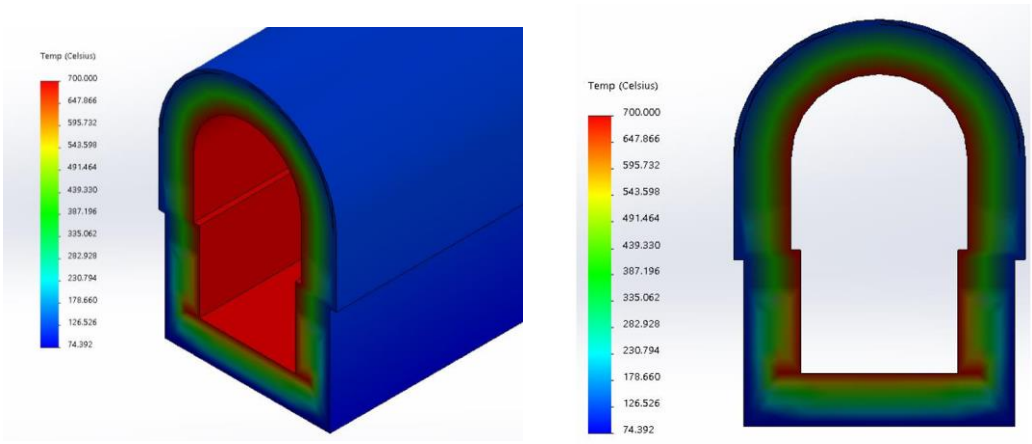


Figura 11. Perfil térmico del sistema vista de detalle isométrico y frontal

Se observa en la figura 11 una distribución de temperaturas uniforme y de acuerdo al proceso, la temperatura calculada en la cara exterior del horno es de 74.392 grados Celsius.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Ya realizados los análisis, selección de materias, cuantificación del material empleado se procede a la instalación del aislante térmico (véase figura 12).

Se observa un funcionamiento con una mejoría del sistema dado a que se registra un incremento del 15% en su eficiencia térmica derivado de las mediciones en el consumo de combustible del horno de calentamiento del horno de extrusión de lingote.



Figura 12. Horno con aislante térmico instalado

Comprobación de la eficacia del diseño (Perfil térmico vs termografía)

La termografía es una herramienta muy utilizada para visualizar los campos de temperaturas de un espacio de interés, en el caso específico del horno de calentamiento de lingote la termografía nos permite analizar la temperatura en la cara exterior del horno y así compararla con el perfil térmico obtenido por el análisis mediante elemento finito realizado anteriormente. (véase figuras 13, 14,15)



Figura 13. Fotografía de horno lateral

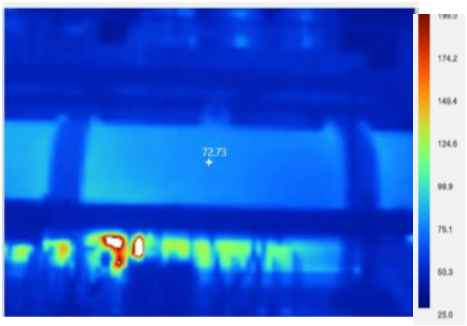


Figura 14. Termografía realizada temperatura cara exterior 72.73 grados Celsius

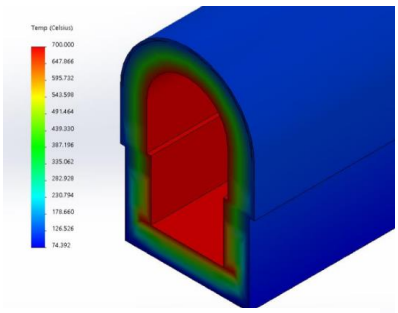


Figura15. Análisis FEA temperatura cara exterior 74.392 grados Celsius

Como se puede observar en las figuras 10 y 11 se nota un resultado similar con una diferencia de 1.662 grados Celsius de diferencia el cual puede interpretarse con un resultado coherente en condiciones reales, en la figura 10 se observan puntos rojos los cuales se interpretan huecos donde hay falta de quemadores.

Trabajo a futuro

Se tienen identificadas algunas condiciones que requieren atención para evitar daños en el corto-mediano plazo a distintos sistemas del horno.

- Disminución de combustión para regular temperatura según capacidad de diseño
- Regulación de relación aire-gas de acuerdo a nuevas condiciones
- Mantenimiento correctivo/preventivo a sistema de combustión
- Análisis de gases para regulación de estequiometria de la combustión
- Regular la atmósfera oxidante de la cámara de combustión
- Disminución de temperatura de cámara de combustión de acuerdo a condiciones de capacidad de diseño del horno
- Regulación de tiro forzado para control de flujo de gases
- Regulación de presión interna del horno
- Revisión y aseguramiento de sello cerámico entre tanque (piso y paredes) y cúpulas al momento de abrir para revisiones

Conclusiones

De acuerdo a los análisis y resultados obtenidos realizados anteriormente, se esperó un mínimo del 7% al 10% de incremento en eficiencia térmica derivado del nuevo aislamiento instalado y sello de las juntas del horno los cuales producen una menor fuga de calor al exterior logrando un mejor aprovechamiento de la energía empleada en el proceso, sin embargo de acuerdo a la figura 16, la eficiencia del horno se estimó en un 15% en base a los registros de consumo de combustible del horno aun así se deben de tomar en cuenta los trabajos a futuro mencionados para lograr un correcto funcionamiento del horno a las condiciones óptimas de operación consiguiendo un incremento en la producción del horno.

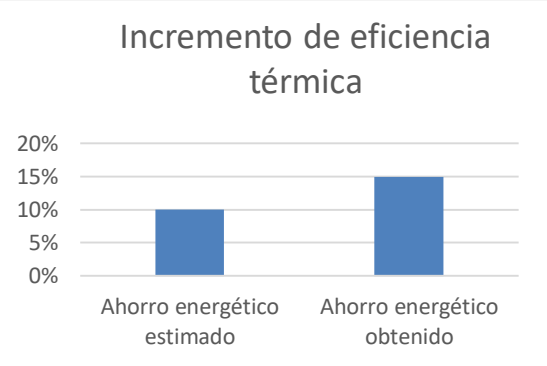


Figura 16. Incremento de la eficiencia térmica del horno del calentamiento

La conjunción de un análisis mediante elementos finitos para visualizar los campos de temperaturas y la termografía son de gran ayuda para la validación de un proyecto de diseño térmico y así el usuario tenga una descripción grafica de las temperaturas del horno en condiciones óptimas y determinar posibles fallas a futuro logrando la reducción de tiempos por mantenimiento. energético

Referencias

1. Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011), Transferencia de calor y masa: Fundamentos y aplicaciones (4a. ed.), México D.F.: McGraw Hill.
2. Cengel, Y. A.; Boles, M.A.: Termodinamica. Mc Graw-Hill, 1996
3. Corona, G, J, A. (2007), Análisis del proceso en la elaboración de tablas refractarias de grupo industrial Morgan s.a. de c.v., mexico
4. ISOVER, SAINT-GOBAIN (2014), Curso de aislamiento y acristalamientos de alta eficiencia para la rehabilitación energética de edificios Madrid, España.
5. Madrigal José A., Cabello Juan J. (2018). Evaluación de la Climatización en Locales Comerciales, Integrando Técnicas de Termografía, Simulación y Modelado por Elementos Finitos, Información Tecnológica ISSN 0718-0764
6. MORGAN ADVANCED MATERIALS, PRODUCT DATA BOOK, Recuperado (2019), www.morganthermalceramics.co
7. Santiago, D., & Lombera, D. (2005), ANÁLISIS TÉRMICO EN SOLDADURA POR FRICCIÓN MECOM 2005 – VIII Congreso Argentino de Mecánica Computacional
8. F. Kreith y M. S. Bohn, Principios de Transferencia de Calor, 6a edición, Thomson, Madrid, 2002
9. Solidworks, Convection (2019), recuperado (2019), http://help.solidworks.com/HelpProducts.aspx

Análisis longitudinal de redes para Conectividad Funcional Cerebral

M. L. Córdoba Tlaxcateco[1], Y. N. Ortega Gijon[1], A. R Torres Rodríguez[2].*
[1]Universidad Veracruzana - Facultad de Economía, Geografía y Estadística, Av. Xalapa s/n, Obrero Campesina, 91020 Xalapa-Enríquez, Ver. México.
[2]Instituto Tecnológico Superior de Misantla. Km 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, CP 93821, Misantla Ver. México.
** cmarluit@gmail.com, yosdra230792@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Mecatrónica*

Resumen

La Conectividad Funcional Cerebral (CFC) un rasgo neurológico asociado a numerosos padecimientos de origen oscuro. Descubrir los patrones temporales de cambio de la CFC es relevante para la prevención y el diagnóstico de anormalidades cognitivas y neurológicas. Para describir estos patrones de cambio en el tiempo, en este trabajo se utilizan las señales obtenidas por Electroencefalografía (EEG), una técnica no invasiva de registro de la actividad eléctrica de la corteza cerebral. El modelo planteado para analizar la EEG se basa en la premisa de que esta bio-señal es multivariable y no es estacionaria. Para representar el primer aspecto se ha planteado el uso del Análisis de Redes (AR), mediante un grafo cuyos nodos corresponden a los diferentes canales de la señal EEG, cuantificando su grado de asociación estadística mediante la coherencia electroencefalográfica. De esta forma, la CFC se caracteriza a través de dos parámetros del grafo: El coeficiente de agrupamiento ponderado, y el promedio ponderado de la longitud de ruta. El aspecto dinámico de estos parámetros se contempla ajustando modelos de regresión lineal a ambos parámetros. La combinación resultante es llamada Análisis de Redes Longitudinales. Para mostrar la aplicación de estas ideas, se muestran los resultados del ajuste del AR Longitudinales con datos EEG de 5 personas, 4 de ellas con Epilepsia y una sana, durante 14 segundos. Dichos análisis permiten destacar que el valor de es superior en la persona sana a lo largo del tiempo, mientras que el valor de es mayor en las personas con Epilepsia. Esto es consistente con lo reportado en trabajos previos, sobre la condición de “mundo pequeño” en las redes EEG de personas sanas. La validación del ajuste longitudinal lineal se realiza mediante gráficos de histograma y de cuartil de los residuales observados, los cuales no muestran evidencia contundente en contra de la hipótesis de distribución normal de los residuales.

***Palabras clave**: Conectividad-Cerebral, EEG, Análisis de Redes.*

Abstract

Functional Brain Connectivity (CFC), a neurological feature associated with numerous ailments of dark origin. Discovering the temporary patterns of change in CFC is relevant for the prevention and diagnosis of cognitive and neurological abnormalities. To describe these patterns of change over time, this work uses the signals obtained by Electroencephalography (EEG), a non-invasive technique for recording the electrical activity of the cerebral cortex. The model proposed to analyze the EEG is based on the premise that this bio-signal is multivariable and is not stationary. To represent the first aspect, the use of Network Analysis (AR) has been proposed, using a graph whose nodes correspond to the different channels of the EEG signal, quantifying their degree of statistical association through electroencephalographic coherence. In this way, the CFC is characterized by two parameters of the graph: the weighted grouping coefficient, and the weighted average of the route length. The dynamic aspect of these parameters is contemplated by fitting linear regression models to both parameters. The resulting combination is called Analysis of Longitudinal Networks. To show the application of these ideas, the results of the adjustment of the Longitudinal AR with EEG data of 5 people, 4 of them with Epilepsy and one healthy, for 14 seconds are shown. These analyzes allow to emphasize that the value of is higher in the healthy person over time, while the value of is higher in people with epilepsy. This is consistent with what was reported in previous work on the "small world" condition in EEG networks of healthy people. Validation of the linear longitudinal fit is done by

histogram and quartile graphs of the observed residuals, which do not show conclusive evidence against the hypothesis of normal distribution of residuals..

***Key words**: Brain Connectivity, EEG, Network Analysis.*

Introducción

La conectividad funcional cerebral (CFC) se refiere a la interdependencia estadística de la actividad eléctrica en partes anatómicas separadas del cerebro humano, a un mismo tiempo (Friston,2011). El estudio de la CFC es un reto desde el punto de vista del análisis de datos, ya que involucra el análisis de un sistema multivariable, altamente complejo, y dinámico. De manera reciente se ha utilizado el llamado Análisis de Redes (AR), para modelar la CFC a partir de señales obtenidas por técnicas Electroencefalográficas (EEG). La comparación de la CFC por AR, en diferentes grupos de sujetos se realiza por ejemplo, entre grupos de edad (Boersma, 2011), o entre diferentes tipos de anormalidades (Stam, 2009), solo por mencionar algunos. El uso del AR en Electroencefalografía cuantitativa tiene varias ventajas, entre ellas la capacidad de analizar simultáneamente señales multicanal en diferentes instantes del tiempo, algo que llamamos AR longitudinal. En este informe se presentan los resultados del AR longitudinal aplicado a señales EEG multicanal de diferentes personas. La finalidad del informe es presentar el AR longitudinal como una opción para describir patrones de cambio en el tiempo de la CFC, lo cual puede ser usado para encontrar puntos de cambio, factores de riesgo de ciertas anormalidades degenerativas, entre otras aplicaciones. El enfoque de estudio estadístico longitudinal que se ha desarrollado en este trabajo es cercano al de (Singer et al, 2000), el cual a veces es llamado Análisis jerárquico longitudinal. En este trabajo se hacen comparaciones entre los datos EEG proporcionados por el Dr. Héctor Brust Carmona del Instituto Nacional de Rehabilitación, correspondientes a un sujeto sano, y los obtenidos en la base de datos disponible a través de la Internet, provistos por (Shoeb, 2009). De esta base de datos de pacientes con Epilepsia se eligieron 4 sujetos (2 mujeres, 2 hombres), para ser comparados con los datos del Dr. Brust. La organización del informe es como sigue. En la siguiente sección se describen las señales EEG utilizadas, describiendo sus principales características, y el preprocesamiento sobre ellas. Como resultado de este preprocesamiento, se obtiene la componente de banda alfa. A continuación se realiza una descripción del AR, definiendo cada uno de sus elementos, destacando dos parámetros de interés: El coeficiente de agrupamiento ponderado (C_w), y el promedio ponderado de la longitud de ruta (L). En la siguiente sección se describe el análisis jerárquico longitudinal. La aplicación de estas técnicas en los datos se describe en la sección subsiguiente, en la cual se hace uso del entorno de programación R (_https://www.r-project.org/_), y su IDE Rstudio (_https://www.rstudio.com/_). La última sección contiene las conclusiones del informe.

Metodología

Descripción de los datos y su preprocesamiento

Los datos provistos por el Dr. Héctor Brust Carmona del Instituto Nacional de Rehabilitación, se refieren a un sujeto femenino de 20 años. Los datos están contenidos en un archivo con formato EDF. Corresponden a los registros de un electroencefalograma de 21 canales, con probable montaje del tipo "10-20". Los electrodos son FP1, FP2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, A1, A2, Fz, Cz y Pz. Para cada electrodo, está registrada una señal que consta de 1,179,000 registros, con frecuencia de muestreo de 500 muestras por segundo. El periodo de tiempo de las señales es de 2358 segundos. En cada canal se utiliza la componente alfa (8-12 Hz). En este trabajo se analizaron los primeros 14 segundos del registro, divididos en ventanas de dos segundos cada una, y con una superposición entre ventanas del 25%, dando como resultado un total de 9 ventanas. La comparación de estos datos se realiza contra los datos de la base contenida en _https://physionet.org/pn6/chbmit/_ con sujetos epilépticos, de los que se exhiben los registros de estudios EEG intracraneal. Estos registros constan de 22 canales con montaje "10-20". Los electrodos son: FP1-F7, F7-T7, T7-P7, P7-O1, FP1-F3, F3-C3, C3-P3, P3-O1, FP2-F4, F4-C4, C4-P4, P4-O2, FP2-F8, F8-T8, T8-P8, P8-O2, FZ-CZ, CZ-PZ, P7-T7, T7-FT9, FT9-FT10, FT10-T8, y T8-P8. Para cada canal existen 921,600 registros, con frecuencia de muestreo de 256 Hz. El periodo de tiempo de las señales es de 3600 segundos. De cada canal se obtiene la componente alfa (8-12 Hz). Se utilizaron los primeros catorce segundos, divididos en ventanas de dos segundos con superposición del 25% entre ventanas, dando un total de 9 ventanas. Los sujetos utilizados son: subject1, subject19 (ambas mujeres con 11 y 19 años respectivamente), y subject2 y subject15 (hombres con 11 y 16 años,

respectivamente). La extracción de la banda alfa en todos los casos se obtiene a través de la función "waveletFunction" de MATLAB, con la ondícula Daubechies 8.

Descripción del AR

El AR que se aplica en este trabajo está inspirado en (Alducín et al, 2016), (Stam et al, 2009) y (Lithari et al, 2012). Para estimar CFC, primero se estima la matriz llamada Magnitude Square Coherence (MSC) como una medida de conectividad multicanal. Para explicarla, se considera que dada una frecuencia f, y dos canales x, y, la coherencia MSC entre los canales x y y se define por:

$$MSC_{xy}(f) = \frac{|P_{xy}(f)|^2}{P_{xx}(f)P_{yy}(f)} \qquad (Ec\ 1)$$

Donde $Pxx(f)$ y $Pyy(f)$ son las densidades espectrales de la función de autocorrelación de los respectivos canales, y $Pxy(f)$ es la densidad espectral de la autocorrelación cruzada entre canales. Para el cálculo de las densidades espectrales se hace uso del método de Welch (Welch, 1967), donde la densidad espectral se calcula por:

$$P(f) = \frac{1}{f_s L_s U} \int_{-\frac{f_s}{2}}^{\frac{f_s}{2}} D_{xx}(\rho)|W(f-\rho)|^2 d\rho \quad (Ec\ 2)$$

y D_{xx} es la Transformada Discreta de Fourier de la función de autocorrelación de la señal, f_s es la frecuencia de muestreo, L_s es la longitud del segmento y U es una constante de corrección que hace a $P(f)$ un estimador insesgado de la densidad espectral de la función de autocorrelación. Finalmente, $W(f-\rho)$ es la ventana de Hamming centrada en la frecuencia f. La matriz MSC se calcula para la banda de frecuencia alfa (8-12 Hz). Como resultado de estos conceptos, la matriz MSC resultante es de 22 filas y 22 columnas, en el caso de los sujetos con Epilepsia, mientras que en el caso del sujeto del Dr. Brust la matriz MSC tiene dimensiones de 21 filas y 21 columnas. El uso de medidas espectrales lleva implícito el supuesto de que los canales son señales estadísticamente estacionarias, lo cual es algo por comprobar. Por lo tanto, se realiza la división de las señales multicanal en ventanas de tiempo, con longitud de dos segundos, con 25% de superposición. Como se utilizan 9 ventanas, en cada sujeto se obtienen 9 matrices MSC, con las dimensiones mencionadas previamente.

Los parámetros a comparar entre sujetos son el coeficiente de agregación ponderado (C_w) y el promedio ponderado de la longitud de ruta (L_w). Para el canal i, el coeficiente ponderado de agrupamiento se define por:

$$C_i = \frac{\sum_{k\neq i}\sum_{l\neq i,l\neq k} w_{ik}w_{il}w_{kl}}{\sum_{k\neq i}\sum_{l\neq i,l\neq k} w_{ik}w_{il}} \quad (Ec\ 3)$$

con $0 \leq w_{ij} \leq 1$, la entrada en la fila i, columna j, de la matriz MSC. La medida global de conectividad de la red es el coeficiente de agrupamiento medio, que se define como:

$$C_w = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} C_i \qquad (Ec\ 4)$$

con N el número total de canales. Para el canal i y el canal j, la longitud ponderada de la trayectoria entre i y j (denotada por L_{ij}) se define como la inversa de la entrada en la fila i, columna j de la matriz MSC. Esto es $L_{ij} = 1/w_{ij}$ si $w_{ij} \neq 0$, y $L_{ij} = \infty\ w_{ij} = 0$. El promedio de las longitudes ponderadas de todo el gráfico se calcula como:

$$L_w = \left(\frac{1}{N(N-1)}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j\neq i,j=1}^{N}\frac{1}{L_{ij}}\right)^{-1} \qquad (Ec\ 5)$$

De esta forma, por cada ventana temporal se calcula la pareja (C_w, L_w), dando como resultado 9 parejas de parámetros de conectividad, ordenados en forma temporal. Varios autores, como (Stam et al, 2009), sugieren que

la actividad cerebral "normal" se caracteriza por un equilibrio entre una especialización local (indicado por valores altos del coeficiente C_w), y una integración global (cuya evidencia son valores bajos de L_w), llamado balance de mundo pequeño (Watts et al, 1998). En este informe no se habla de esta característica del modelo gráfico, dejando este aspecto para una discusión posterior.

Análisis jerárquico longitudinal

Los elementos básicos, descritos por (Singer et al, 2000) son:

- Una variable de intervalo, con espacio de valores en toda la recta real, que cambia sistemáticamente a través del tiempo.
- La variable es medida en cada sujeto, en tres o más instantes del tiempo.
- Una unidad de tiempo relevante al fenómeno que se estudia, tomando en cuenta su cadencia y velocidad de cambio.
- El objetivo es describir estadísticamente la forma en que la población de sujetos cambia a través del tiempo, reflejado este cambio por la dinámica de la variable. En lo que se refiere al primer aspecto, la variable de intervalo es el logito de C_w, definido por (Ashton, 1972):

$$logito(C_w) = log\left(\frac{C_w}{1 - C_w}\right) \quad (Ec\ 6)$$

0 bien el logaritmo de L_w. Ambas transformaciones tienen el objetivo de obtener variables-respuesta en toda la recta real. Por lo que se refiere al segundo punto, la unidad de tiempo elegida es el logaritmo del número de ventana, que son 9. De manera preliminar (aunque esto no es una limitante), se utiliza un modelo lineal como sigue. Sea Y la variable-respuesta, y X el instante del tiempo. El modelo lineal elegido es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (Ec\ 7)$$

Donde ϵ es una variable aleatoria normal con media cero y varianza desconocida. Los parámetros (β_0, β_1) son el intercepto y la inclinación, respectivamente. La hipótesis sobre ϵ es verificada mediante histograma de los residuales estandarizados y gráfica cuantil-cuantil (Montgomery et al, 2012). El carácter jerárquico del análisis reside en la suposición de que las parejas de estimadores de máxima verosimilitud de (β_0, β_1), son observaciones de una distribución normal bivariada. Este último aspecto será analizado en un informe futuro.

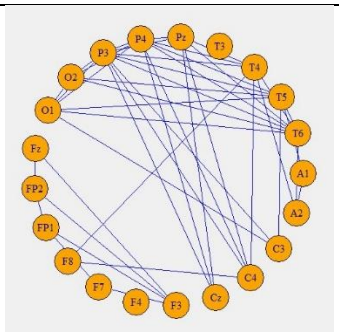
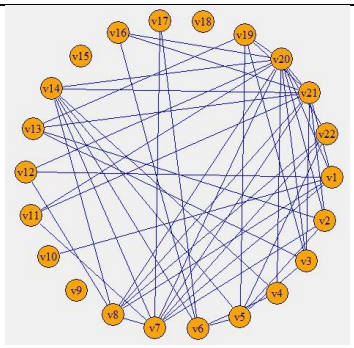
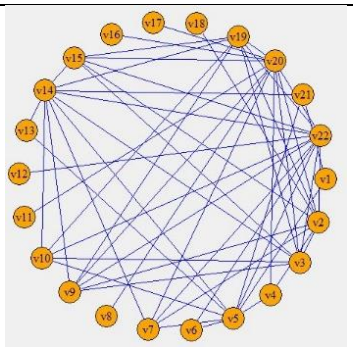
Resultados y discusión

Análisis de datos

Los gráficos del AR del sujeto del Dr. Brust, y dos sujetos de la base de datos se presentan a continuación. Es notable que el sujeto del Dr. Brust tiene menos conexiones que los otros sujetos. En los sujetos de la base de datos con epilepsia los nodos v1-v22 son FP1-F7, F7-T7, T7-P7, P7-O1, FP1-F3, F3-C3, C3-P3, P3-O1, FP2-F4, F4-C4, C4-P4, P4-O2, FP2-F8, F8-T8, T8-P8, P8-O2, FZ-CZ, CZ-PZ, P7-T7, T7-FT9, FT9-FT10, FT10-T8, y T8-P8, respectivamente.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Gráfico circular de red del sujeto del Dr. Brust. Los nodos conectados corresponden a canales con mayores pesos w_{ij}.

		
Ventana 5 Sujeto Dr Brust	Ventana 5 Sujeto 1 (Mujer).	Ventana 5 Sujeto 2 (Hombre)

Los gráficos longitudinales del Coeficiente de agrupamiento C_w se presentan a continuación.

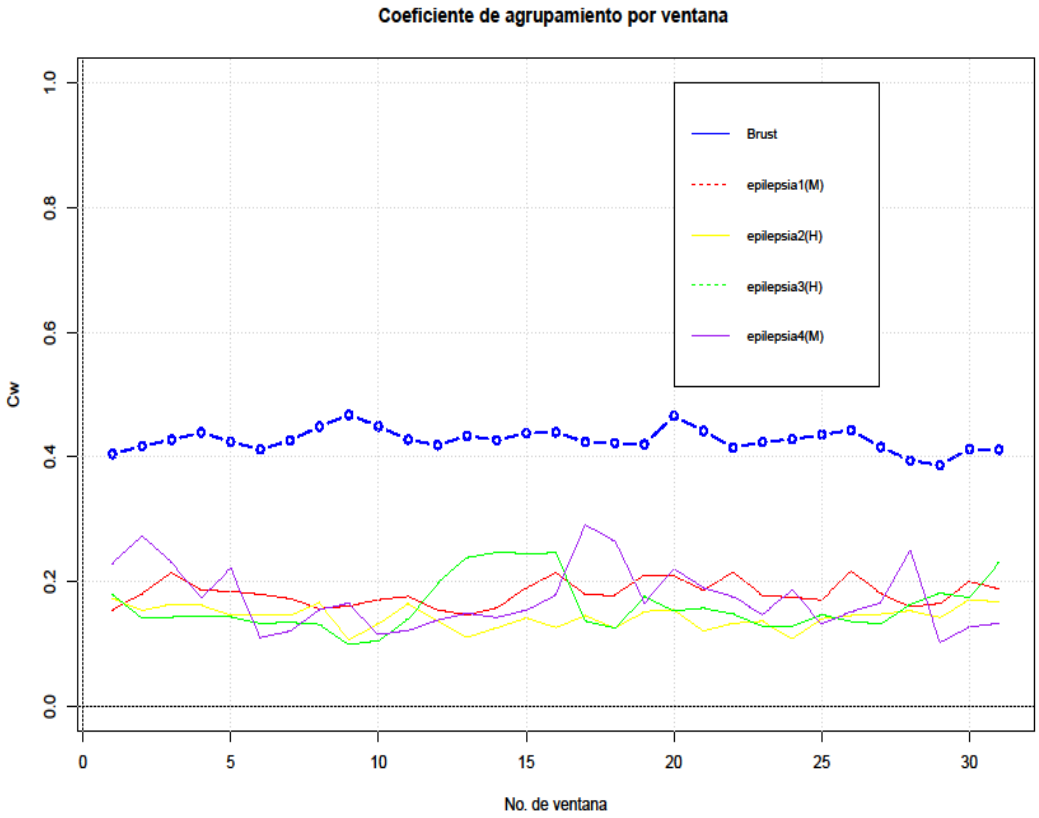


Figura 1. Coeficiente de agrupamiento a través de las ventanas de tiempo. El sujeto del Dr. Brust presenta mayores valores.

 ISSN 2007-8102

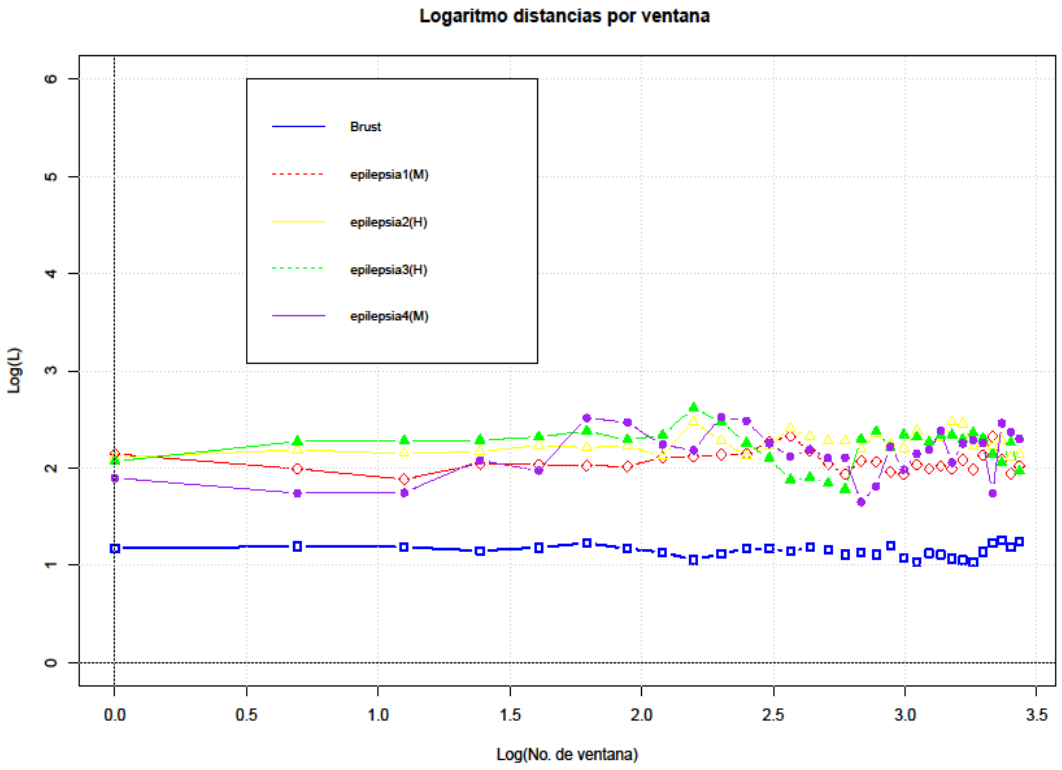


Figura 2. Logaritmo del promedio de la longitud ponderada.El sujeto del Dr. Brust presenta menores valores.

Al aplicar un modelo de regresión lineal en ambos parámetros, el logito del coeficiente de agregación ponderado, y el logaritmo de la longitud promedio ponderada, los resultados muestran que en ambos casos los modelos tienen un buen ajuste. A continuación, se muestran los gráficos que representan la distribución de los residuales y las gráficas de cuartiles.

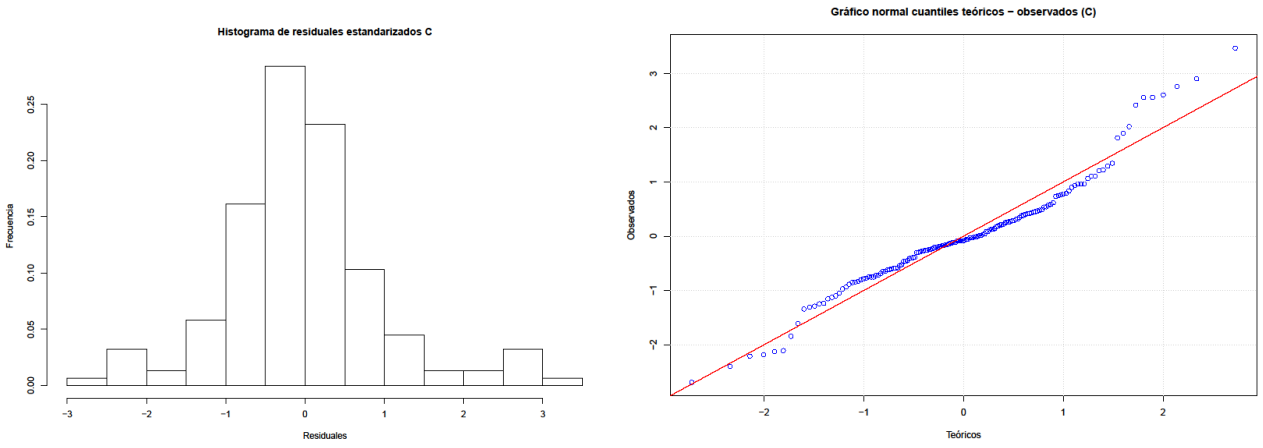


Figura 3. Análisis de residuales de la regresión del logito (Cw). No se ve evidencia en contra de la hipótesis de la normalidad de los residuales.

 ISSN 2007-8102

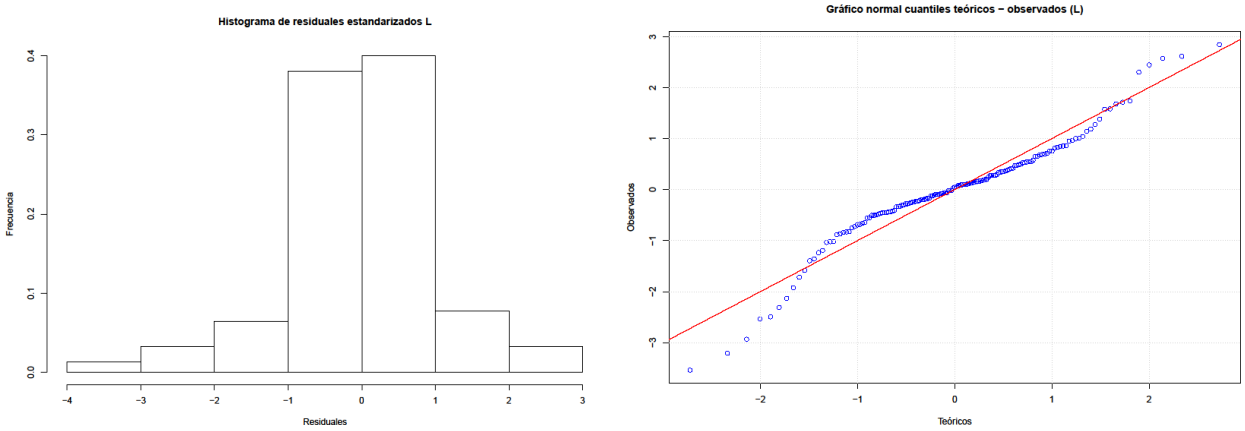


Figura 4. Análisis de residuales de la regresión del log(Lw). Se apecia evidencia en contra de la hipótesis de la normalidad de los residuales.

La relación entre agregación y longitud de recorrido en los grafos indica (figuras 1 y 2) que en el individuo sano existe una relación de mundo pequeño (Watts et al, 1998). Esto no se aprecia en los individuos enfermos, donde los grafos circulares de la red de nodos de los individuos enfermos son más caóticos en comparación con el sano. Esto puede ser interpretado en términos de optimalidad, estableciendo como parámetro de eficiencia de la red de nodos la relación entre agregación y recorrido de la red.

Trabajo a futuro

El análisis del modelo de regresión lineal sugiere un buen ajuste desde el punto de vista estadístico, sin embargo, es necesario confirmar esto ampliando el tamaño de la muestra. Por otra parte, la transformada rápida de Fourier podría ser remplazada por transformaciones de tipo ondícula, evitando la necesidad de tomar ventanas de tiempo. Finalmente, el uso de la Conectividad Funcional Cerebral como mecanismo de activación o reconocimiento en aplicaciones robóticas, medicas, etc., requiere el desarrollo de interfaces cerebro computadora que sean capaces de realizar análisis de redes.

Conclusiones

1. Se presenta una propuesta de análisis patrones de cambio en el tiempo de la CFC, de carácter longitudinal.
2. Las diferencias observadas entre el sujeto del Dr. Brust y los otros pueden ser explicadas por diversos factores de confusión. El uso efectivo de esta propuesta requiere de un estudio experimental ad hoc.
3. Podrían incluirse otros parámetros del análisis de redes, para incluir por ejemplo características topográficas.
4. El análisis longitudinal jerárquico puede ser sustituido por el análisis de varianza de medidas repetidas. En este informe, no se incluye la segunda fase del análisis jerárquico que se refiere a la caracterización estadística de las variaciones de los parámetros β_0 y β_1, en poblaciones de sujetos. La segunda fase requiere definir alguna población objetivo de sujetos.

Referencias

1. Friston, K. J. (2011). Functional and effective connectivity: a review. Brain connectivity, 1(1), 13-36.
2. Singer, J. M., & Andrade, D. F. (2000). Analysis of longitudinal data. Handbook of statistics, 18, 115-160.
3. Shoeb, A. H. (2009). Application of machine learning to epileptic seizure onset detection and treatment (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

4. Stam, C. J., De Haan, W., Daffertshofer, A. B. F. J., Jones, B. F., Manshanden, I., van Cappellen van Walsum, A. M., ... & Berendse, H. W. (2008). Graph theoretical analysis of magnetoencephalographic functional connectivity in Alzheimer's disease. Brain, 132(1), 213-224.
5. Alducin Castillo, J., Yáñez Suárez, O., & Brust Carmona, H. (2016). Análisis electroencefalográfico de la conectividad funcional en habituación por teoría de gráficas. Revista mexicana de ingeniería biomédica, 37(3), 181-200.
6. Lithari, C., Klados, M. A., Pappas, C., Albani, M., Kapoukranidou, D., Kovatsi, L., ... & Papadelis, C. L. (2012). Alcohol affects the brain's resting-state network in social drinkers. PloS one, 7(10), e48641.
7. Welch PD (1967) The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: a method based on time averaging over short, modified periodograms. IEEE Trans. Audio Electroacoustics 15:70-73.
8. Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world'networks. nature, 393(6684), 440.
9. Ashton, W. D. (1972). Logit transformation. Macmillan Publishing Company.
10. Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). Introduction to linear regression analysis (Vol. 821). John Wiley & Sons.
11. Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of ‘small-world’networks. *nature*, *393*(6684), 440.

Control de posición de péndulo doble mediante control difuso en interfaz en CAD

I. Flores Nava[1], J. Carro Suárez[1], F. Flores Salazar[1], R. Hernández Hernández.*
[1]Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Tlaxcala, A. Universidad Politécnica No.1 San Pedro Xalcaltzinco, C.P. 90180 Tepeyanco, Tlaxcala.
**irma.flores@uptlax.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Mecatrónica*

Resumen

Actualmente existen diversas formas de control de posición de robots manipuladores entre ellas las técnicas que comprenden control clásico y control moderno, también existen técnicas de control inteligente que al emular el razonamiento humano pueden realizar la misma función que las técnicas mencionadas con anterioridad. El objetivo de esta investigación es realizar la disminución del error de posición mediante control difuso de un péndulo doble y realizar la comprobación mediante el diseño e interfaz del péndulo doble en Solidworks. La metodología consistió en el estudio de control difuso como técnica de control aplicada a un péndulo doble, determinando las características necesarias para el posicionamiento del péndulo y las características del control óptimas para la disminución del error de posición. Posteriormente se realizó la simulación en Labview resultante del análisis propuesto y el diseño del péndulo con características físicas en el software de SolidWorks, para finalizar realizando la interfaz entre ambos y las pruebas de simulación.

***Palabras clave**: Péndulo doble, Error de posición, Control difuso, Función de pertenencia.*

Abstract

Currently there are various forms of position control of manipulative robots, including techniques that include classical control and modern control, there are also intelligent control techniques that by emulating human reasoning can perform the same function as the techniques mentioned above. The objective of this investigation is to reduce the position error by means of diffuse control of a double pendulum and to verify by means of the design and interface of the double pendulum in Solidworks. The methodology consisted of the study of diffuse control as a control technique applied to a double pendulum, determining the characteristics necessary for the positioning of the pendulum and the optimal control characteristics for the reduction of the position error. Subsequently, the simulation was performed in Labview resulting from the proposed analysis and the design of the pendulum with physical characteristics in the SolidWorks software, to finalize by performing the interface between both and the simulation tests.

***Key words**: Double pendulum, Position error, Fuzzy control, Membership function.*

Introducción

Existen diversas formas de implementar actualmente un control de posición en un sistema robótico, entre ellos utilizando cinemática directa o cinemática inversa pero una herramienta que se utiliza para caracterizar a un robot manipulador además de encontrar otras características como configuraciones singulares, analizar redundancias, determinar la cinemática diferencial inversa, así como describir la relación entre la fuerza aplicada y los pares o torques resultantes del extremo final del robot, es el Jacobiano o matriz jacobiana.

 ISSN 2007-8102

Otra forma de controlar los robots es aplicando técnicas de control inteligente, técnicas que actualmente se han desarrollado y aplicado en áreas de la vida cotidiana como lo son la búsqueda de información, la domótica y los las aplicaciones en celulares, por mencionar a algunos. Una de estas técnicas es la de Control difuso que está basado en el razonamiento humano y en el conocimiento. El conocimiento se basa en reglas SI-ENTONCES, las cuales contienen proposiciones con palabras que están caracterizadas por funciones de pertenencia [1].

En este trabajo se realiza el diseño de un control difuso para disminuir el error de posición de un péndulo doble, además se muestra la interfaz realizada entre Labview y Solidworks y por último el diagrama de bloques completo y panel de control diseñado para integrar el control completo.

Metodología

La metodología utilizada en esta investigación se realizó en cuatro partes, las cuales son: Investigación y análisis de métodos de control, herramientas de análisis y simulación, por último análisis de resultados.

En la investigación y análisis de métodos de control se realiza la investigación enfocándose en cinemática directa e inversa del péndulo doble que es el estudiado en este trabajo, se investiga sobre la aplicación de la matriz jacobiana para determinar la posición del eslabón con respecto a la posición deseada además de que se realiza la investigación para desarrollar el diseño de un control difuso para la disminución del error en posición.

Una vez seleccionada la herramienta a utilizar (control difuso) se determinan las características requeridas para el diseño del control, tomando en cuenta la metodología del diseño de control difuso y definiendo su configuración para disminuir el error en posición, proponiendo las funciones de pertenencia y las reglas difusas necesarias para el funcionamiento del mismo, así como el método de implicación y el de defuzzificación. Para la comprobación y simulación del control se utiliza la herramienta de Labview Fuzzy System Designer.
También se definirán las dimensiones que se requerirán en forma física del prototipo, para realizar el diseño en Solidworks y que sea lo más cercano al planteado. Se realizará la interfaz entre ambos software para comprobar el funcionamiento del mismo.
En la siguiente etapa se llevará acabo el diseño del diagrama de bloques y el panel de control, así como su implementación en Labview.
En la última etapa se desarrolla un análisis de resultados donde se determina mediante la discusión de estos resultados las mejoras a realizar y por lo tanto el trabajo futuro.

Resultados y discusión

Análisis teórico.

La estructura general del sistema a implementar se muestra en la figura 1, donde se puede observar el diagrama de bloques que contiene las partes que contiene el control y como se desarrolló. El control difuso se realiza la disminución del error originado al realizar la comparación entre la posición deseada y la que se mide, acción que se verá en el actual del péndulo doble realizando la simulación del mismo.

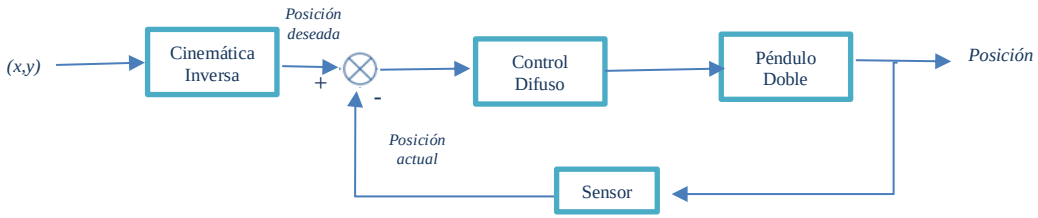


Figura 1.Diagrama de bloques para control de péndulo Doble.

 ISSN 2007-8102

Cinemática directa, inversa, matriz Jacobiana y Péndulo Doble.

Para el presente trabajo se toma como robot seleccionado un péndulo de dos grados de libertad, por lo que los parámetros que caracterizan a este tipo de robots, como son el ángulo posición en eje x y posición en eje y.

La cinemática de un robot se puede definir como una descripción geométrica del movimiento de sistemas mecánicos y se divide en dos, en cinemática directa y cinemática inversa [Reyes, 2011].
La cinemática directa es una función vectorial que relaciona las coordenadas articulares $q \in \mathbb{R}^n$ con las coordenadas cartesianas $[x, y, z]^T \in \mathbb{R}^3$ del robot $f_R: \mathbb{R}^n \longrightarrow \mathbb{R}^m$, así como la orientación $[\theta, \phi, \psi]^R \in \mathbb{R}^3$ de la herramienta colocada en el extremo final, tomando en cuenta las propiedades geométricas del sistema mecánico del robot, $f_R(q) = [x, y, z, \theta, \phi, \psi]^T$ [Reyes, 2011].
Para un robot de un grado de libertad, se tendrían que relacionar solo las coordenadas cartesianas x e y; y la orientación dada por θ.

La cinemática inversa es un problema no lineal que relaciona las coordenadas articulares en función de las coordenadas cartesiana, dada la posición cartesiana y la orientación de la herramienta colocada en el extremo final del robot, obtener los ángulos de las articulaciones, $q = f_R^{-1}(x, y, z, \theta, \phi, \psi)$ [Reyes,2011].

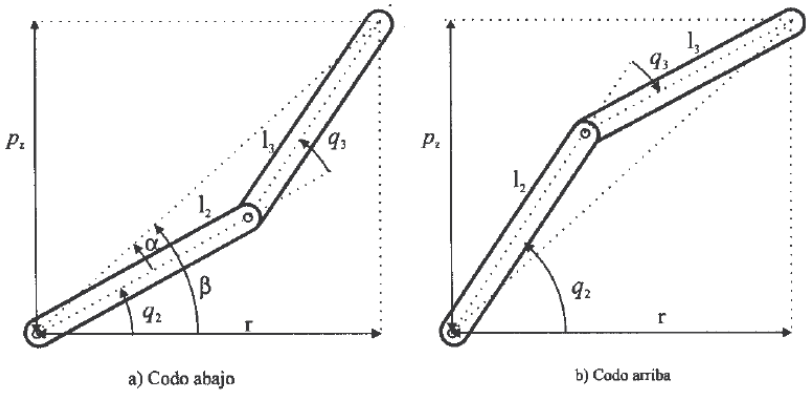


Figura 2. Configuración de parámetros método geométrico. (Barrientos, 2007).

Las ecuaciones relacionadas son con los parámetros de la figura 2.:

$$f(q1, q2) = f(x, y)$$

$$q1 = \tan^{-1}\left(\frac{x}{y}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{l_2 \operatorname{sen}(q2)}{l_1 + l_2 \cos(q2)}\right)$$

$$q2 = cos^{-1}\left[\frac{x^2 + y^2 - {l_1}^2 - {l_2}^2}{2 l_1 l_2}\right]$$

El Jacobiano o matriz Jacobiana es una de las más importantes cantidades en el análisis y control del movimiento de un robot [Sponge, 1989]. Y está definido como:

$$J(q) = \frac{\partial f_R(q)}{\partial q} = \begin{bmatrix} J_v(q) \\ J_w(q) \end{bmatrix}$$

$J_v(q)$ Relaciona la velocidad angular con la velocidad lineal, mientras que $J_w(q)$ relaciona la velocidad angular con la velocidad articular [Reyes 2011].

Para este proyecto las coordenadas cartesianas serán $[x, y]^T \in \mathbb{R}^2$ y la orientación será en $[\theta]^R \in \mathbb{R}^1$, por lo que $q = f_R^{-1}(x, y, \theta)$.

Control difuso.

 ISSN 2007-8102

Hay dos tipos de método de inferencia de definen el tipo de control a utilizar, uno es el método Mamdani (introducido por Mamdani y Assilian en 1975) y otro es el Takagi-Sugeno-Kang (introducido por Sugeno en 1985), La principal diferencia entre estos dos métodos es el tipo de base de reglas a utilizar, en el primero se utilizan reglas con un consecuente numérico, mientras que en el otro se utiliza en el consecuente funciones lineales.

Para realizar el diseño del control difuso se propone que el control tenga un método de inferencia tipo Mamdani, por lo que se seguirán los pasos para diseñar mostrados en la figura 3.

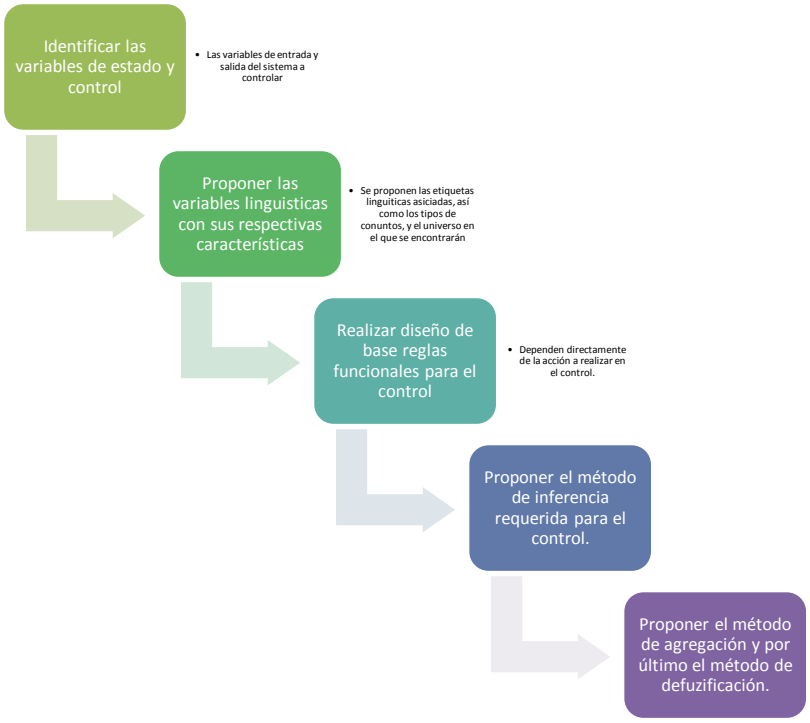


Figura 3. Pasos para realizar diseño de control difuso.

La variable de estado, la cual es la variable de entrada al control difuso, seleccionada es: *El error de posición,* debido a que lo que se requiere disminuir es la diferencia entre la posición medida y la posición deseada. La variable de control seleccionada es: *Posición actual,* la cual representa el ángulo de salida que se desea alcanzar para posicionar el péndulo de acuerdo a la posición que se desea.

Para la variable de estado se proponen 31 etiquetas lingüísticas con forma triangular, estas formas se eligieron debido a los valores de pertenencia correspondientes a cada valor en el universo del discurso de cada variable que es de 0 a 360 grados. Los conjuntos y sus características se muestran en la figura 4.

 ISSN 2007-8102

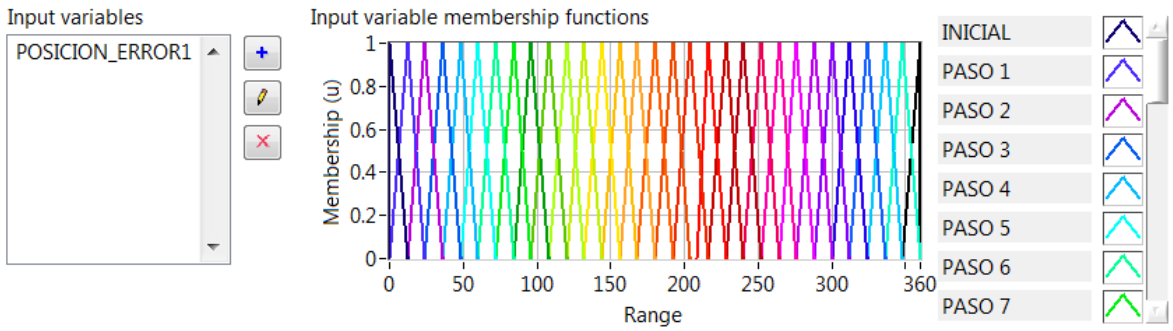


Figura 4. Funciones de pertenencia (membresía) correspondientes a las etiquetas lingüísticas relacionadas con la variable de estado *Posición Error*.

Para la variable de control (movimiento) se proponen 31 etiquetas lingüísticas con las funciones de pertenencia correspondientes con forma triangular cubriendo todos los valores en el universo del discurso dados como salida según sea el comportamiento de la variable de estado y de las reglas activadas (Ver figura 5).

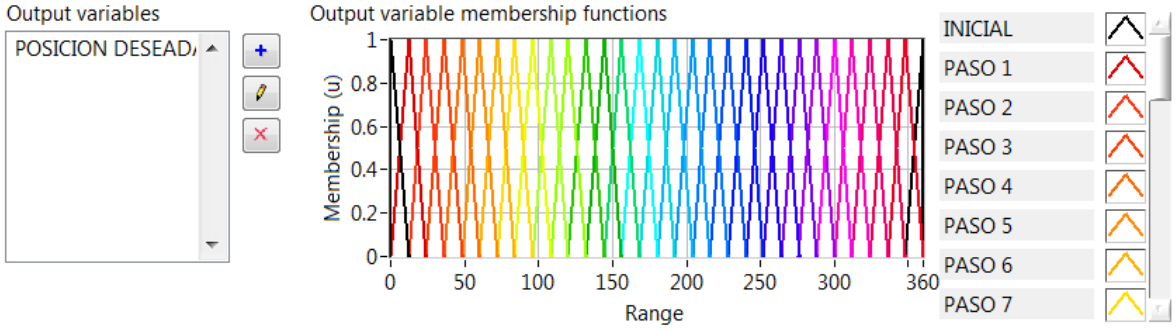


Figura 5. Funciones de pertenencia (membresía) correspondientes a las etiquetas lingüísticas relacionadas con la variable de control *Posición Deseada*.

La base de reglas se propone de acuerdo a las etiquetas dadas en cada variable por lo que está compuesta por 31 reglas con la estructura mostrada en la figura 6, se redactaron las reglas de forma que cada etiqueta dada en la variable de estado tenga su correspondiente comportamiento en la variable de control.

:

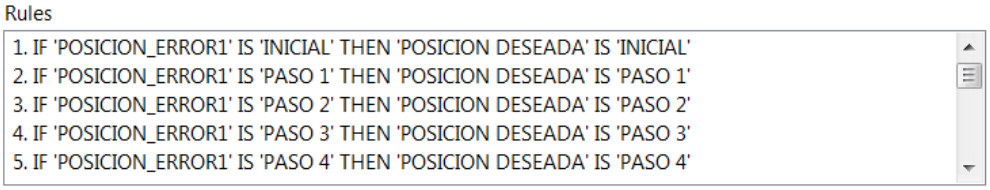


Figura 6. Base de reglas tipo Mamdani.

El método de Inferencia propuesto es el Mamdani, que servirá para obtener una evaluación de las reglas con la operación del mínimo con la pertenencia obtenida del valor de entrada, tomando la relación que existe del antecedente con el consecuente.
El método de agregación seleccionado es el Máximo, que nos dará el área final al evaluar las reglas activadas con el valor de entrada.
El método seleccionado para la defuzzificación es el centro de área, que se calcula aplicando la siguiente fórmula, para todos los valores en el universo del discurso:

$$y^* = \frac{\sum_{l=1}^{M} y^{-l}\omega_l}{\sum_{l=1}^{M} \omega_l}$$

 ISSN 2007-8102

Donde M es el conjunto de valores en el universo, ω es el valor de pertenencia del elemento y^{-l}en el universo del discurso [Wang,1997].

La simulación del control se realizó en Labview, utilizando la herramienta de diseño “Fuzzy system designer” incluída en el toolbox de PID & Fuzzy Control y se observa en la figura 7.

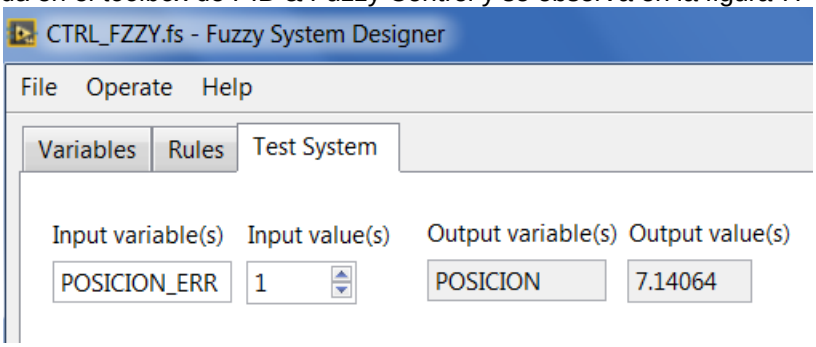


Figura 7. Toolbox de Fuzzy Control en Labview.

Diseño en CAD.

Para realizar la simulación del controlador difuso se realizó una interfaz con el diseño del péndulo realizado en Solidworks.

Los componentes seleccionados son tres: Base, Eslabón uno y Eslabón dos. Las medidas requeridas para su diseño se requiere de las medidas mostradas en la tabla 1, donde D1 y D2 se refieren a los diámetros de cada elemento, H1 y H2 al largo de cada eslabón (Figura 8)..

Componente	D1(mm)	D2(mm)	H1(mm)	H2(mm)
Base	100	150	30	20
Eslabón 1	50		600	
Eslabón 2	50		45mm	

Tabla 1. Medidas de eslabones

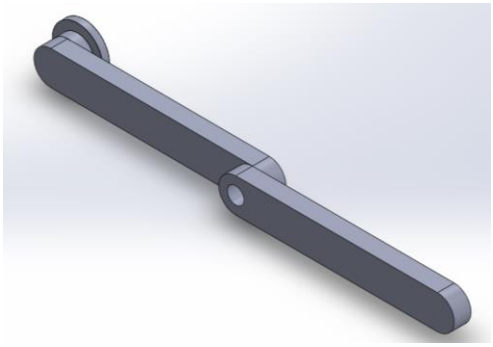


Figura 8. Vista Isométrica del péndulo Doble ensamblado.

Además se colocaron dos motores, el segundo motor se configuro indicando que se moverá con respecto al elemento anterior, ya que los grados que se mueva el primer elemento van a ser independientes del segundo (Ver figura 9).

 ISSN 2007-8102

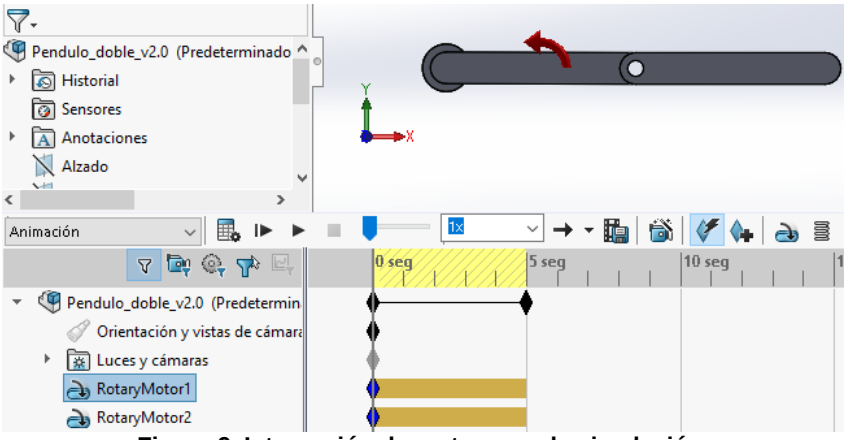


Figura 9. Integración de motores en la simulación.

Integración.

Para la integración del control realizado en Labview y el modelo simulado en Solidworks, para realizar esta interfaz se realiza con ayuda de dos complementos para Labview como son el módulo de Real-Time y el módulo de SoftMotion, el primero es para realizar la ejecución en tiempo real y el segundo es para programar las configuraciones específicas de Soldworks.
Una vez realizada la interfaz se realizó el diagrama de bloques (Ver figura 10), en el que se encuentran dos bloque del tipo de movimiento rectilíneo, configurados en modo absoluto y uno para cada eje, dos bloques Read utilizados para leer la posición de cada eslabón.
En este programa también se utiliza un bloque llamado Reset que se utiliza para resetear el encoder en el valor que se le asigne a la entrada Position, es decir que la posición actual sea sustituida con el valor de la posición requerida sin que haga algún movimiento, esto se implementó debido al funcionamiento del sistema y para tener versatilidad al momento de hacer pruebas, es importante mencionar que al activar con un botón este bloque se resetearán con el número 0 las posiciones de ambos eslabones.

Se colocó la ecuación de la cinemática inversa de un péndulo doble en este programa, además de cuatro controles numéricos de los cuales dos controles son para poder ingresar las coordenadas x e y del punto a donde se requiere posicionar y otros dos para las dos longitudes de los eslabones, ya que en esta ecuación se requiere saber la distancia entre los extremos de cada elemento.

Para poder devolver la posición en la simulación, poder comprobar o verificar la posición de cada eslabón se creó un control manual, que consiste en un control booleano que permite escribir la posición numéricamente y posteriormente ejecutarla.
Por último se muestran los controladores de lógica difusa con el diseño explicado anteriormente y se colocan una para cada eslabón.

 ISSN 2007-8102

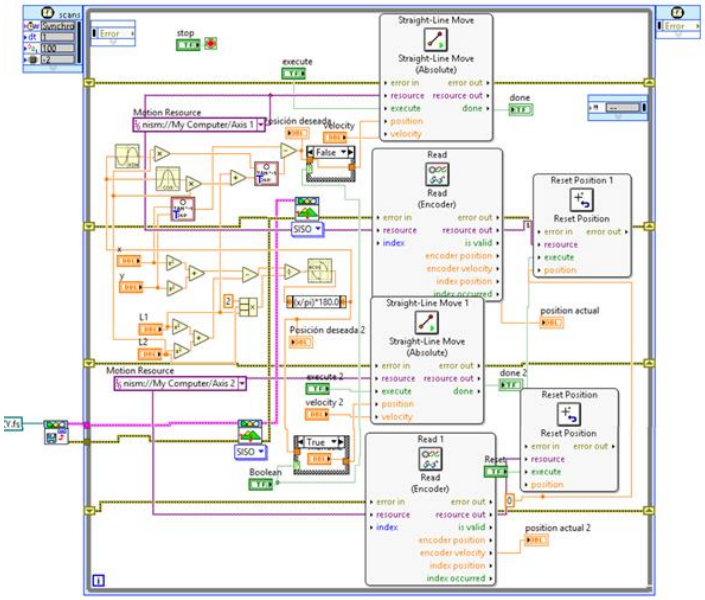


Figura 10. Diagrama de bloques de control.

Para finalizar el panel frontal en Labview (Figura 11) los controles en la parte superior y en a la parte central, arriba se ingresan las longitudes de cada eslabón en las casillas que tienen el nombre L1 y L2, contiene 2 botones pulsadores en cada lado que hacen que se ejecute el movimiento, cada movimiento de eslabón se ejecuta independientemente para efectos de observación, debajo de cada indicador se encuentra un Led indicador que señala que ya se alcanzó la posición, y a su vez debajo de cada Led hay un control numérico de velocidad que nos ayudará a modificar la velocidad del eslabón con propósitos de análisis del movimiento. En el lado izquierdo y derecho se encuentran los indicadores de posición deseada rodeada de un cuadro color rojo y la posición real en la simulación, obtenida de los bloques Read con un cuadro de color vede. En la parte central se encuentran los controles destinados a las coordenadas del punto al que se desea que se mueva el extremo del ensamble, y por último en la parte inferior central se encuentra el interruptor Automático/Manual que nos permitirá ingresar la posición a la que se debe mover directamente en grados. El botón de Reset volverá la posición actual la referencia o 0°.

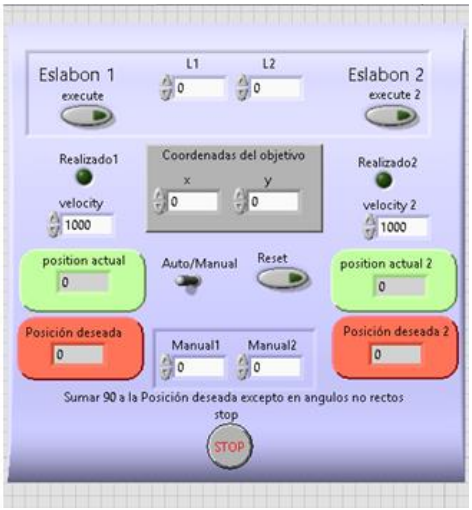


Figura 11. Panel frontal programado en Labview, resultados de prueba de simulación de control.

 ISSN 2007-8102

Pruebas y Resultados

Para las pruebas se tomaron como base el posicionamiento de los dos eslabones como se muestra en la tabla 2:

No. DE PRUEBA	POSICIÓN DESEADA		POSICIÓN ACTUAL	
	ESLABÓN 1	ESLABÓN 2	ESLABÓN 1	ESLABÓN 2
1	0° (600,0), 45°(424.26, 424.26) y 90°(0, 600)	0° (1050,0), 45°(742.46, 742.4621) y 90°(0, 1050)	45°(424.26, 424.26) 0° Y 90° error de 90°	45°(742.46, 742.4621) 0° y 90° error en 90°
2	70°(205.212,563.81), 20°(563.81,205.212)	70°(359.12,986.67), 20°(986.67,359.12)	70°(205.212,563.81), 20°(563.81,205.212)	70°(359.12,986.67), 20°(986.67,359.12)
3	0° (600,0)	90° (600,45)	0° (600,0)	90° (600,45)
4	0° (600,0)	135° (281.81, 318.19) y 45° (918.19,318.19)	0° (600,0)	135° (281.81, 318.19) y 45° (918.19,318.19)
5	30° (519.61,300)	30° con respecto al primero (744.61, 689.71)	30° (519.61,300)	30° (744.61, 689.71)

Tabla 2. Resultados obtenidos en la posición por eslabón.

Como se observa en la tabla 2, en 4 pruebas la solución fue satisfactoria, teniendo como resultado final la posición del segundo eslabón, pero también se puede observar un error cuando los eslabones se encuentran rectos, en los ángulos de 0° y 90° grados error que representa un retraso de 90°, por lo que se colocó una leyenda en la pantalla principal en el caso de que se presente el mismo (ver figura 11). Actualmente se está trabajando para poder quitar disminuir el error y en trabajo futuro implementarlo físicamente.

Trabajo a futuro

Después de analizar los resultados obtenidos se realizará la modificación del control difuso para aumentar las variables de entrada y que el control completo del péndulo sea mediante el uso de técnicas de inteligencia.

Conclusiones

En el presente trabajo se demostró que es posible aplicar el control difuso para reducir el error de posición de un péndulo doble, por lo que técnicas del control inteligente pueden desarrollarse para aplicarse a problemas que se presenten en el área de la robótica, aún queda el trabajo de desarrollar este mismo control para robots con mayor número de grados de libertad.

Es importante que se tome en cuenta que para desarrollar un control difuso se requiere del conocimiento del comportamiento que se desee obtener, ya que es una técnica basada en la experiencia de la persona que lo está diseñando, esto puede ser una ventaja, ya que no se requiere el comportamiento total del sistema en forma matemática, solo se requiere la experiencia y conocimiento de las características que tendrá el diseño como por ejemplo la elección de las formas de las etiquetas lingüísticas así como la determinación de la base de reglas.

Referencias

1. Barrientos A.; Peñín L.F.; Balaguer C. Aracil R.(2007). Fundamentos de robótica. McGraw-Hill. 2ª Edición. 624p.

2. Cao, J-H.; Zhu, B-K.; Ji, G-L. and Xu, Y-Y. (2005). Preparation and characterization of PVDF-HFP microporous flat membranes by supercritical CO2 induced phase separation. J. Membrane Sci. (266) 102-108.
3. Fu, K.S.; González, R.C. Lee, C.S.(1987). Robotics: Control Sensing, Vision, and Intelligence.McGraw-Hill.
4. Li-Xin Wang. (1997). A Course in Fuzzy Systems and Control. Portland: Prentice-Hall International, Inc.
5. Pedro Ponce-Cruz, Fernando D. Ramírez Figueroa. (2010). Intelligent Control Systems with Labview. London: Springer.
6. Timothy J. Ross. (2004). Fuzzy Logic With Engineering Applications. England: John Wiley Sons, Ltd.
7. Reyes C. F. (2011). Robótica, Control de robots manipuladores. 1a Edición, Ed. Alfaomega, México D.F.
8. Spong, M. Vidyasagar, M. (1989). Robot Dynamics and Control: John Wiley Ed.
9. Sivanandam, S.N., Sumathi, S. Deepa, S.N. (2007). Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB. New York: Springer.

Diseño de un prototipo de dispositivo portátil para pruebas mecánicas en polímeros

V.M. Villalón Ramos[1], F. Ampudia Ramírez[1], F.J. Ramírez Valdés[1] A. Rosas González[1], S. García Banda[1].*

[1]Departamento de metal-mecánica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Reynosa, Av. Tecnológico s/n, Lomas del Real de Jarachina Sur, C.P.88730, Reynosa, Tamaulipas. México.
**federico.ampudia@gmail.com*

***Área de participación**: Mecánica y Mecatrónica.*

Resumen

Este trabajo documenta el diseño conceptual-teórico de un prototipo de cámara para control de temperatura y humedad, dentro de la cual, sea posible realizar pruebas de resistencia de tensión-torsión a probetas hechas con diversos polímeros. La idea es que las pruebas puedan llevarse a cabo dentro de la misma cámara con el objetivo de observar el comportamiento del material evaluado en una atmósfera con temperatura y humedad controladas.

El diseño está compuesto de cuatro sistemas que ejecutan el proceso: uno para humidificar, otro para deshumidificar; uno para enfriar y un último acondicionamiento para calentar. Se plantea que este dispositivo sea portátil para facilitar pruebas en diversas locaciones así como pruebas requeridas en procesos de evaluación mecánica a polímeros *in situ*.

***Palabras clave:** Diseño de prototipo de prueba, Dispositivo portátil, Pruebas mecánicas a polímeros.*

Abstract

This paper documents the conceptual-theoretical design of a prototype chamber for temperature and humidity control, within which it is possible to perform stress-torsion resistance tests on test tubes made with various polymers. The idea is that the tests can be carried out within the same chamber in order to observe the behavior of the material evaluated in an atmosphere with controlled temperature and humidity. The design is composed of four systems that execute the process: one to humidify, another to dehumidify; one to cool and one last conditioning to heat. It is proposed that this device be portable to facilitate tests in various locations as well as tests required in mechanical evaluation processes to polymers *in situ.*

***Keywords:** Test prototype design, Portable device, Polymetallic mechanical test.*

Introducción

Los polímeros (naturales, sintéticos y termoplásticos) son materiales que tienen diversos usos, tales como el industrial o el doméstico, tales como empaques para alimentos, tornillos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices, películas transparentes, alfombras, etc. Su aplicación depende, mayormente, de las propiedades térmicas, mecánicas, químicas, físicas, entre otras, que éstos presenten.

Los plásticos exhiben variaciones en su resistencia mecánica con dependencia al tiempo, temperatura, humedad y a cargas de fatiga o de impacto [1, 2, 2, 4, 5, 6]. Es poco frecuente que los productores de polímeros

reporten estas propiedades en situaciones dinámicas (como cuando se ven sujetos a diferentes tipos de carga a la fatiga) o en combinación de escenarios de humedad y temperatura, lo más acostumbrado es que las formulen en condiciones de carga estática o solo en ambientes de humedad o temperatura.
Se puede aseverar, basados en datos del estudio recopilatorio de Treviño [7], que existe poca claridad en la documentación del comportamiento de degradación de plásticos, esto acorde al análisis del autor sobre 117 trabajos publicados. Por otra parte, en el terreno comercial, tampoco existen en el mercado unidades portátiles para pruebas mecánicas. La empresa ASLI® posee cámaras para pruebas de plástico, sometiendo estos a condiciones controladas de temperatura y humedad, pero son elementos de dimensiones que superan los 3 metros por lado y los 2 metros de altura, además de que carecen de la característica de la portatibilidad [16].
En el mismo eje de investigación, la Society of Plastic Engineers (SPE por sus siglas en Inglés) [17] manifiesta las inquietudes inherentes al uso, aprovechamiento, comercialización e investigación acerca de plásticos [18].
Siendo la ciudad de Reynosa, en Tamaulipas, México una zona industrial que procesa muchos tipos de polímeros, los requerimientos de pruebas mecánicas para productos elaborados con este tipo de plástico son muy solicitados. Es por ello que este proyecto tiene como finalidad establecer los conceptos que lleven a desarrollar un dispositivo portátil capaz de recrear, dentro de una cámara de pruebas, ambientes con humedad y temperatura controlada para la realización de pruebas mecánicas (tensión-torsión) en polímeros. Se desean conocer las posibles variaciones en el comportamiento de sus propiedades mecánicas cuando se vean expuestos a diferentes temperaturas y niveles de humedad y así tratar de establecer un métrico de variaciones en sus propiedades mecánicas.

Metodología

Para llevar a cabo el diseño de la cámara se escogió un proceso sistemático con el cual iniciar un bosquejo de metodología que sustentara el prototipo, siendo seleccionado el sugerido por Dieter y Smichtd [8], cuyo esquema general se muestra en la figura 1.

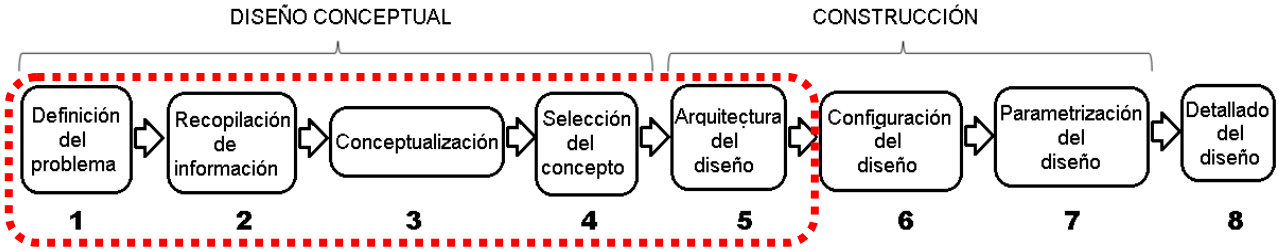


Fig. 1 Esquema de flujo desde diseño hasta construcción
El alcance de este proyecto se indica en el recuadro punteado.
Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo de las fases del diseño conceptual propuesto

Siguiendo el proceso descrito en la Fig. 1, se detalla la aplicación de cada uno de los pasos hasta llegar a la arquitectura del diseño conceptual propuesto en este documento. Cabe aclarar que en este trabajo únicamente se emprendieron las acciones correspondientes al diseño conceptual y la arquitectura del diseño (pasos 1 a 5).

(1) Identificación de la necesidad y definición del problema

De acuerdo a la problemática a resolver, se identificó la necesidad de construir un prototipo que recreara un ambiente controlado de humedad y temperatura para ser usado en pruebas mecánicas (tensión-torsión) de probetas de algún polímero. Siendo así, se pudo plantear el objetivo a cumplir, pero antes de la construcción del dispositivo se tendría que conceptualizar el diseño a través del uso de alguna metodología sugerida.

(2) Recopilación de la información.

Se inició con una documentación acerca de modelos de cámaras para pruebas mecánicas que manejaran el control de las variables de temperatura y humedad propuestas en este trabajo. Aunque hay un gran número de fuentes de información, se consultó con proveedores de equipo de laboratorio así como también en los sitios de bases de datos de patentes y las oficinas de patentes de México, Inglaterra y Estados Unidos [9, 10, 11, 12].
El número de patentes encontrados que usan la tecnología de acondicionamiento del aire es extenso, pero no se encontró alguna enfocada a la situación, ni específica, ni similar, a la que se plantea en este trabajo.

 ISSN 2007-8102

(3) Conceptualización

Una vez que se entendió el problema, se tomó la decisión de que el diseño fuera adaptativo, es decir, que orogue una solución a otros problemas con el fin de generar uno o varios arreglos que potencialmente pudieran conllevar una solución satisfactoria. En los sistemas de acondicionamiento de aire por medio de compresión, el trabajo de enfriamiento y deshumidificación lo lleva a cabo un sistema compresor-válvula-evaporador. En este diseño, la disminución de temperatura se lleva a cabo con placas Peltier, mientras que la deshumidificación se logra con cartuchos químicos desecantes. Para humidificar el ambiente se utiliza un sistema de atomización y para elevar la temperatura se usan resistencias eléctricas calefactoras. En el diseño, se identificaron la temperatura y humedad como parámetros principales del aire cuyas relaciones están establecidas en la psicometría de acondicionamiento de aire. Sus valores se adoptaron a través de la consulta de cartas meteorológicas del territorio mexicano en donde la humedad relativa presenta variaciones desde el 20% en regiones áridas, hasta el 90% en las costas de la República [13], por lo que se decidió establecer ambas cantidades como rangos mínimo y máximo de funcionamiento, esto es, del 20 al 90% de humedad relativa.
En cuanto a la temperatura, los rangos seleccionados fueron 70°C como máximo, y 15°C como mínimo, toda vez que a menor temperatura, menor humedad.
Enseguida, se establecieron las condiciones de desempeño a las que el diseño debería de cumplir, lo anterior se resume en la tabla 1.

CONDICIONES DE COMPARACIÓN		ACCIONES A REALIZAR	ELEMENTOS COMPONENTES QUE EJECUTAN LA ACCIÓN
TEMPERATURA AMBIENTE, T_a CONTRA LA DESEADA, T_d	HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE, $\emptyset_a$ CONTRA LA DESEADA, $\emptyset_d$		
$T_a = T_d$	$\emptyset_a = \emptyset_d$	-	-
	$\emptyset_a < \emptyset_d$	*Humidificar*	**B**
	$\emptyset_a > \emptyset_d$	*Deshumidificar*	**A**
$T_a < T_d$	$\emptyset_a \leq \emptyset_d$	*Calentar y humidificar*	**E**
	$\emptyset_a > \emptyset_d$	*Calentar y Deshumidificar*	**D, A**
$T_a > T_d$	$\emptyset_a \geq \emptyset_d$	*Enfriar y Deshumidificar*	**C, A**
	$\emptyset_a < \emptyset_d$	*Enfriar y Humidificar*	**C, B**

A:cartucho químico; **B**:Atomizador; **C**:Placas Peltier; **D**:Resistencia; **E**: Calentador

Tabla 1 Condiciones de desempeño de la cámara
Fuente: Elaboración propia.

(4) Selección y refinamiento del concepto

Este apartado comprende el uso de varias iteraciones hasta llegar a depurar el concepto propuesto. El primer arreglo al que se llegó, cubría las condiciones de funcionamiento, pero en un análisis detallado, se identificaron varias situaciones no deseadas así como la distribución imprecisa de ciertos elementos.
Las situaciones de funcionamiento detectadas fueron: que la presencia permanente del cartucho de material adsorbente dentro del dispositivo afectaba los seis procesos de acondicionamiento del aire y el tiempo que se requeriría para alcanzar las condiciones de humedad y temperatura deseadas.
Respecto a la distribución, se encontraron que dos componentes, calentador y atomizador, tenían un almacén de agua independiente, pero la solución a esto último condujo a otra a remediar, un aumento de dimensiones, volumen y peso de la cámara, afectando su portabilidad.
Se resolvieron utilizando la metodología TRIZ, elaborando la matriz de contradicciones [14]. La presencia permanente del cartucho representaba una contradicción técnica, una característica ausente y presente, que de acuerdo a la metodología se revolvía segmentando o extrayendo la causa del problema.
Toda vez que el cartucho desecante solamente debería de operar en tres de los procesos donde se involucraba la deshumidificación del aire y en los otros tres no era necesaria su presencia, se pensó en un cartucho removible manualmente, fácil de colocarlo o retirarlo, junto con la implementación de una compuerta que desviara el aire hacia el cartucho cuando aquel debiera estar presente.

 ISSN 2007-8102

Para alcanzar las condiciones deseadas de temperatura y humedad en menor tiempo, se añadieron un conducto de recirculación del aire y una válvula de estrangulamiento manual en la salida hacia a el espacio a acondicionar, esto con el objetivo de que la atmósfera creada perdurara más tiempo dentro en la cámara.

(5) Arquitectura del diseño (Sección teórica)

Todos los elementos y configuraciones mencionados en los puntos del 1 al 4 devinieron en un diseño preliminar teórico del prototipo, situación que se observa en el bosquejo resultante en la figura 2. El complemento para entender los elementos que conforman al prototipo se puede observar en la Tabla 1 que se encuentra en la sección que indica (3) Conceptualización.

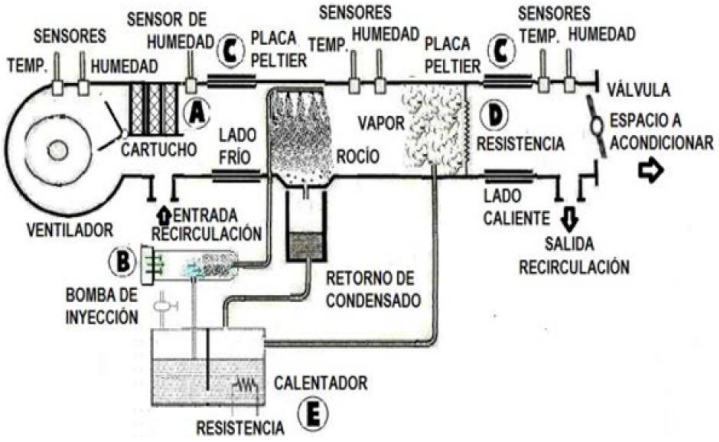


Fig. 2. Componentes del prototipo de cámara (corte longitudinal).
Fuente: Elaboración propia.

La conclusión de la idea referente a la cámara, plasmada de manera tangible se muestra en la figura 3, donde se ilustra el gabinete completo del diseño y el interior del arreglo físico de los componentes que llevarán a cabo cada función.

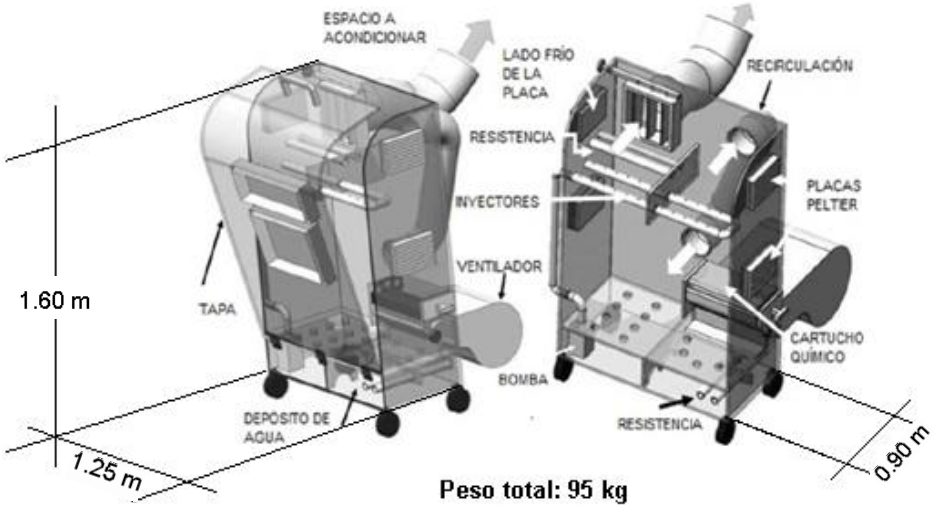


Fig. 3. Conceptualización del prototipo en diseño virtual.
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Fig. 3, el gabinete, construido con lámina galvanizada calibre 12, debe de ir aislado en su superficie interior y debe contar con un frente abatible que incluye un espacio frontal para el tablero de control metálico convencional (tipo Square D o similar) y sus componentes. También se encuentra un almacenamiento para agua de paredes transparentes mismo que puede ser un contendor de plástico comercial con una capacidad sugerida entre tres y cinco litros, mismo que albergue una pequeña bomba tipo automotriz

12VDC 30W sumergida y una resistencia comercial de 300 W para calentar el contenedor donde se alberga agua y cuyo calentamiento humectará por medio del vapor la atmósfera controlada. Lo anterior se logra a través de un sistema de rociadores activados por un interruptor neumático con microdiafragma pulverizador de agua 24VDC a 30W para humidificar por rocío el ambiente de la cámara. Por su parte, un ventilador centrífugo con motor de 24DC de álabes curvados hacia adelante hará circular el aire acondicionado.
Se tienen las placas Peltier TEC1-12706 12V a 60W ubicadas en las paredes laterales para disipar temperatura, al igual que la inclusión de resistencias eléctricas auxiliares 127VAC de 100W para incrementar esta variable.
Las dimensiones del prototipo se calculan en 1.25 m de largo, 0.90 m de ancho y 1.60 m de altura con un peso de 95 kg en total.

Condiciones particulares para el análisis y diseño de cámara y ventiladores

Se asume que el acondicionamiento teórico del aire interior de la cámara será similar al de la cavidad o espacio a acondicionar y que el diseño de éste último es otra situación a trabajar.
Para analizar algunos procesos que deberá llevar a cabo la cámara, se deben tener en cuenta condiciones supuestas como: dimensionales, termodinámicas y parámetros cuyos valores se sugieren y algunos teóricos que se toman como constantes dentro de un rango de humedad y temperatura [15].
Respecto a las dimensionales, se plantea que dicha cámara interior debe de pesar menos de cinco kilogramos, tener una longitud máxima de 120 centímetros y un almacenamiento máximo de 5 litros de agua. Las condiciones teóricas termodinámicas a considerar son: que el fluido es una mezcla de aire y agua, sigue las leyes de los gases ideales al igual que la de Dalton, el flujo es permanente y estable y que se cumplen las relaciones de conservación de la masa y de la energía.
En cuanto a los parámetros teóricos constantes, se toman los de la capacidad calorífica a presión constante, Cp, de la misma manera el del volumen constante, Cv, las constantes particulares del aire seco, Ra, y del vapor Rv, y el de la presión atmosférica.
Para el análisis se considerará que el volumen de la cámara en donde se acondicionará el aire, tendrá que ser de 0.043 m^3, es decir, 0.2 m de ancho con 0.2 m de largo y 1.075 m de alto.
El de almacenamiento de agua, por su parte se propone de 0.005 m^3, con las siguientes dimensiones, 0.2 m de ancho, 0.2 m de largo y 0.125 m de altura.
Por último, el área de salida del aire del ventilador de 0.012 m^2 (12 cm de ancho por 10 cm de largo). Si se considera solamente el peso del volumen del agua la cámara se encuentra dentro del peso especificado, de igual manera se cumple con el de la longitud máxima.
Para facilitar el cálculo y la visualización de los procesos en los que intervienen las mezclas de aire húmedo, se representan gráficamente, y en lo posible, los parámetros importantes del aire húmedo en el diagrama psicométrico; cuando los valores sean no tan fáciles de disponer, se echa mano también, de las ecuaciones termodinámicas que modelan las mezclas de acondicionamiento de aire, o de igual forma se recurre a software apropiado que se encuentra en la red.
Los ventiladores son las máquinas más usadas para hacer circular el aire o algún otro fluido gaseoso, su función principal es mover volúmenes grandes de aire con una determinada eficiencia, velocidad y presión suficiente para superar la resistencia que presente la fricción en el ducto, las reducciones en el área transversal y en accesorios. Debido a que no hay un cambio drástico en la temperatura y las presiones con las que trabajan los ventiladores son pequeñas, hasta 0.686 kPa, esto hace que se considere al aire como un fluido incompresible y a los ventiladores una máquina hidráulica, cuyos análisis se pueden llevar a cabo de acuerdo con la Ley de Bernoulli.

Análisis de procesos

Se empezará a analizar algunos procesos mencionados preliminarmente en la Tabla 1, pero antes de ello se considera necesario conocer el valor de algunos parámetros que serán de utilidad tales como el caudal del ventilador, y el gasto másico de aire, ver ecuaciones (1) y (2).
Calentamiento simple con humedad constante. Consideremos un proceso de acondicionamiento de aire por calentamiento simple, sin agregar humedad para investigar la potencia que se necesita para llevar la temperatura del aire de $T1$=20℃ con una humedad relativa $\emptyset 1$=90% hasta una $T2$=70℃.

$$\dot{V} = \frac{V}{\Delta t} = Av \qquad \text{Ec. 1}$$

Toda vez que $= \frac{v}{m} = \frac{1}{p}$, la ecuación 1 se puede relacionar para el manejo de un gasto másico del aire para un fluido incompresible, de esta manera:

$$\dot{m} = \dot{V} = \frac{\dot{V}}{} \quad \text{Ec. 2}$$

Tomando en cuenta una velocidad del aire en la entrada de 0.5 m/s y un área de 0.012 m^2 se obtiene que:

$$\dot{V} = (0.5)(0.012) = 0.006 \frac{m^3}{s} \quad \text{Ec. 3}$$

Con este valor y con el del volumen específico de u, obtenido de la carta psicométrica que equivale a 0.83 $\frac{m^3}{Kg_a}$ se obtiene:

$$\dot{m}_a = \frac{0.006}{0.83} = 0.00723 \frac{kg}{s} \quad \text{Ec. 4}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación $\dot{Q}_{ent} = \dot{m}_a(h_2 - h_1)$

$$\dot{Q}_{ent} = 0.00723(110 - 58) = 0.3744 \text{ kW} \quad \text{Ec. 5}$$

La potencia calculada es la máxima para el calentamiento, pero también representa la potencia de refrigeración para llevar el proceso de manera inversa.

Aunque esta situación de calentamiento no planteo el cálculo del tiempo que transcurre para calentar la masa del aire o el tiempo que se necesita para desplazar totalmente el volumen del aire contenido, esto se puede hacer recurriendo a las ecuaciones (6), (7), (8) y (9). Se usan valores constantes del calor específico a volumen constante y el de la constante particular de aire seco. Se procede a calcular la masa del aire seco, para esto se aplican los siguientes criterios:

$$m_a = \frac{P_a V}{R_a T} = \frac{(99.08)(0.043)}{(0.287)(20+273)} = 0.051\ kg \quad \text{Ec. 6}$$

$$Q = mC_v(T_2 - T_1) \quad \text{Ec. 7}$$

$$Q = \dot{Q}\Delta t \quad \text{Ec. 8}$$

$$\dot{V} = \frac{V}{\Delta t} = Au \quad \text{Ec. 9}$$

El análisis anterior conduce a la deducción que la temperatura final de un estado humidificado depende de la energía o entalpía del estado donde inicia el proceso de humidificación y de la energía del fluido con el que se humidifica, o directamente de su temperatura, ya que a mayor temperatura mayor es el valor de su entalpía; por lo que se hace preciso el establecimiento exacto del estado previo desde donde se empieza a humidificar y qué temperatura tendría el fluido humidificador.

En el análisis descrito en la ecuaciones 6 a 9, este último proceso se parte de un estado inicial de 70°C y una humedad relativa del 90% hasta llegar al punto de saturación de 20°C, y se pretende encontrar la potencia que invierte el sistema de refrigeración, en nuestro caso las placas Peltier.

Con los análisis consultados previamente [19] se pudo cuantificar cuánto calentamiento o enfriamiento, o aumento o retiro de humedad se requieren para cumplir con un proceso determinado, con el fin de hacer cambios dimensionales o de selección de componentes que sean pertinentes para una operación más confiable.

Resultados y discusión

Analizando los datos que se calcula teóricamente, se obtiene los valores propios para elaborar las gráficas (A, B y C) que muestran el comportamiento de las variables y el comportamiento que se tendría en la cámara cuando las condiciones de inicio fueran definidas. Para estos casos la gráfica A representa el calentamiento o enfriamiento simple, mientras que la gráfica B, demuestra el proceso de calentamiento con humidificación. Por su parte, la gráfica C se encarga de ilustrar el enfriamiento con deshumidificación.

 ISSN 2007-8102

Se aprecia que acorde a lo proyectado es totalmente factible el desarrollo de un diseño conceptual de una unidad portátil de flujo de aire constante con humedad y temperatura controladas es útil para la ejecución de pruebas mecánicas en polímeros, en un rango de 15 a 70 °C y desde 20 a 90% de humedad relativa con cargas estáticas o dinámicas aplicadas obteniendo un dibujo virtual del prototipo en el cual se muestran los componentes y su ubicación dentro de la cámara.

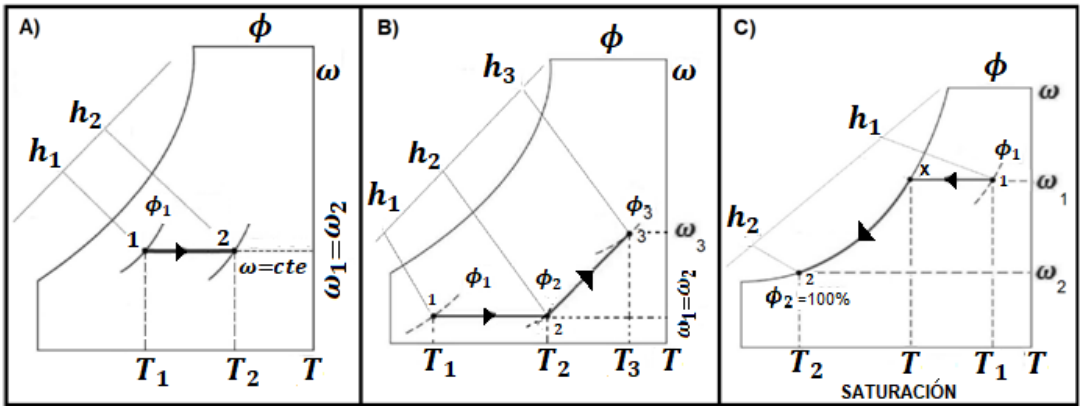


Tabla 2: Análisis de resultados.
Fuente: Bal et al. [5].

Trabajo a futuro

Existen complementos para la mejora de la cámara, como lo es la parte correspondiente al control de las variables que intervienen en el acondicionamiento del aire, tal como lo es el diseño de un tablero de control para el manejo las variables de humedad y temperatura a través del uso de las señales de sensores apropiados. Una vez que se cuente con el sistema de control regulado de temperatura, se puede llevar a cabo la validación de operación del diseño físico o también puede hacerse utilizando la simulación virtual.

Conclusiones

El seguimiento de las actividades del diseño conceptual junto con la teoría del acondicionamiento de aire y el funcionamiento de sus componentes, demuestran que el diseño es físicamente realizable y que cumple con las características proyectadas del objetivo, principalmente su portabilidad, consecuencia del bajo peso de los componentes sugeridos y que se pueden cumplir la función del acondicionamiento de la atmósfera de temperatura y humedad dentro de la cámara.
El diseño conceptual de la cámara se llevó a cabo de acuerdo a la perspectiva del diseño mecánico, se debe mencionar que el prototipo virtual no es un diseño concluido, por lo tanto, siempre existe la posibilidad de hacer modificaciones dimensionales, de distribución, de selección de componentes o mejoras de funcionamiento.
En síntesis, se concluye teóricamente que es factible realizar pruebas mecánicas a polímeros utilizando el diseño de este prototipo que establece el concepto de portatibilidad en cámaras de prueba que controlan las condiciones de temperatura y humedad para realizar en su interior las pruebas mencionadas.
Para la construcción física de la cámara se deberán de observar detalles tales como la temperatura ambiente promedio del lugar donde el prototipo sea instalado, así como el nivel de humedad, esto con el objetivo de realizar las calibraciones adecuadas para su funcionamiento real.
Las pruebas de tensión-torsión pueden realizarse dentro de la cámara, misma que es lo suficientemente grande como para que un instrumento de medición de estas variables pueda operar. En general se concluye que es factible construir una cámara funcional en donde un tensitómetro puede operar dentro de la misma cámara para realizar pruebas de tensión con probetas de polímeros e distintos ambientes controlados a voluntad del operador, ya sean estas atmósferas secas, húmedas, a temperatura ambiente o a temperatura superior a la ambiental.

Agradecimientos

Los autores de este artículo desean agradecer al TECNOLÓGIO NACIONAL DE MÉXICO en su campus de Reynosa, así como el de Matamoros y también el de Celaya por las facilidades para interlocución y asesoría en el tema expuesto en este trabajo de investigación.

Referencias

[1] Osa, O., Martínez, L., Mammone, E., Alvarez, V., Fraga, A., y Vázquez., A. "*Pérdida de propiedades mecánicas por absorción de agua en materiales compuestos*". Jornadas SAM 2000 - IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, pp. 1025-1031, 2000.

[2] Rajeesh. K., Gnanamoorthy, R., y Velmurugan, R. "*Effect of humidity on the flexural creep behavior of polyamide 6 and polyamide 6 nanocomposites*". Materials Science and Engineering. Vol. **527** (12), pp. 2826-2830, 2010.

[3] Ribeiro, M., Nóvoa, P., Ferreira, A., y Marques, A. "*Flexural performance of polyester and epoxy polymer mortars under severe thermal conditions*". Cement and Concrete Composites, Vol. **26** (7), pp. 806-809, 2004.

[4] Sunil Kumar Reddy Bandaru Venkata Raghava. *Deformation and Durability Studies of Insulation Polymers.* Master of Sciences, University of Akron. U.S.A. 2008.

[5] Bal, S., Mahesh, D., Sen, T., y Ray, B. "*Effect of Changing Environments on Microstructure of HDPE Polymer*". Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol. **6**, (1), pp 1-16, 2007.

[6] Springer, G. "*Effects of Temperature and Moisture on Sheet Molding Compounds*". Environmental effects on composite materials. CRC Press, Vol. 2, pp. 59-78, 1984.

[7] Treviño, M. Aging of Polymeric Composites: A Literature Review. Bachelor of Science in Mechanical Engineering. Massachusetts Institute of Technology. U.S.A. 2013.

[8] Dieter, G., y Schmidt, L**. Engineering Design**. New York, N.Y. McGraw Hill. (2009).

[9] European Patent Office. (En línea). Dirección de internet: https://worldwide.espacenet.com/.

[10] Intellectual Property Office. (En línea). Dirección de internet: https://www.gov.uk/government/organisations/intellectual-property-office.

[11] United States Patent and Trade Mark Office. [En línea]. Dirección de internet: http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm.

[12] Capel, M. "*Humedad Relativa en los Estados Unidos Mexicanos".* Paralelo 37. Instituto de Estudios Almerienses, (4), pp. 175-179, 1980.

[13] CREATIVITY. TRIZ40. (En línea). Dirección de internet: *http://www.triz40.com/TRIZ_GB.php*.

[14] Cengel, Y., y Boles, M. **Termodinámica**. México, D.F. McGraw Hill. (2014).

[15] Cory, B. **Fans & Ventilation a practical guide**. U.K. Roles & Associates Ltd. (2005).

[16] ASLI® Máquina de ensayo de resistencia /estabilidad/temperatura para plástico. Disponible en: https://www.directindustry.es/prod/asli-china-test-equipment-co-ltd/product-115689-2025107.html

[17] Society of Plastic Engineers (SPE). Recuperado de http://www.plastico.com/asociaciones/SPE+3106803

[18] Society of Plastic Engineers (SPE). 2019 año de retos para la industria plástica. Recuperado de: http://www.plastico.com/temas/2019,-un-ano-de-retos-para-la-industria-plastica-en-America-Latina+128679

[19] Howel, J. & Buckius, R. **Principios de termodinámica para ingeniería** México, D.F. McGraw-Hill (2009).

Detección de contaminación de la radiación generado por aparatos de Rayos X dentales.

F. A. Poblano Ojinaga[1], L.P. de la Fuente Cabrera[2], A. Longoria de la Torre[3], B. Pedroza Figueroa[4], J. C. Batres Gutierrez[5]*
[1,4] Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna, Blvd. Revolución y Cda. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n C.P. 27000, Torreón, Coahuila. México.
[2] Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón, Av. Juárez y Calle 17 s/n, Colonia Centro, C.P. 27000, Torreón, Coahuila. México.
[3,5]Departamento Metal-Mecánica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna.

**a_poblano@yahoo.com*
***Área de participación**: Mecánica y Mecatrónica.*

Resumen.

Esta investigación tiene la finalidad de detectar contaminación de la radiación en las salas de radiología dental en la Facultad de Odontología de U.A.deC. Unidad Torreón, con la intención de evaluar la cantidad de radiación que reciben estudiantes al realizar prácticas con aparatos de Rayos X. Se estudian tomas de radiografías dentales en las salas y mediante un sistema detectar radiación. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que durante cada disparo la contaminación de radiación queda en el ambiente de la sala, existiendo la posibilidad de que el equipo de radiodiagnóstico dental utilizado libera radiación significativa. Ocasionado un riesgo potencial al estudiante operador del aparato de Rayos X por la gran cantidad de disparos que realiza por día en sus prácticas, poniendo en riesgo su salud por el efecto de dosis de radiación efectiva hacía su persona. La primera etapa muestra resultados obtenidos con fotodiodos, esto debido a su asequibilidad.

***Palabras clave:** Estudiante, Rayos X, contaminación en el ambiente.*

Abstract.

The present investigation has the purpose of detecting radiation contamination in dental radiology rooms at the Facultad de Odontología de U.A. de C. Unidad Torreón, with the intention of evaluating the amount of radiation that students receive when performing their practices with X-ray devices. To do this, dental x-ray shots are studied in the rooms and through a system to detect radiation. The results obtained show that during each shot, the radiation contamination remains in the room environment so there is a possibility that the dental radiodiagnosis equipment used releases significant radiation. Caused a potential risk to the student operator of the X-ray device due to the large number of shots he takes per day in his practices, putting his health at risk due to the effect of effective radiation dose towards his person. The first stage shows results obtained with photodiodes, this due to its affordability.

***Keywords:** Student, X-rays, pollution in the environment.*

Introducción.

Por ser la radiación electromagnética una herramienta fundamental en el campo de la Odontología, y estar presente en toda sala de radiodiagnóstico, es importante conocer cómo se producen estas radiaciones y que efectos causan a nivel celular y somático. Se denomina radiación a la forma de energía que se propaga a través del espacio o de algún medio, la forma de energía que no precisa de un medio conductor para su propagación se conoce como radiación electromagnética.

 ISSN 2007-8102

La radiación electromagnética, a su vez se divide en dos tipos: a. Radiación ionizante y b. Radiación no ionizante. Al interaccionar la radiación con la materia, puede producir iones o no producirlos. Los iones se producen cuando la radiación posee energía suficiente para arrancar electrones de los orbitales de los átomos que se encuentran en la materia quedando dicho átomo con exceso de carga eléctrica (ya sea positiva o negativa). Si la radiación al interactuar con la materia no produce iones, se trata de radiación no ionizante mientras que si los produce, es radiación ionizante. Ésta última es la utilizada en radioterapia. [Former y col., 2011].

Los rayos X son de naturaleza electromagnética pero se originan en los orbitales de los átomos como consecuencia de la acción de los electrones rápidos sobre la corteza del átomo. Dependiendo de su energía, presentan una gran capacidad de penetración y son absorbidos por apantallamientos especiales de grosor elevado. [Als-Nielsen y col., 2011].

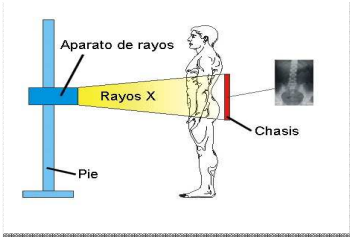


Figura 1. Aparato de Rayos X

La radiación ionizante puede afectar a los órganos debido a su alta capacidad de ionización (La ionización es la separación de iones de los átomos). Si el daño producido no es muy elevado puede ser reparado por el propio organismo, en caso de no ser así, las células pueden sufrir diferentes efectos como causar la muerte de la célula, funcionamiento incorrecto de la célula o una alteración en la célula que puede ser transmitida a las generaciones siguientes [Bushong, 1993].

Durante la etapa biológica se produce como consecuencia de los cambios moleculares producidos en las etapas anteriores, y pueden generar cambios biológicos que se puede manifestar en forma de daño o lesión y cuya gravedad depende del número de células que han sido afectadas y de la transcendencia biológica del órgano alterado. Hymes y col., [2006], y Pérez, [2007]. Las dosis de rayos X de las exploraciones radiológicas se miden tanto en la piel como en las gónadas, testículos y ovarios, así como en la médula ósea [Bushong, 2010].

Los aparatos de rayos X a nivel mundial son uno de los equipos de trabajo más eficientes para lograr el diagnóstico correcto, en la Facultad de Odontología de U.A. de C. Unidad Torreón, es común la toma de una gran cantidad de radiografías, como auxiliar para el diagnóstico y plan de tratamiento de cada paciente que es atendido en diversos departamentos de dicha facultad.

Debido a lo anterior, la importancia de determinar si hay contaminación a la que se está expuesto el alumno, paciente y personal de esta institución, además de analizar la posibilidad de que permanezca radiación latente en las paredes de las salas de radiografía dental de la Facultad de Odontología.

Metodología.

En este trabajo se propone una alternativa al proceso típico de detección y posteriormente la cuantificación de la radiación a la que se encuentran expuestos los estudiantes mediante la sustitución de un sensor convencional por uno infrarrojo. El método consiste en hacer unos disparos utilizando un aparato de rayos X, y mediante el sensor observar las variaciones correspondientes a cada uno de ellos. En este trabajo, se estudiaron los efectos de la correlación del infrarrojo mediante la composición misma del paquete de energía que envía el aparato de rayos X.

 ISSN 2007-8102

Si se detecta contaminación de la radiación latente en el ambiente de las paredes de las clínicas de la facultad, existe la posibilidad de que el equipo de radiodiagnóstico dental utilizado libera radiación significativa. Por lo tanto, se pone en riesgo la salud del estudiante operador del aparato de Rayos X, por el efecto de dosis de radiación efectiva hacía su persona por la gran cantidad de disparos que realiza por día en sus prácticas.

Materiales

Arduino:

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla.

Fotodiodo:

Es un semiconductor de unión P-N, presenta sensibilidad a la presencia de luz visible e infrarroja. Se podría considerar que un fotodiodo es la combinación de un diodo común y una foto-resistencia o LDR y de igual manera que el diodo común éste tiene su polarización. Cabe destacar que este componente electrónico es mucho más lineal que una foto-resistencia o LDR, por lo que es más estable para mediciones. Al detectar luz infrarroja y convertirla en una corriente eléctrica.

La corriente generada por un detector infrarrojo es una señal que indica que existe ese tipo de luz. El infrarrojo es una longitud de onda de luz que está más allá del rango de la visión humana. Esto hace al infrarrojo una herramienta excelente para aplicaciones donde se requiere la luz, pero donde la luz visible podría ser una distracción o de otra forma no deseada. El uso de diodos infrarrojos emisores de luz, o LEDs, hace posibles a los sistemas de control remoto en varios proyectos.

Preparación de voltímetro

Se preparó un voltímetro con varios sensores para la verificación y funcionamiento de cada uno y elegir cuál era el que tenía mejores datos, mejor alcance y mejor calidad de estabilidad.

El funcionamiento del prototipo creado hasta ahora es un fotodiodo conectado a un simple voltímetro creado en Arduino, lee los valores de luz y luz infrarroja que existe en el medio ambiente, expuestos a una radiación lumínica de valor en escala a milivolts es de 1.5 a 2, y cuando éste se expone a una radiación lumínica mayor, el valor en milivolts aumenta.

Esto sucede porque el fotodiodo, que funciona como un receptor de luz, donde mientras más luz incida sobre él, mayor corriente fluye, en proporciones iguales. Recibe los valores, la variable a medir, y el Arduino, desde su entrada análoga, lee los valores y los arroja al monitor.

El Arduino se programa de manera que pueda convertirse en un voltímetro, sin entrar en detalles, esto nos arroja los valores en milivolts, medida del fotodiodo como receptor.

El Arduino consta de dos códigos simultáneos, el primero que es el del voltímetro, que convierte la señal emitida por el fotodiodo receptor de luz a una señal digital plasmada en el serial monitor de Arduino; y el segundo que consta de la programación de una pantalla LCD de 16X2, esta actuara como el serial monitor de Arduino, este último se propuso poner el prototipo de manera poco más accesible a su uso portátil.

 ISSN 2007-8102

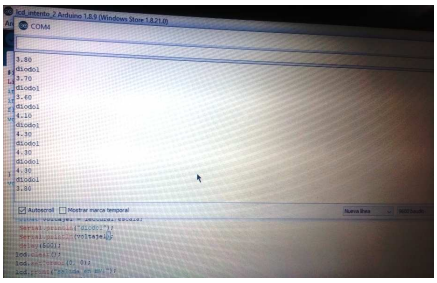


Figura 2. Lecturas del sensor.

Resultados y discusión.

Se colocaron sensores de radiación dentro de la sala de toma de radiografías dentales, a una distancia de 1.5 metros en dirección vertical al aparato de rayos X en la clínica de tercer año (distancia suficiente para evitar que el posible calentamiento del filamento de la lámpara de rayos x afectara en la lectura), se procedió a la evaluación de la cantidad de radiación recibida en dicho sensor mediante los disparos efectuados por el aparato de rayos X.

Para ello se realizaron tomas de radiografías dentales (disparos) durante ocho martes consecutivos, a las 12:00 y se analizaron el comportamiento grafico de los valores obtenidos en cada sesión. Los datos arrojados en cada una de las sesiones presentan patrones de comportamientos similares.

En la Figura 3 (Lecturas del sensor 1, con tres disparos) se muestra como el sensor detecta valores de luz y luz infrarroja que existe en el medio ambiente con valores a 1.5 y 2 milivolts, y los valores superiores a los 2 milivolts cada vez que se toma una radiografía (disparo) con el aparato de rayos X en la sala. A pesar del incremento en los valores indicados por el sensor, no es posible asegurar que sea el incremento en la luz visible sea proporcional a la radiación X dispersada por la maquina durante los disparos. Sin embargo, si es un indicativo de variación en la radiación de luz en el espectro no visible.

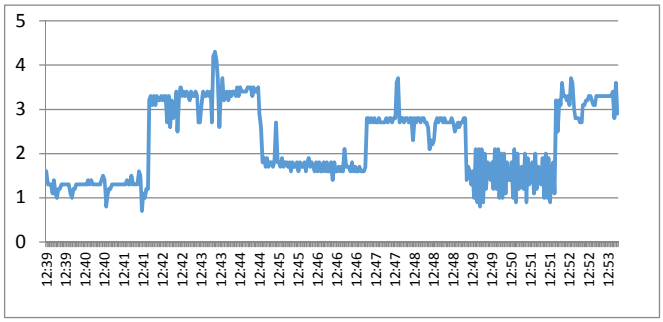


Figura 3. Lecturas del sensor 1, con tres disparos.

En la Figura 4 (Lecturas del sensor 1, con dos disparos) se muestra como el sensor detecta lecturas similares a la figura 3 confirmando con variaciones similares en el comportamiento, la posibilidad de que el equipo de radiodiagnóstico dental utilizado libera radiación significativa.

 ISSN 2007-8102

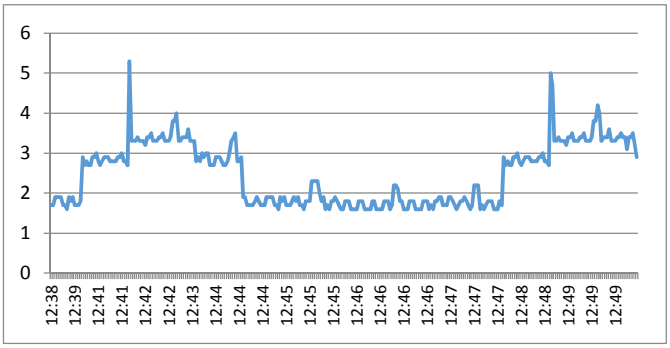


Figura 4. Lecturas del sensor 1, con dos disparos.

Con la información obtenida, se pone de manifiesto que durante cada disparo la radiación de haces de luz no visible queda en el ambiente de la sala, se demuestra la posibilidad de que exista contaminación dentro de las salas de radiología dental.

Trabajo a futuro.

La presente investigación tiene la finalidad de detectar la contaminación de la radiación de los equipos de radiodiagnóstico dental y corroborar si las paredes de las clínicas de radiodiagnóstico dental acumulan radiación ambiental en la Facultad de Odontología.

Sin embargo, este proyecto es aun más ambicioso, después de confirmar que efectivamente existe radiación latente, ahora se pretende cuantificar dicha radiación latente que reciben los estudiantes con estos aparatos de rayos x al realizar sus prácticas, con la finalidad de conocer si se encuentra o no dentro de los RAD (Dosis de radiación absorbida) permitido por las normas oficiales.

Por lo que el trabajo a futuro, es modificar el prototipo para detectar rayos beta y gamma. Y cuantificar los niveles de radiación emitidos por los aparatos de rayos X dentales y la contaminación ambiental en la sala de prácticas de radiografías dentales.

Como forma de validación se tiene pensado utilizar un medidor de radiación a la par del sensor propuesto al realizar la detección, con la finalidad de calibrar también el sistema de detección diseñado.

Conclusiones.

La presente investigación tiene la finalidad de detectar la contaminación de la radiación de los equipos de radiodiagnóstico dental y corroborar si las paredes de las clínicas de radiodiagnóstico dental acumulan radiación ambiental en la Facultad de Odontología. Sin embargo, en esta primera etapa y con los materiales y sensores con los que se contó al momento de hacer las pruebas, los datos obtenidos no pueden considerarse concluyentes, pero si son un apoyo a una segunda etapa que será con sensores más especializados.

Actualmente se tiene el desarrollo del proyecto, participando los cuerpos académicos de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna, conjuntamente con el cuerpo académico de Odontología Preventiva de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón, institución en la que ya fue realizado un proyecto piloto para detectar la presencia de radiación dentro de las clínicas y el resultado fue la confirmación de la presencia de dicha radiación, sin embargo no fue cuantificada, siendo precisamente la cuantificación el nuevo objetivo principal de nuestro proyecto.

Agradecimientos.

Los autores agradecemos por el apoyo brindado, su asesoramiento y participación en el desarrollo del presente proyecto a:

- M.A.E. Elva Rosaura Pineda Armendáriz. Departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Laguna.
- DRA. Cristian Máyela Estrada Valenzuela. Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón
- Luis Moisés Cháirez Chávez. Alumno de la carrera de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Laguna.

Referencias Bibliográficas.

1. Former, H.; Stabulas-Savage, J. (2011). Radiología Dental. Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V ISBN: 978-707-448-106-08. Capitulo 1, pag. 2
2. Als-Nielsen, J.; McMorrow, D. (2011). Early history and x-ray tube. Elements of Modern X-ray Physics. Second Edition. United Kingdom: Jhon Wiley and Sons Ltd.;pag 7.
3. Salazar, A.; Cuervo, D. (2012). Protocolo de ensayos de emisiones radiadas en equipos médicos: caso de estudio de equipos de telemedicina. ISSN 0120-6230. Pág. 34
4. Bushong, S. (1993). Manual de Radiología para Técnicos. Mosby, División de Times Mirror de España, S.A. Madrid, España. ISBN: 84-8086-031-6 pag.4.
5. Hymes, S.; Strom, E.; Fife, C. (2006). Radiation dermatitis: clinical presentation, pathophysiology and treatment. J Am AcadDermatol 2006; 54:28-46./pág. 1
6. Perez, E. (2007). La ciencia de la radiación ionizante. Enfermedades por radiación. Pag. 7
7. Birdsell, D.; Bannon, P.; Weebb, R. (1977). Harmful effects of near U.V. radiation used for polymerization of a sealant and a composite resin. J.A.D.A. Vol. 94 February 1977/ pág. 6
8. Bushong, S. (2010), Manual de Radiología para Técnicos: Física, Biología y Protección Radiológica, Editorial Harcourt. Capitulo 3. pág. 3
9. Normas de Protección Radiológica. Sociedad Paulista de Radiología. Brasil. (1995).pág. 33
10. Dosis de radiación en los exámenes por rayos X y por TC/TAC Página 1 de 6 Copyright© 2018, RadiologyInfo.org Repasada en Apr-20-2018https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=safety-xray

Mecanismo paralelo UPS-1S para la articulación de un tobillo protésico para personas con amputación transtibial

V. E. Abarca[1], N. J. Gallardo[2], D. A. Elías[1]
[1]Laboratorio de Investigación en Robótica Aplicada y Biomecánica
Sección Ingeniería Mecánica, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú,15088, Lima-Perú.
E-mail: delias@pucp.pe.
[2]Especialidad de Ingeniería Mecánica, Posgrado, Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica, 93230, Veracruz-México
E.mail:e186p1319@itspozarica.edu.mx
***Área de participación**: Mecánica y Mecatrónica.*

Resumen

Se presenta el diseño de un tobillo protésico utilizando un mecanismo paralelo tipo UPS-1S con configuración: unión universal, prismática (con fuerza máxima de 2,2 kN del actuador lineal) y esférica. Este mecanismo tiene 3 grados de libertad activos, con 3 movimientos de rotación similar a un tobillo humano. Permite realizar 6 movimientos: flexión plantar, dorsiflexión, eversión, inversión, abducción, y aducción, e incluso los rangos de movimientos en los planos sagital, frontal y transversal. Este mecanismo se desarrolla en base a medidas antropométricas del miembro inferior una mujer mexicana de 1.56m de estatura y de peso de 64 kg, y la propuesta del mecanismo ha sido diseñado y validado mediante simulación de los rangos de movimiento del tobillo con Autodesk Inventor 2020.

***Palabras clave**: Mecanismo paralelo, prótesis transtibial y diseño mecánico.*

Abstract

The prosthetic ankle design is presented using a parallel UPS-1S type mechanism with the following configuration: universal join, prismatic joint (with a maximum of 2.2 kN force for the linear actuator) and spherical join. This mechanism has 3 active degrees of freedom, with 3 rotation movements similar to a human ankle. It allows 6 movements: plantar flexion, dorsiflexion, eversion, inversion, abduction, and adduction, even the ranges of movements in the sagittal, frontal and transverse planes. This mechanism is developed based on anthropometric measurements of the lower limb of a Mexican woman with 1.56m of height and 64 kg of weight, the proposal of the mechanism has been designed and validated by simulating the ranges of movement of the ankle using Autodesk Inventor 2020.

***Key words**: Parallel mechanism, transtibial prosthesis y mechanical design.*

1. Introducción

Actualmente, la diabetes mellitus es la primera causa de amputaciones del miembro inferior en el mundo [1][2], según la Organización Mundial de la Salud (OMS) 422 millones de personas viven con la enfermedad y cada año mueren 1,6 millones de estos pacientes. Las complicaciones de la diabetes mellitus afectan a muchas partes del cuerpo humano, está el riesgo de sufrir una amputación no traumática dicha complicación se asocia a neuropatía y enfermedades vasculares periféricas, estos elementos pueden conducir en el caso de las complicaciones del pie, a ulceración, infección y eventualmente amputación [3]. Las amputación transtibial es la resección completa y definitiva del segmento corporal por debajo de la rodilla. Pacientes que han sufrido esta amputación generan múltiples modificaciones, no solo de orden anatómico sino tambien fisiológico, psicológico e implicaciones en el desempeño corporal y sus movimientos, todo esto ocasionado por la pérdida del miembro inferior. Dentro de las pérdidas de la parte inferior encontramos el tobillo, este es crucial en soporte y progresión al caminar, debido a que provee 6 movimientos al pie: dorsiflexión, plantar flexión, eversión, inversión, abducción y aducción [4]. Estos movimientos se deben a las estructuras ligamentosas y musculares del tobillo, las mismas que favorecen las adaptaciones del terreno durante la caminata [5]. Los pacientes con amputación recurren al uso de prótesis de miembro inferior recuperando la capacidad de caminar, sustituyendo el miembro perdido es así como el mecanismo paralelo que proveerá la movilidad al pie protésico imitará estos movimientos naturales que realiza el tobillo humano. En los últimos años se ha despertado un gran interés en el desarrollo de prótesis de miembro

inferior, es como se pueden encontrar diferentes mecanismos seriales que integre una prótesis [6], [7], [8], [9], por el contrario los mecanismos paralelos no han sido aplicados en prótesis de miembro inferior, a pesar de que se conoce que tiene mayores ventajas y esto se debe a que las cadenas cinemáticas que lo conforman permiten movimientos a la plataforma fija y móvil en comparación con los mecanismos en serie [10][11][12], ofreciendo una alta rigidez con un bajo peso y aportando características de precisión, y la capacidad de manipular cargas muy superiores a su peso [13][14]. Los usos de mecanismos paralelos a la fecha han sido abordados principalmente para aplicaciones industriales [15][16]. En el área de prótesis comerciales e investigaciones aplicadas para sustituir un miembro con mecanismos paralelos es escaso, solo se cuenta en diseño de prótesis en miembro superior; transhumeral [17], de antebrazo [18], en ortesis para el miembro inferior [19] y rehabilitadores de tobillo [20][21].

Por lo cual, en este trabajo se tiene como objetivo el diseño de un mecanismo paralelo para la articulación de un tobillo protésico para personas con amputación transtibial, considerando parámetros fundamentales como los rangos de movimiento, dimensiones antropométricas, peso, tipos de movimientos, y 3 grados de libertad activos similar al tobillo humano.

2. Diseño del mecanismo

Se realizó el diseño de un prototipo de mecanismo paralelo el cual se muestra en la Figura 1. Éste está conformado por 3 actuadores eléctricos, 3 uniones universales, 3 uniones esféricas, una plataforma móvil y una plataforma fija. La plataforma fija es aquella que se unirá al socket de la prótesis y la plataforma móvil es aquella que se unirá al pie protésico. El movimiento del mecanismo depende de la orientación de las juntas y los actuadores, para que este no se bloquee al ser activados simultáneamente.

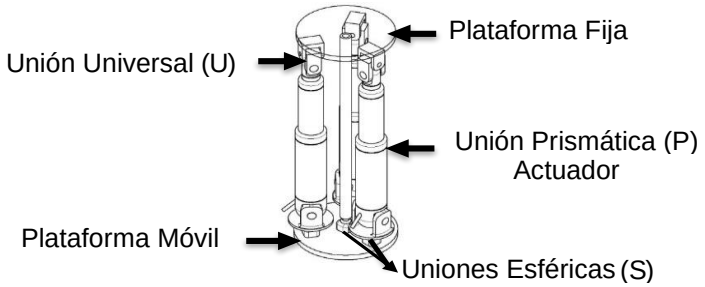


Figura 1. Configuración del mecanismo paralelo UPS-1S

2.1 Requisitos del diseño

Los requerimientos fueron planteados en base a la investigación del estado del arte y de las exigencias del proyecto titulado “Mecanismo paralelo UPS-1S para la articulación de un tobillo protésico para personas con amputación transtibial.”, con el fin de concretar el diseño mecánico. A continuación, en la Tabla 1., se detallan los requerimientos para el diseño la función principal de este mecanismo es poder realizar 6 movimientos con tres grados de libertad.

Tabla 1. Requisitos de diseño

Cinemática	Deberá simular al movimiento natural del tobillo, y realizar los ángulos plantar flexión: 10° a 20°, dorsiflexión: 10° a 15°, inversión: 0° a 23°, eversión: 0° a 12°, abducción: 0° a 30°, aducción: 0° a 30° [22][23].
Fuerza	El mecanismo paralelo debe soportar una carga en movimiento de hasta 60 kg del paciente definido.
Ergonomía	El mecanismo debe tener una altura para un paciente definido con una estatura de 1.56m.
Materiales	Los materiales por utilizar deben ser resistentes ante las cargas esperadas y los más ligeros posibles.
Geometría	Asemejar que las medidas antropométricas del paciente [24].
Peso	Los elementos que conforman la prótesis deben cumplir con los estándares de peso necesarios basándose en la forma de IMC (índice de masa corporal) teniendo en cuenta que la prótesis debe tener una masa total de 4 kg [25].

 ISSN 2007-8102

2.2 Medidas antropométricas

El diseño del mecanismo paralelo de la articulación del tobillo fue realizado con las dimensiones antropométricas de una mujer de estatura de 1.56 m y peso 64 kg, según Tabla 2. El corte más común en la amputación transtibial recomendado es de tercio superior, es decir, 88 mm por debajo de la rodilla según Campbell's [26]. Entonces, la altura máxima del mecanismo paralelo considerado desde la amputación hasta la ubicación del tobillo humano es de 305 mm.

Tabla 2. Especificaciones antropométricas [24]

Dimensiones [mm]	
Circunferencia de la pantorrilla	363 mm
Circunferencia del tobillo	90 mm
Longitud tibial	393 mm
Longitud del muñón	88 mm
Longitud del pie	240mm
Ancho del pie	90mm

2.3 Movimientos del tobillo

La articulación del tobillo en el plano sagital, según Figura 2, realiza el movimiento de flexión plantar cuando el pie apunta hacia la pierna, y dorsiflexión cuando el pie apunta hacia el suelo. En el plano transversal realiza el movimiento de inversión cuando gira la planta del pie hacia dentro y eversión cuando gira la planta de pie hacia afuera. En el plano frontal realiza el movimiento de abducción que es cuando el pie se mueve hacia fuera permitiendo que los talones queden a lado del otro talón y aducción cuando el movimiento hacia adentro permite que los dos dedos gordos del pie se posicionan frente a frente [22]. Los rangos de movimiento en la articulación del tobillo humano se muestran en la Tabla 3.

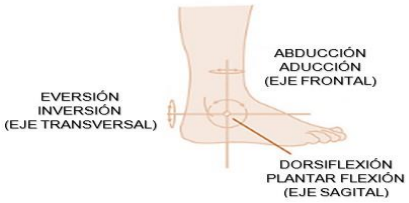


Figura 2. Movimiento del tobillo en tres ejes [22].

Tabla 3. Rangos de movimientos [23].

Movimientos	Rango [°]
Flexión plantar	30 a 50
Dorsiflexión	20 a 30
Eversión	25 a 30
Inversión	0 a 52
Abducción	0 a 45
Aducción	0 a 30

2.4 Cinemática del tobillo

Los movimientos del tobillo durante el ciclo de marcha en el periodo de soporte se muestran en la Figura 3. El tobillo está en posición neutra en el momento del contacto del talón con el suelo (Figura 3a). El tobillo comienza a moverse en dirección flexión plantar llegando el pie a estar en contacto con el suelo (Figura 3b), luego el tobillo comienza a moverse 15° de la posición neutra a la flexión plantar, pasando aproximadamente 5° a la dorsiflexión (Figura 3c). A continuación, el talón se despega del suelo cuando la articulación del tobillo está a 15° de dorsiflexión (Figura3d) y, finalmente, el tobillo se mueve rápidamente en 25° de flexión plantar (Figura. 3e) [27]. En el período de balanceo el pie se mueve de su posición inicial de flexión plantar, al desprenderse del suelo, a una posición neutra (0°) que se mantiene durante la etapa de balanceo.



Figura 3. Estudio cinemático del tobillo en el ciclo de marcha [27].

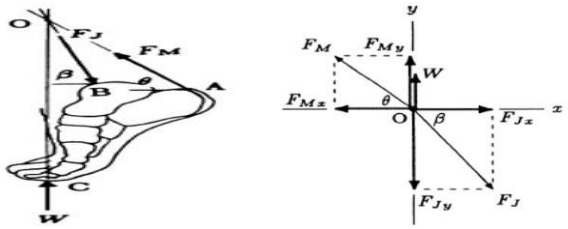
Los rangos de movimiento en los planos sagital, frontal y transversal para la articulación del tobillo humano en el ciclo de marcha se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Rangos de movimiento en el ciclo de marcha [22]

Movimientos	Rango [°]
Flexión plantar	10 a 20
Dorsiflexión	10 a 15
Eversión	0 a 12
Inversión	0 a 23
Abducción	0 a 30
Aducción	0 a 30

2.5 Cinética del tobillo

En la Figura 4a se muestran las fuerzas que actúan en el pie durante la marcha. La fuerza del músculo F_M representa la fuerza en el tendón de Aquiles, el cual está sujeto al hueso calcáneo en A. La fuerza de reacción de la tibia F_J se aplica en la en la cúpula del astrágalo en B y la fuerza de reacción sobre el piso W representa el peso de la persona aplicado en C. Estas tres fuerzas representan un sistema de fuerzas concurrentes en el punto de referencia O y en esta posición se estima que la línea de acción de la fuerza de tensión en el tendón de Aquiles forma un ángulo con la horizontal $\theta = 45$, y la línea de acción de la fuerza de reacción de articulación del tobillo forma un ángulo con la horizontal $\beta = 60$.



(a) (b)

Figura 4. Cinética del tobillo, (a) Fuerzas que actúan en el pie, (b) Componentes de las fuerzas [28]

El pie se mantendrá en equilibrio en determinado tiempo del período de soporte del ciclo de marcha, por lo que, mediante la primera ley de Newton, se aplican las condiciones de equilibrio $\sum F_) = 0$: $F_{,)} = F_{-)}$, y $\sum F_. = 0$: $F = F_{-.} + W$, obteniendo las Fuerzas en dirección horizontal (x) y vertical (y) (Figura 4b). La fuerza por el tendón de Aquiles $F_{-.}$ =1236,4N, la fuerza de reacción aplicada de la tibia en la en la cúpula del astrágalo $F_{,.}$ =1748,51N y la Fuerza resultante F_R =2141.5N se obtienen aplicando las ecuaciones 1, 2 y 3.

$$F_M = \frac{Cos\ \beta W}{Cos\ \theta\ Sen\ \beta - Sen\ \beta\ Cos\ \theta} \quad (1)$$

$$F_J = \frac{Cos\ \theta W}{Cos\ \theta\ Sen\ \beta - Sen\ \theta\ Cos\ \beta} \quad (2)$$

$$F_R = \sqrt{(F_J)^2 + (F_M)^2} \quad (3)$$

2.6 Actuador

La fuerza resultante presente en el tobillo es dividida por los 3 actuadores lineales (unión prismática del mecanismo paralelo) con un factor de seguridad igual a 2, dando como resultado la fuerza requerida de 1427,6N

 ISSN 2007-8102

por cada actuador. Por lo tanto, se seleccionan 3 actuadores modelo easyE-35 que tiene una longitud de carrera de 50 mm, son de acero inoxidable, clasificación IP66, rango de temperatura de -5 °C a + 70 °C, tiene un peso de 0.8 kg, con capacidad de empuje máxima de 2200 N y con una velocidad de carga máxima de 2 mm/ s [29].

2.7 Validación

Un pie protésico estético estándar de origen open source fue acoplado en la plataforma móvil del mecanismo paralelo de medidas 90x24x7mm, para su análisis en el plano frontal, sagital y transversal como se muestra en las Figuras 5, 6 y 7. La evaluación del mecanismo fue mediante la activación de los tres actuadores lineales (unión prismática) y la verificación de los rangos de movimiento del tobillo en el ciclo de marcha de la Tabla 3 con el Software Autodesk Inventor 2020.

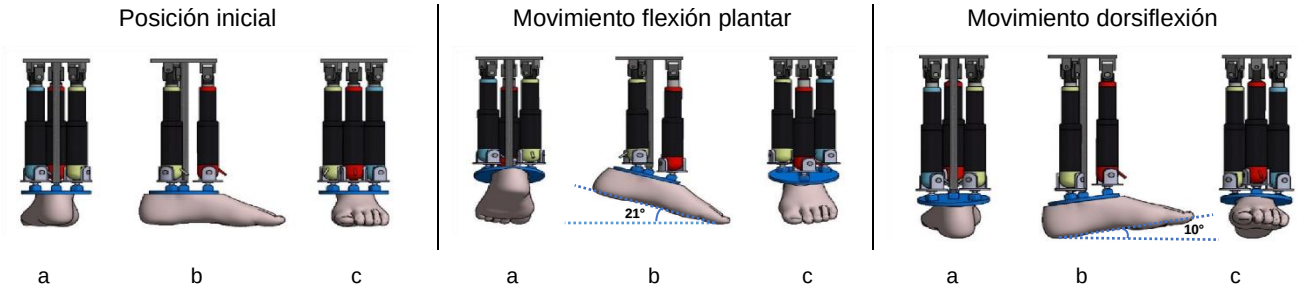


Figura 5. Movimiento flexión plantar/dorsiflexión, a) Plano Frontal-izquierdo, b) Plano sagital, c) Plano Frontal-derecho

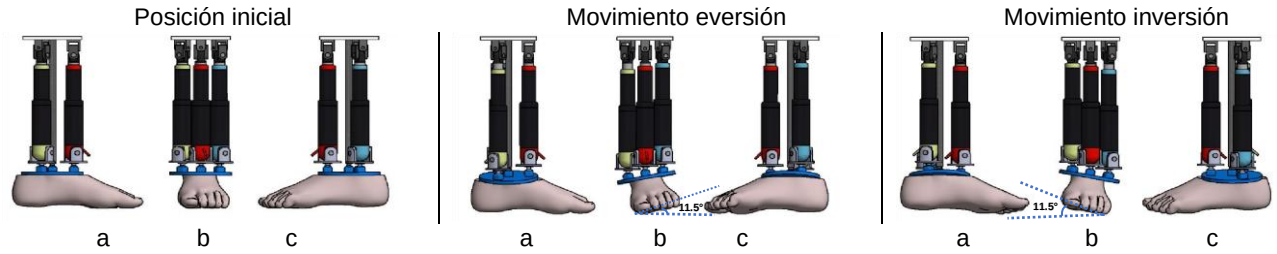


Figura 6. Movimiento eversión/inversión, a) Plano sagital-izquierdo, b) Plano Frontal, c) Plano sagital-derecho

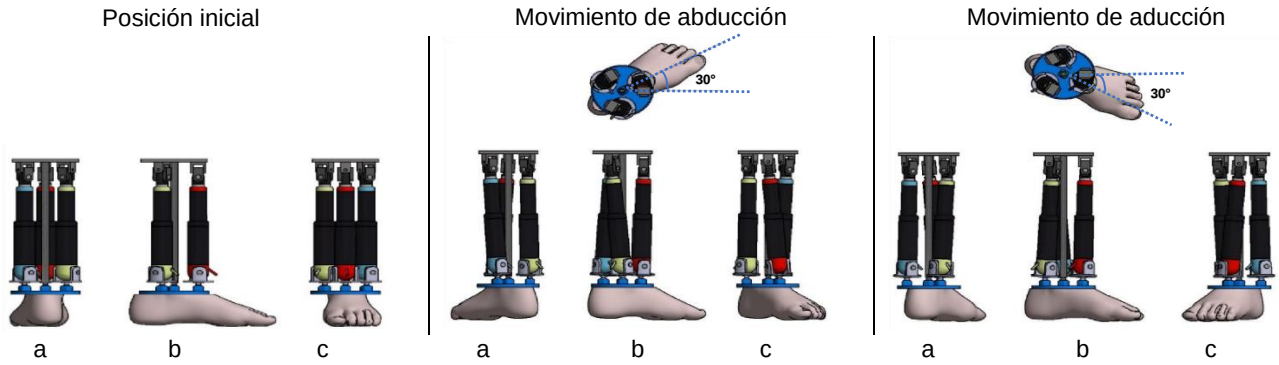


Figura 7. Movimiento abducción/aducción, a) plano transversal, b) plano frontal-izquierdo, c) plano sagital, d) plano frontal derecho

3. Resultados

En la Tabla 5 se muestra una comparación de los rangos de movimiento del tobillo humano en el ciclo de marcha con los rangos de movimiento del mecanismo paralelo diseñado. Se observa que en el movimiento de inversión no llega a cumplir el rango del tobillo humano, sin embargo, en los demás movimientos que realiza el mecanismo paralelo si logra acercarse al rango de movimiento del tobillo humano. Al ejecutarse cada movimiento, en cada

plano, las uniones prismáticas (actuadores lineales) son activadas extendiendo su vástago una determinada distancia hasta obtener el rango deseado de los movimientos del tobillo protésico. Estos actuadores se activan coordinadamente, como por ejemplo en el movimiento de flexión plantar la carrera del actuador amarrillo es cero mientras sus otros actuadores trabajan juntos, o en el movimiento de abducción/aducción los tres actuadores trabajan en simultáneo siendo sus carreras iguales.

Tabla 5. Movimiento del mecanismo Paralelo UPS-1S

	Rangos de movimiento		Carrera de actuador		
Movimientos	**Tobillo humano [°]**	**Mecanismo paralelo [°]**	**Amarillo [mm]**	**Azul [mm]**	**Rojo [mm]**
Flexión Plantar	10 a 20	0-21	0	19	20
Dorsiflexión	10 a 15	0-10	10	9.3	0
Eversión	0 a 12	0-11.5	13	0	5.5
Inversión	0 a 23	0-11.5	0	13	6
Abducción	0 a 30	0-30	7	7	7
Aducción	0 a 30	0-30	7	7	7

4. Trabajo a futuro

Fabricar el mecanismo paralelo UPS-1S de 3 grados de libertad y evaluar de manera física los movimientos del mecanismo del tobillo protésico. Adicional diseñar un socket personalizado para pruebas futuras con usuario.

5. Conclusiones

El mecanismo UPS-1S analizado en esta investigación para tobillo protésico permite realizar los movimientos activos de un tobillo humano, flexión plantar/dorsiflexión, eversión/inversión, abducción/aducción. Debido al tipo, y a la disposición en la orientación de las juntas de las cadenas cinemáticas (uniones universales, prismáticas y esféricas) que conforman este mecanismo, se obtienen los 3 grados de libertad activos para el tobillo protésico, evitando que el movimiento no se bloquee o las uniones prismáticas (los actuadores lineales) no interfieran entre sí. El mecanismo diseñado es compacto cuya altura es 306 mm y ancho 115 mm, y de peso 2.63 kg, sin tomar en cuenta el peso del pie estético que es aproximadamente 1 kg.

El mecanismo paralelo emula satisfactoriamente los rangos de movimiento del tobillo, por las uniones esféricas que permiten un movimiento relativo dentro de su cavidad esférica, obteniendo ciertos ángulos en todos los planos en que se mueve el tobillo; en plano sagital, frontal y transversal. La propuesta del mecanismo fue diseñada y validada usando el software Autodesk Inventor 2020, lo que permitió determinar la carrera de los actuadores lineales en cada rango de movimiento del tobillo protésico.

Los elementos que conforman el mecanismo paralelo UPS-1S se encuentran en el rango de peso ideal del miembro amputado 4kg, para que así una persona con amputación no emplee demasiada energía metabólica para caminar, y no cause daños adicional en el aspecto físico, como desubicación del centro de gravedad, trayendo como consecuencia problemas en las articulaciones remanentes del cuerpo.

Se determinó que el mecanismo paralelo para una prótesis transtibial es un sistema actuado, ya que cuenta con el mismo números de actuadores y grados de libertad. Este trabajo describe un mecanismo paralelo con tres grados de libertad considerando características antropométricas, que aportan información para el desarrollo de los movimientos deseados del mecanismo que consta con tres actuadores y tres grados de libertad. Se propone que sean actuados por medio de sensores de contacto que detecten las irregularidades del suelo y al mismo tiempo envíen la señal a los actuadores para efectuar la operación de entrada y salida de la carrera donde el mecanismo paralelo podrá desarrollar los movimientos de plantar flexión, dorsiflexión, abducción, aducción, inversión y eversión.

Este mecanismo puede usarse a futuro en pacientes con una estatura aproximada a 1,56 m. Esto se logra seleccionando los actuadores lineales con un tamaño de 50 mm de carrera y con capacidad de resistencia de fuerza 1427,6N, óptimo para los 64 kg del paciente en el cual se basó este estudio.

6. Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al Laboratorio de Investigación en Robótica Aplicada y Biomecánica de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Referencias

[1] Alvarez, F. (2019) La diabetes es la primera causa de amputación de extremidades en el mundo, 62° Congreso de la Sociedad Española Angiología y Cirugía Vascular, Organización Médica Colegial de España. Disponible: http://www.medicosypacientes.com/articulo/la-diabetes-es-la-primera-causa-deamputacion-de-extremidades-en-el-mundo

[2] Vázquez E. (2016). Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el estado. México:Intersistemas, S.A de C.V.

[3] Castillo, S. & Palacios D. (20019). Variación estacional de las amputaciones en un hospital universitario de Monterrey, Mexico (2009 -2012).

[4] Ocampo, M. & Henao L. (2010). Amputación de miembro inferior: cambios funcionales, inmovilización y actividad física. N° 42.

[5] Brockett, C. & Chapman, G. (2016). Biomechanics of the ankle. Orthopaedics and trauma, Elsevier 30(3), 232–238. Doi: 10.1016/j.mporth.2016.04.015.

[6] Fuente: http://thelondonprosthetics.com/uploads/files/Proprio-Foot1.pdf. Consulta: 16/05/2019.

[7] Weerakkody, T., Lalitharatne, T. & Gorupa, R. (2017). Adaptive Foot in lower-limb Prostheses. Journal of Robotics, Article ID 9618375, 1-15 Doi: 10.1155/2017/9618375

[8] Kennedy LaPrè, A., Umberger, B. & Sup, F. C. (2016). A Robotic Ankle–Foot Prosthesis With Active Alignment. ASME. Journal of Medical Devices, 10(2), 025001-025001-9.

[9] Holgate, M. (2017). Robotic Device and method of using a parallel mechanism, Patente N° US9532877B2.

[10] Merlet, J.P. (2006). Parallel Robots. (2°ed.) Springer.12

[11] Pandilov Z., Dukovski V., (2014).Comparison of the characteristics between serial and parallel robots. 7, 157.

[12] Kishore, K., Srinath, A. & Vamsi, L. (2015). Simulation and analysis of parallel manipulator for manoeuvring laparoscopic camera - cad based approach, International Journal of Engineering and Technology, 7(1), 294-302.

[13] Zhang, L. & Guo F. (2016). Global Dynamic modeling of electro – hydraulic 3 -UPS/S Parallel stabilized platform by bond graph. China June 23.

[14] Duarte, K. & Borras, C. (2015). “Generalidades de robots paralelos”. Vision electrónica algo mas que un estado solido, Vol.10, No. 1-1, enero 2016.

[15] Diaz, Miguel. & Fabio, H. (2018). Aplicación de los robots paralelos: síntesis análisis y aplicaciones,2018. Hal-01907282.

[16] Babeth, P. & Jhair H. (2009). Revisión del estado del arte de manipuladores paralelos. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

[17] Mendoza J.,Escudero A.,Roja I. (2014). Diseño y construcción de un mecanismo paralelo para prototipo de prótesis transhumeral.Puebla, pueb.,México.

[18] Bandara D., Hemapala K. A (2014). Multi-DoF Anthropomorphic Transradial Prosthetic Arm, 5 th IEEE RAS & EMBS Internacional Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, Sao Paulo, Brazil, August 12-15.

[19] Shivesh K., Berstold B., Marc S., Frank K., (2018). Design and Kinematic Analysis of the Novel Almost Spherical Parallel Mechanism Active Ankle, Journal of Intelligent & Robotic Systems, March. https://doi.org/10.1007/s10846-018-0792-x

[20] Saglia N., Tsagarakis J., Dai D. Caldwell. (2009). A high-performance redundantly Actuacted Parallel Mechanism for Ankle Rehabilitation The International Journal of Robotics Research Vol. 28, No. 9, September, pp. 1216–1227. DOI: 10.1177/0278364909104221

[21] Bance, E., Barriga, B. & Elías, D. (2012). Simulador de marcha del tipo pie plataforma para rehabilitación de la marcha humana. (1° ed.).

[22] Venture G., Watier B., Launmond J. (2016) Biomechanics of Anthropomorphic Systems (pp.48).
[23] Neumann D., (2015) Kinesiology of the musculoskeletal system (2° ed.) Ankle and Foot. London:Elsevier [19] Kapandji Al., (2004) Fisiología articular (5° ed.). Madrid: Editorial médica panamericana.
[24] Ávila R.,Prado L., González E. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. (2° ed.). Trabajadores industriales 18 a 65 años (p.p. 94-96). México: Universidad de Guadalajara.
[25] Uguña, H. & Zhindón E. (2016). Diseño, construcción e implementación de una prótesis de tobillo mecánica con tres grados de libertad. Ecuador.
[26] Azar M., Beaty J., Canale T. (2017). Campbell's, Operative orthopaedics. (13° ed). Lavelle D. Amputations of the lower extremity (pp.675). Elsevier. Philadelphia, Pa.
[27] Hernández F. (2008). “Diseño y construcción de prototipo neumático de prótesis de pierna humana”.
[28] Özkaya N., Nordin M., Goldsheyder D., Leger D.(2012). Fundamentals of Biomechanics: Equilibrium, Motion, and Deformation (13ª ed.) (pp.85) New York: Springer.
[29] EasyE-line (2019). EasyE-35. Melbourne,Florida,EE.UU https://www.easye.us/products/easye35/

GENERACION DE UNA BASE DE DATOS CON RESGUARDO EN LA NUBE PARA EL MONITOREO DE UN BIORREACTOR RLFI

E. Peña Pérez[1],* A. Martínez Sibaja*[1], J. P. Rodríguez Jarquin[1]*, O. O. Sandoval González*[1]*, M.D. Guzzi Hernandez[1]*
[1] Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9. Num.852 Col Emiliano Zapata, C. P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
emmanuelp94_3@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Electrónica*

Resumen

Mediante el monitoreo de la interfaz gráfica se obtuvieron datos, los cuales fueron utilizados para el resguardo y alojamiento de los dados obtenidos por los sensores, para ello se creó una base de dato Backup, la cual será alojada en un disco local, contando con una copia de esta información, la cual será alojada en una nube de acceso remoto fácil.

***Palabras clave**: Nube, Backup, base de datos*

Abstract

By monitoring the graphical interface, data will be obtained, which were used for the backup and hosting of the data used by the sensors, so that a backup database is created, which will be hosted on a local disk, by contacting with a copy of this information, which will be hosted in an easy remote access cloud.

***Key words**: Cloud, backup, database*

Introducción

El monitoreo remoto para un reactor anaerobio hibrido de lecho fijo y lecho fluidizado inverso describe las acciones y realiza un análisis continuo dentro del reactor, evitando fallas y errores desde lo más mínimo hasta errores catastróficos, un sistema de este tipo crea un respaldo de la información obtenida. Un sistema de monitoreo remoto, se resume a la visibilidad y productividad de cambios desde un acceso dentro de la planta de trabajo o fuera de ella.

Habitualmente para un sistema de monitoreo y manejo de variables, se realizan actividades en las que incluye la manipulación directa con actuadores, para evitar contacto directo se crean sistemas de monitoreo remoto en los cuales se pueden obtener resultados como los de manipulación directa, inclusive mejorando los resultados obtenido, todo esto a través de la creación de una interfaz, en la cual la interacción se realiza a través de una computadora, uno de los aspecto fundamentales es el acceso a una base de datos alojado en una nube en la cual se podrá acceder, para obtención de información de interés para los operarios.

La importancia del respaldo informático abarca en que todos los dispositivos de almacenamiento masivo de información pueden llegar a fallar, por lo tanto es de suma importante que se cuente con una o varias copias de información, ya que la probabilidad de que falle 1 o 2 dispositivos al mismo tiempo son bajas.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Se llevó a cabo un análisis de los datos de enviados por los sensores y estado de actuadores, para posteriormente, saber de qué tipo de datos se almacenarían, de acuerdo a lo mostrado en la Figura 1.

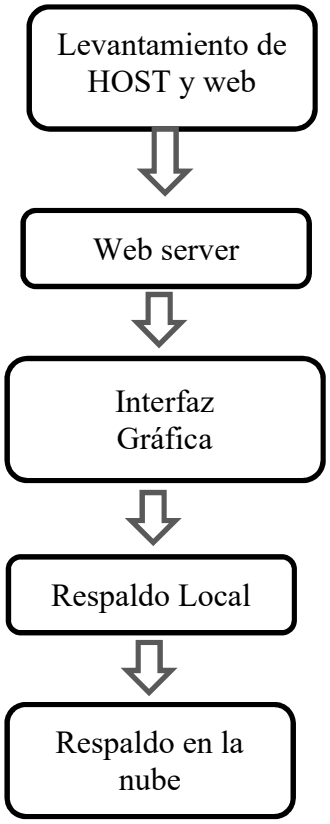


Figura 1. Diagrama de funcionamiento

La utilización de un host o anfitrión como ordenador será quien de la pauta de punto inicial y punto final en la transferencia de datos a distintos puntos de la red, es más común escucharlo con el lugar donde se aloja el WEB SERVER, un Host contiene un direccionamiento IP y un dominio quien nos direcciona a la página web.
Todas las versiones basadas en Windows, contienen servidores, llamados Internet Information Services (IIS). Nuestro servidor web es un programa para permitir almacenar páginas web, a las que se accede usando un navegador teniendo la ventaja que se puede utilizar una conexión intranet.

Un programa que contenga un login tiene la tarea de la autentificación de usuarios, comprobando que tenga un usuario correcto y contraseña (clave) correspondiente, tiene el objetivo de ingresar a un entrono personalizado, activado permisos o siendo limitados dependiendo del nivel de ingreso del usuario.

 ISSN 2007-8102

- Nivel supervisorío
- Nivel de monitoreo
- Nivel programador

Una vez tenido el ingreso se observaran cambios de sensores, y actuadores los cuales nos arrojaran dato que serán almacenados, para ello la creación de respaldo de tipo local, el cual estará conectado de forma física y directa en la tarjeta UDOO, todo ello será almacenado en un disco local TIPO SATA que son las siglas en ingles de Serial Advanced Technology Attachment, que es una de las distintas variedades de disco duro.

El respaldo de datos se creó a partir de un entorno de desarrollo de MySQL que es perteneciente a Oracle que es considerada como licencia de código abierto y es una de las más populares del mundo, en ella se alojaran todos los datos que proporcione el biodigestor al cual se le implementara el sistema. Cuando se habla de crear un respaldo local, se refiere a que tendremos una copia de los archivos que son de importancia, una de las ventajas importantes de crear una copia de seguridad local o un respaldo local de la información, es q no es necesario contratar servidores, llevándole a un ahorro económico, otra de las ventajas es que no requiere conexión con servicios externos eso lo hace que no sea dependiente de la internet.

Un aspecto planteado importante es el respaldo en la nube se lleva a cabo a travez de la creación de un Nas (Network Attached Storage). La creación de un sistema de este tipo reduciría notablemente los costos ya que la contratación de un sistema de este tipo o características similares tienes precios elevados en el mercado.
Un NAS es un sistema de almacenamiento que se encuentra conectado a una red, que nos permite el almacenamiento de datos distintos puntos o un solo puntos por usuarios autorizado.
Un dispositivo Nas es una nube personalizada o dedicada a ciertos datos de importancia.

Resultados y discusión

Para crear el host (Figura 2) y levantar el servidor se realizó desde Visual studio web, en ella se hizo la programación donde se creó una ruta, así como su dominio de sitio es decir su URL por sus siglas en ingles un (Localizador Uniforme de recursos).

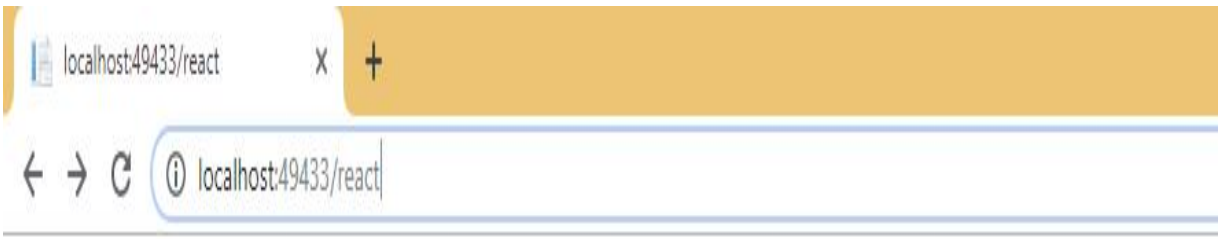


Figura 2. Host

 ISSN 2007-8102

El sistema Nas creado en una Raspberry Pi (Figura 3), que a su vez será personalizada a la demanda requerida, la Raspberry contendrá un disco local SATA el cual remotamente se almacenará información y también se podrá tener acceso a dicha información.
En esta etapa se atribuirá una nueva contraseña root para poder obtener acceso al servidor NAS con Raspberry Pi, evitando el ingreso de usuarios ajenos.
Otro aspecto que se tomó en cuenta dentro de este tema es la configuración que es de suma importancia tener en cuenta una dirección IP con registro bajo “eth0”, ya que será la dirección con la que el router asignara el servidor NAS.
Tras haber fincado las bases del NAS, procedemos a la configuración con un inicio de sesión en la frontend web, todo esto se llevara a cabo con un computador distinto, pero que este dentro de la misma red, posteriormente a esto, ingresamos a nuestro navegador con la dirección IP que el router asigno a la Raspberry con NAS, ulteriormente ingresaremos con el usuario que pusimos anteriormente y nuestra contraseña, una vez obtenido acceso abriremos las utilidades de OpenMediaVault en las cuales ajustaremos los que es la hora y fecha correspondiente.

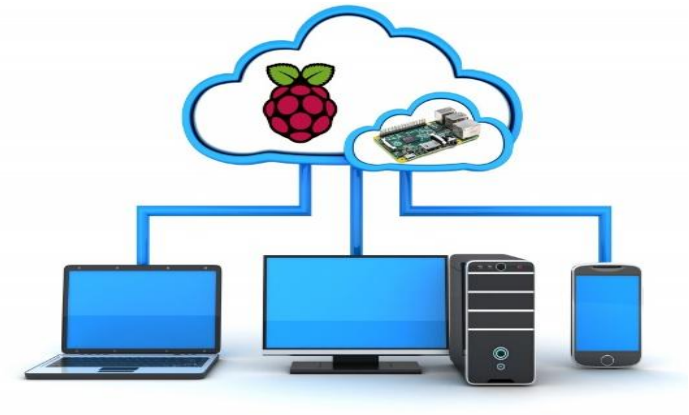


Figura 3. Sistema de resguardo en la nube (NAS)

Interfaz Hombre máquina

La principal característica que les hace resaltar sobre otras es su facilidad de uso, además de ser muy interactiva respecto a otras, siendo agradable para el usuario, por ello como creadores del sistema el aspecto de nuestro interfaz tiene que ser de suma importancia, para ello optamos por el desarrollo una plataforma de visual studio, teniendo como sub rama visual web, que es un entorno de desarrollo que cuenta con herramientas para crear sitios web que funciona en conjunto con paginas activas de servidor por sus siglas en ingles ASP, además de contar con un apartado dentro de su entorno para la creación y levantamiento de web server.

Para el desarrollo de la interfaz gráfica (Figura 4) se utiliza visual web, en esta etapa los aspectos visuales son de suma importancia. Visual web es un framework.NET que despliega ASP.NET que nos da una menor complejidad y restricciones web.

 ISSN 2007-8102

- Manipulación segura sin contacto directo.
- Acceso a la interfaz desde cualquier parte de la planta.

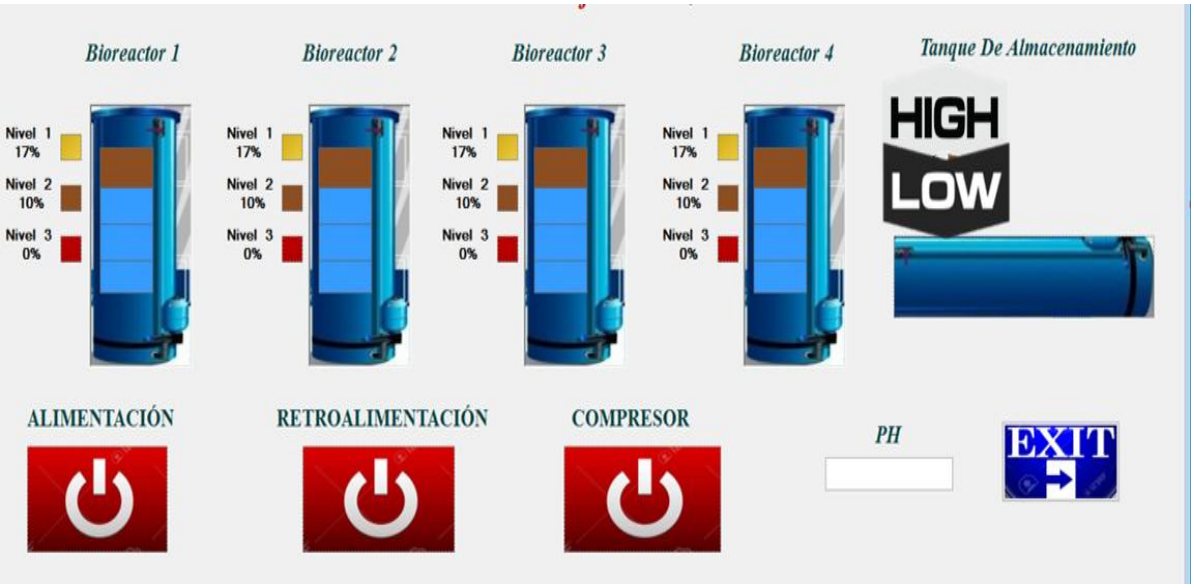


Figura 4. Interfaz Hombre Máquina para el Bioreactor RLFI

Trabajo a futuro

Se pretende realizar un sistema de monitoreo que tenga sus bases en otros sistemas operativos como lo es LINUX mediante el entorno DJANGO y el uso de lenguaje Python, lo que permita realizar el resguardo de la información en un mayor tipo de dispositivos.

Conclusiones

Se realizó un sistema de resguardo en la nube basado en tecnología web service con el uso de el microcontrolador Raspberry Pi, el cual permite mediante una configuración especial ser utilizado como un sistema NAS para el almacenamiento de datos de interés de forma remota, en este trabajo se tuvo como caso de estudio al reactor RLFI, con lo cual se puede maniobrar al mismo de forma remota, lo que resulta en una mayor comodidad y seguridad para el operador humano.

Referencias

[1] Norma ISA101 para el diseño de HMI ((ISA, 2015)
[2] Universidad Nacional De Cuyo, Instituto Balseiro (Uns). Edición 2010
[3] Ras (Reactor Alarm System) Que Fue Desarrollado En Invap (Julio 2015). Ley 5218 De La Legislatura De Río Negro.

[4] Sistema De Control Y Automatización Para La Planta De Biogás Del Jardín Botánico De Quito (Quito, 27-septiembre-2011)
[5] Biodigestor “Home Biogas” (Enero 2016)
[6] SIRENA (Sistema nacional ante eventos de gran magnitud), desarrollado en la Universidad Pontificia Bolivariana (Julio del 2007)
[7] Parra Hidalgo, Carlos Alberto (2018) Implementación de un Sistema SCADA para Monitoreo Inalámbrico de las Condiciones de Operación de un Transformador. Quito UISRAEL, Maestría Telemática Quito (Universidad Israel 20
[8] Monitoreo de las variables (Farías, s.f.)
[9] Monitoreo y Control (Dr. Hugo O. Méndez Acosta, s.f.)
[10] Modelamiento y Control de procesos de digestión anaerobia (Pintado, 2017)
[11] Seguridad para el computo (Anaid Guevara Soriano, s.f.)
[12] Automatización de un proceso de Biodigestor Anaerobio (Carlos Lopez, 2016)
[13] Backup en la nube (XXI, s.f.)

DISEÑO DE UN PROTOTIPO SEPARADOR DE HIDROGENO Y OXIGENO MEDIANTE ELECTROLISIS

J.M. Rojas Castellanos[1], J.P. Rodríguez Jarquin, B.E. González Sánchez, A. Martínez Sibaja, R. Posada Gómez*

[1]Tecnologico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9. Núm.852 Col. Emiliano Zapata, C.P.94320, Orizaba, Veracruz., México

juokay@gmail.com

Área de participación: *Ingeniería Electrónica*

Resumen

En este trabajo de investigación se presenta el diseño de un prototipo mediante el cual se pueda realizar el proceso de electrolisis para la obtención de biohidrogeno, se pudo observar el aprovechamiento de la corriente eléctrica según las características que en él se implementan, se utilizó el software fusión 360 para llevar a cabo su representación por componentes. Con este sistema se pretende separar el hidrogeno y el oxígeno del agua en forma de gas, para su posterior aprovechamiento en sistemas alimentados por hidrogeno como lo son motores de ultima generación y celdas de combustible tipo PEM.

Palabras clave*: hidrogeno, oxigeno, electrolisis*

Abstract

In this research work the design of a prototype is presented through which the electrolysis process can be carried out to obtain bio hydrogen, it was possible to observe the use of electric current according to the characteristics that are implemented in it, the 360 fusion software to perform its component representation. This system is intended to separate hydrogen and oxygen from water in the form of gas, for later use in hydrogen-fueled systems such as last generation engines and PEM type fuel cells.
Key words*: hydrogen, oxygen, electrolysis*

Introducción

Cada ponencia deberá tener una extensión entre 6 y 8 páginas en letra arial de 10 puntos, interlineado sencillo y márgenes de 2 cm. Las figuras o gráficas, si las hay, deben estar incluidas en el archivo.

La energía es indispensable para el desarrollo de nuestra vida. En nuestro planeta la mayor parte de nuestra energía está basada en el petróleo, el carbón y el gas natural [1]. El uso de estos combustibles ha contribuido a generar dos situaciones desfavorables. Primero, el problema del aumento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero que influyen en el cambio climático. Segundo, la creciente demanda de energía por el aumento poblacional viene acompañada con la disminución en las reservas de petróleo [1].
Estas situaciones hicieron buscar fuentes alternativas de energía como lo son la energía solar, la eólica y la geotérmica. Estas energías renovables a pesar de ser inagotables, en comparación con el petróleo se producen a medidas muy bajas, ya que tienen el problema de la aleatoriedad, es decir, solo se genera energía cuando el tiempo y el clima es favorable y las formas de almacenamiento de energía en baterías tienen la deficiencia de baja potencia eléctrica de suministro, poca durabilidad y disminución en la capacidad de almacenamiento.

Es por ello que en este trabajo se propone el diseño de un dispositivo capas de separar la molécula del agua en Hidrógeno (H_2) y Oxigeno (O) mediante la electrolisis, proceso que mediante el uso de energía eléctrica proveniente de alguna fuente renovable se convierta en un proceso 100% limpio y libre de emisiones de gases de efecto invernadero, y ya que se conoce que el hidrógeno es ideal como medio de almacenamiento de energía

 ISSN 2007-8102

podemos ocupar esa energía eléctrica almacenada en el hidrógeno en forma de combustible y se podría utilizar en cualquier lugar y a cualquier hora.

Metodología

Materiales

Antes de empezar a armar un electrolizador, se tienen que tener en cuenta las características que se requieran de este, por ello los materiales a utilizar en su construcción del ánodo, cátodo y separador ayudaran a saber la eficiencia del electrolizador.

Se utilizaron: ACERO INOXIDABLE grado 316L, manguera industrial, para el electrolito se ocupó Hidróxido NaOH, deposito para electrolito, cable eléctrico, acrílico transparente, caucho de monómero de etileno propileno dieno. Para los experimentos de producción de gas se utilizó Agua destilada y agua superficial tomada de la llave.

Diseño del electrolizador

Como se muestra en la figura1, Se diseño el prototipo en fusión 360, el cual, basándonos en las características buscadas se implementaron medidas específicas y materiales antes mencionados, basándonos en diseños anteriores, se modifico para que este diseño pudiera separar los gases en su interior y asi obtener el hidrogeno y el oxigeno en salidas diferente.

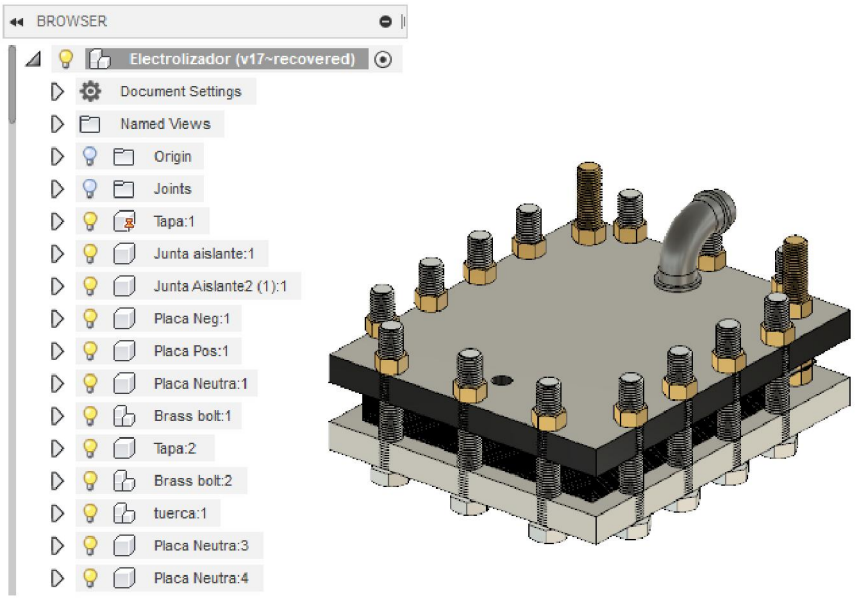


Figura 1. Diseño de electrolizador en fusion 360

Preparación de membranas separadora

De igual manera se diseñó la forma específica que tendría el caucho en Fusión 360, el cual nos serviría para poder separar los gases desde el interior del prototipo. Se experimento con formas diferentes y se llegó a la conclusión que esa forma era la mejor para poder llegar a nuestro cometido. De igual manera esta membrana nos ayuda a mantener seco el prototipo, ya que nos sirve como empaque, evitando que el agua salga del prototipo.

 ISSN 2007-8102

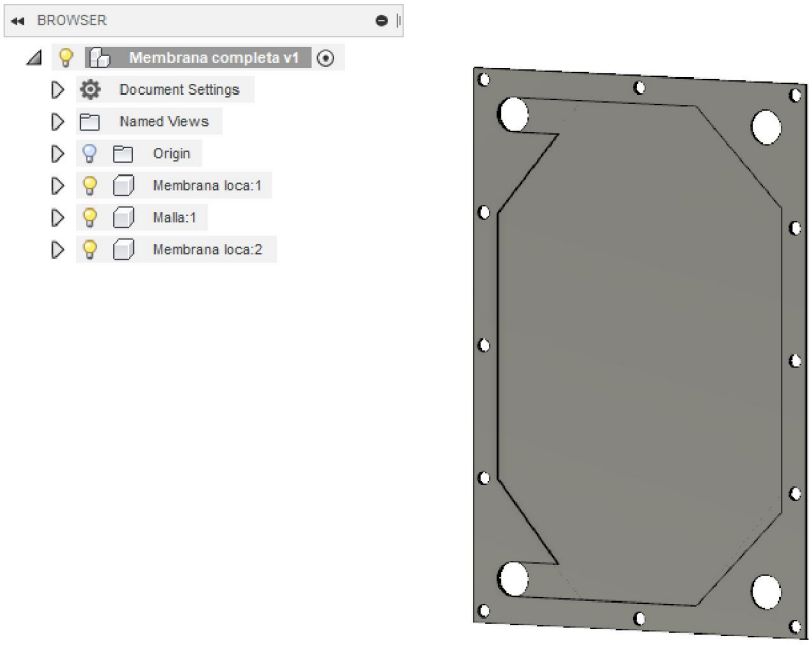


Figura 2. Figura dada al EPDM

Construcción del prototipo

La construcción se llevó acabo con las medidas diseñadas en fusion 360 y cabe señalar que los cortes del acero inoxidable, las perforaciones de estos, la perforación del acrílico y el corte del Caucho se realizó a mano (figura 3) es por ello que al realizar la experimentación se tuvieron problemas, pero se lograron solucionar satisfactoriamente.



Figura 3. Corte y perforación de materiales.

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Materiales cortados

Caracterización del prototipo

La característica del prototipo más visible es que se utilizaron materiales resistentes a la corrosión, esto ya que se va a estar utilizando hidróxido de sodio como electrolito, cabe decir que todos los materiales en contacto con el agua (con excepción de los electrodos) son de plástico, esto evitará que el prototipo sufra corrosión en alguna entrada o salida de este.

Resultados y discusión

Implementación del prototipo

se creó el diseño expuesto en fusión 360 y de acuerdo a todos los parámetros previstos se llegó al prototipo final, se experimentó con este llegando a observar buena producción De acuerdo a los parámetros que se esperaban. lo observado en la Figura 3 se puede inferir que existe una tendencia creciente entre la relación tamaño-producción, es decir entre mayor sea el prototipo, mayor será la corriente eléctrica suministrada y por ende mayor será la producción.



Figura 3. Diseño de prototipo Manufacturado

Trabajo a futuro

Se está trabajando en la realización de un sistema capas de monitorear la producción, para poder captar alguna fuga y/o riesgos en la separación de los gases, se espera que este sistema cumpla con parámetros o normas que regulen y minimicen los riegos con este prototipo.

Conclusiones

Gracias este diseño, se pudo separar desde su interior los gases del agua mediante la electrolisis, Sé formaron membranas con caucho EPDM aplicables en separación de gases y mediante el uso de hidróxido de sodio se logró hacer que tanto el agua destilada como el agua de llave tuviera suficiente continuidad para llevar acabo la

Referencias (arial 12)

[1] C. Alatorre Frenk, «Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México,» SENER, p. 70, 2009.

[2] C. Funes Guerra, E. Almansa Rodriguez y D. Fuentes Ferrera, «El Hidrogeno: vector energético del futuro,» Actualidad Tecnologica, pp. 20-27, 2010.

[3] A. Bailón Martínez, Artist, DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO ACOPLADO AL TRATAMIENTO ELECTROQUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR. [Art]. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO - FACULTAD DE QUÍMICA, 2013.

[4] s. A. Awawdeh y C. Tweed, «Buildings' Energy Efficiency and Buildings' Energy Codes: a Literature Review,» International Journal of Applied Science and Technology, pp. 37-46, 2014.

[5] J. Iwaro y A. Mwasha, «A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries,» Energy Policy, pp. 7744-7755, 2010.

[6] L. Beltrán Rodríguez, R. Alexandri Rionda, F. d. J. Cafaggi Félix, S. Barrera Ríos, B. Henández Miranda y M. d. P. Guerrero Hernández, «Balance Nacional de Energía,» SENER, México, 2017.

[7] R. Alexandri Rionda y L. A. Muñoz Cano, «Prospectiva de Energías Renovables 2016 - 2030,» SENER, pp. 17-26-105, 2016.

[8] N. V. Gnanapragasam y M. A. Rosen, «Sustainability of an energy conversion system in Canada involving largescale integrated hydrogen production using solid fuels,» INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY AND ENVIRONMENT, vol. 2, 2015.

[9] INEGI, «CUENTAS ECONÓMICAS Y ECOLÓGICAS DE MÉXICO,» AGUASCALIENTES, AGS., 2015.

[10] C. R. Acosta Rojas y G. E. Acosta Quishpe, Artists, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTROLIZADOR DE CORRIENTE CONTINUA DE 200 WATIOS CON ENERGÍA SOLAR E INSTRUMENTACIÓN NECESARIA PARA MEDIR LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO. [Art]. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA.

[11] C. F.-B. Badía, «SISTEMA DE ENERGÍA DEL HIDROGENO,» Energética del hidrógeno. Contexto, Estado Actual y Perspectivas de Futuro, pp. 91-126, 2016.

[12] C. B. Fernández Bolaños, Artist, Energética del hidrógeno. Contexto, Estado Actual y Perspectivas de Futuro. [Art]. Universidad de sevilla, 2015.

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA MEDICIÓN DE pH EN UN BIOREACTOR.

L. Báez Rodríguez[1], J.P. Rodríguez Jarquin[1*], A. Martínez Sibaja[1], R. Posada Gómez[1], G. Águila Rodríguez[1]*
[1]Tecnologico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9. Núm.852 Col. Emiliano Zapata, C.P.94320, Orizaba, Veracruz., México.
albertobaezrodriguez_28@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería electrónica.*

Resumen

La falta de un sistema de medición automatizado de pH, en el reactor de lecho fluidizado inverso con arreglo paralelo RLFIAP en plantas piloto del instituto tecnológico de Orizaba ocasiona que la medición de pH se efectué de forma manual, provocando riesgos al operador y poca confiabilidad en la medición de pH. Una vez revisadas las condiciones de operación en el RLFIAP, se diseñó y construyó el sistema para medir automáticamente el valor de pH, efectuado el muestreo del sustrato contenido en el reactor, mediante los mecanismos utilizados con los sensores de pH y temperatura, haciendo uso de perfiles de calibración que consideren perturbaciones por temperatura, revisando la correcta correlación de esta, con la finalidad de proporcionar el valor correcto de pH, para poder visualizarlo en la HMI Nextion, esto permitirá al operador realizar acciones de control para dicha variable, contribuyendo en la producción de biogás.

***Palabras clave**: pH, reactor, temperatura, automatización.*

Abstract

The lack of an automated pH measurement system, in the reverse fluidized bed reactor with parallel arrangement LFIAPR in pilot plants of the technological institute of Orizaba causes the pH measurement to be carried out manually, causing risks to the operator and little reliability in pH measurement. Once the operating conditions in the LFIAPR were reviewed, the system was designed and constructed to automatically measure the pH value, sampling the substrate contained in the reactor, using the mechanisms used with the pH and temperature sensors, making use of calibration profiles that consider temperature disturbances, reviewing the correct correlation of this, in order to provide the correct pH value, to be able to visualize it in the HMI Nextion, this will allow the operator to perform control actions for said variable, contributing to the biogas production.

***Key words**: pH, reactor, temperature, automation*

Introducción

La Biomasa para la generación de energía eléctrica en México, se obtiene principalmente del bagazo de caña. La capacidad instalada derivada del uso de bagazo de caña se incrementó 906.5%, pasando de 66.6 MW a 599.1 MW al cierre del 2015. Para poder tratar la biomasa se emplean diferentes técnicas entre ellas se encuentra el uso de bioreactores.

Uno de los problemas en el RLFIAP es el monitoreo del valor de la variable de pH, esto provoca que las bacterias metanogénicas no logren la producción optima de biogás, ya que los niveles comprensivos de pH en los que estas realizan su mejor función para la producción de biogás es de 6.5 a 7.2.

Para medir pH con los sensores o electrodos de membrana de vidrio se tiene que realizar los procedimientos de limpieza y calibración, para la limpieza del sensor de pH debe remojarse o inyectar a chorro agua destilada, posteriormente se debe secar con servilletas o paños de papel evitando presionar la membrana de vidrio para no dañarla. Una vez realizadas las acciones es conveniente calibrar a dos puntos debido a que en el reactor pueden medirse valores de pH desde 6 a 8 en casos extremo. La calibración consiste en poner el sensor en un depósito

 ISSN 2007-8102

con una solución tampón de pH de 4, conectar el pHmetro e introducir el sensor de temperatura para realizar la corrección por temperatura, alcanzando el valor de pH 4 0 10 dependiendo que solución tampón este en el depósito, el pHmetro indicara que la medición es correcta.

Con base a esta metodología se construyó el sistema de medición automatizado de pH incorporando el poder guardar las lecturas de ambas variables. Dicho sistema tiene la funcionalidad de brindar al usuario las opciones de automático y manual. En la primera se realiza las acciones de limpieza, calibración y medición sin necesidad de la intervención del operador, además de guardar los datos del valor de pH y temperatura. Para la opción manual el usuario puede realizar las acciones de manera individual cuantas veces sean necesarias partiendo desde la limpieza, calibración, medición de pH y temperatura, además de guardar datos de ambas variables o solo de una. Cada una de estas opciones fueron programadas en el microcontrolador ATmega2560, pueden ser operadas y visualizadas desde la interfaz HMI de la pantalla táctil Nextion.

El sistema automatizado de medición de pH proporcionará el valor correcto de pH en el RLFIAP, guardará datos de la variable temperatura y pH con la fecha y la hora exacta, lo que permitirá tener un registro del comportamiento del reactor a lo largo del día, esto permitirá tener un impacto en la seguridad del operador y la confiabilidad de la lectura del valor de pH, además de incrementar la producción de biogás.

Metodología

La metodología para la construcción del sistema de medición de pH parte del procedimiento de estandar methos para la medición de pH mediante el electrodo de membrana de vidrio, esta involucra desde la limpieza del sensor, la calibración a dos puntos y la medición del pH, en la figura 1 se muestra el procedimiento para la calibración del sensor de pH.

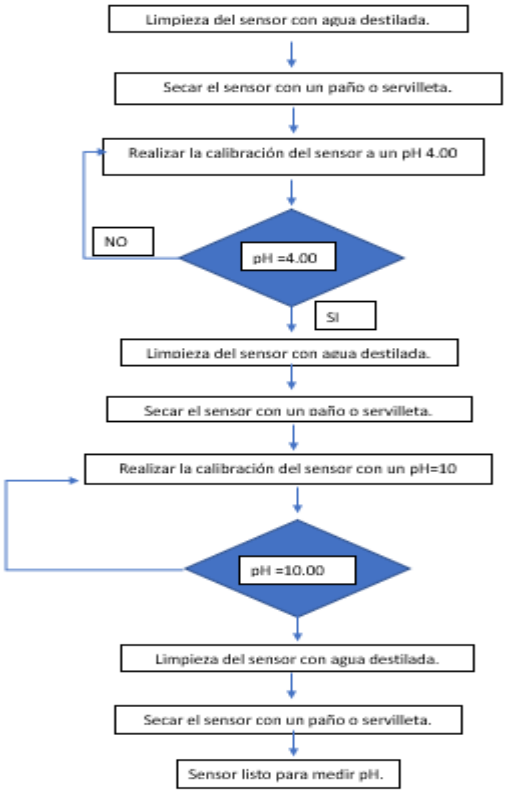


Figura 1 Limpieza y calibración del sensor de pH de membrana de vidrio.

 ISSN 2007-8102

Diseño del sistema automatizado de medición de pH.

Para el diseño del sistema automatizado de medición de pH figura 2, partió con los tanques de almacenamiento de agua destilada, soluciones tampón y muestreo, se dibujaron en el software Fusión 360. El cual es de fácil uso, debido la interfaz de compatibilidad con AutoCAD y SOLIDWORS e inclusive la facilidad para impresión en 3D.
El tamaño del tanque de muestreo, se diseñó a partir de las muestras tomadas y probadas en el laboratorio con muestras de 50 ml. Con las condiciones del tamaño del sensor de pH, el sensor de temperatura y el agitador, resultando con un contenido para la muestra de 100 ml.
El diseño del tanque de almacenamiento de agua destilada es creado a partir de la operación del reactor a lo largo del día, en promedio de 5 horas de operación por alumnos de maestría en ingeniería química. La cantidad de litros de agua destilada quedo en 1 L, repartido en 100 ml por cada media hora en la que se efectuara la medición de pH y la limpieza de los instrumentos contenidos en él.
El diseño de los tanques de soluciones tampón, fue diseñado en proporción al taque de agua destilada y a la succión de las bombas peristálticas, la cantidad en litros para las soluciones tampón quedo de ½ litro, estas sólo serán utilizadas un día a la semana para efectuar la calibración del sensor de pH.
En la parte trasera se visualizan dos agujeros, estos son para montar dos ventiladores, tienen la función de inyector y extractor de aire, servirán para el secado del sensor de pH.
En la parte frontal se muestra un orificio rectangular el cual sirve para poder visualizar los procesos de limpieza, medición y calibración de pH, así como el llenado del tanque.
Otro rectángulo en la parte frontal superior es para colocar la pantalla táctil HMI de Nextion para que el usuario realice las operaciones de forma manual o automática.

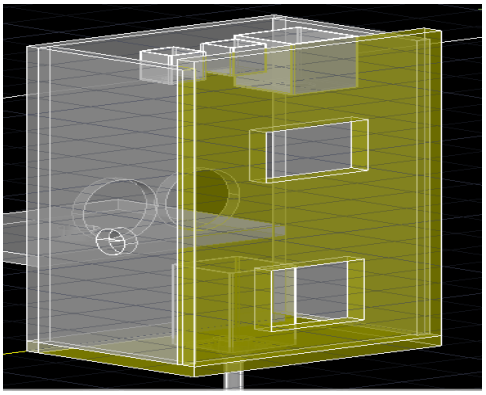


Figura 2 Diseño del sistema de medición de pH.

Materiales para la construcción del sistema automatizado de medición de pH.

Sensor y acondicionamiento de la señal de pH.

La medición de pH es efectuada por el sensor de membrana de vidrio PC2121-5M, el acondicionamiento de la señal de pH es llevado a cabo por el módulo Adapter 1130, el cual es del mismo fabricante que el sensor de pH, las características de este módulo es la entrada con una alta impedancia de aproximadamente 1 MΩ, una alimentación de 5 VCD y una salida analógica de 0 a 5 Volt, para ser acondicionada con el ADC convertidor analógico digital del microcontrolador ATmega2560, en la figura 3, puede visualizar en la parte central el acondicionador de señal de pH.

 ISSN 2007-8102



Figura 3 Acondicionamiento de señal del sensor de pH. [1]

Sensor de temperatura.

El sensor de temperatura utilizado en el sistema para la corrección por temperatura, es el sensor DB18B20, mostrado en la figura 4, dicho sensor puede ser introducido en líquidos sin alterar la medición de este y la del sensor de pH, envía una señal digital al microcontrolador ATmega2560 lo que permite la alta robustez al ruido.



Figura 4 Sensor DS18B20. [3]

Microcontrolador Arduino mega 2560.

El microcontrolador Arduino mega2560 mostrado en la figura 5, tiene una resolución de 10 bits, para una escalabilidad con el módulo Adapter 1130 de 0 a 5 Volt. Además el microcontrolador tiene la posibilidad de incorporar distintos módulos, como son la comunicación alámbrica e inalámbrica, el almacenamiento de datos, reloj en tiempo real, interfaces hombre máquina HMI para la visualización de los datos, etc. por esta razón es utilizado en el presente sistema.



Figura 5 Microcontrolador Arduino ATmega2560.

Módulos de memoria micro SD y módulo de reloj

A la parte electrónica del sistema automatizado de medición de pH, fue incorporado el módulo de memoria Micro SD mostrado en la figura 1.6 con sus respectivas conexiones al microcontrolador Arduino mega 2560, este registrará los valores de las variables de temperatura y pH a lo largo del día.

 ISSN 2007-8102

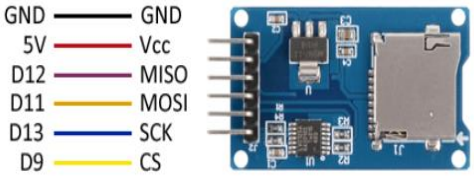


Figura 6 Lector de micro SD.

El módulo de reloj DS3231 figura 1.7. Es un dispositivo que se conecta la microcontrolador Arduino, su función es llevar la fecha y la hora actual sin depender de la corriente eléctrica del microcontrolador o de una fuente externa, gracias a la batería de 1.3 Volt incorporada, dicho módulo lleva el tiempo de activación de las bombas y electroválvulas del sistema, además de la fecha y la hora de los datos sensados para ser almacenados en la memoria micro SD.

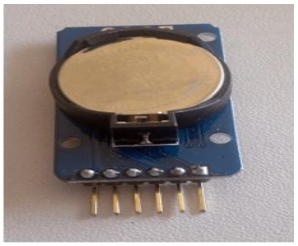


Figura 7 Módulo de reloj DS3231.

Se diseñó y fabrico una placa shield mostrada en la figura 1.8, para Arduino mega 2560, en esta se conectó el módulo de reloj DS3132, el módulo lector de tarjeta micro SD, el sensor de pH PC2121-5M, se realizó el circuito seguidor de voltaje con el amplificador operacional para disminuir el ruido del Adapter 1130 y proteger de un corto circuito, el sensor de temperatura DS18B20, la fuente externa de voltaje de 5 Volts, la fuente simétrica de -+15 Volt y los conectores tipo molex para las salidas digitales y analógicas.

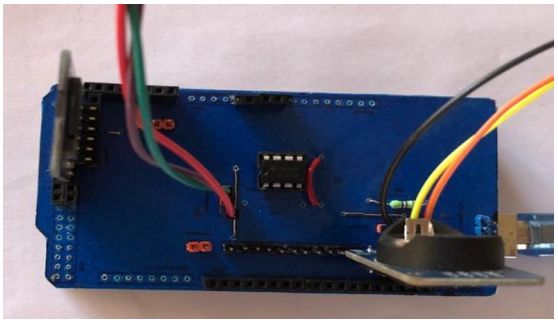


Figura 8 Placa para los componentes electrónicos del módulo pH MIE1.

Elementos finales de control.

Para la entrada y salida de la muestra proveniente del reactor es necesaria una electroválvula mostrada en la figura 1.9 con las siguientes características. Una válvula de plástico para evitar corrosiones de las soluciones acidas o muy básicas, para que estas no lleguen al tanque de muestreo. El diámetro de ½ pulgada para la conexión entre la tubería de muestra del reactor y el sistema de medición de pH, que el cierre sea instantáneo para llenar el tanque de muestreo en aproximadamente 2 segundos.

 ISSN 2007-8102



Figura 9 Electroválvula solenoide para agua.

La limpieza del sensor es realizada con agua destilada, dicho líquido es bombeado por la bomba peristáltica mostrada en la figura 10. Tanto para el agua destilada como para las soluciones tampón son utilizadas este tipo de bombas, gracias al mínimo contacto con líquido lo que evita que las soluciones se contaminen. Los tanques para las soluciones deberán estar en un depósito de fácil limpieza, en lugar alto para aprovechar la gravedad y disminuir el consumo eléctrico. La presión del agua y las soluciones tampón deberán ser constantes para llenar el tanque de muestreo en aproximadamente 1.5 minutos.



Figura 10 Bomba peristáltica.

Una vez con los elementos descritos anteriormente, además de las tuberías y el cableado de la etapa de potencia para la activación de las electroválvulas y de las bombas mediante relevadores, se realizó la fabricación del sistema automatizado de medición de pH, como se muestra en la figura 11.

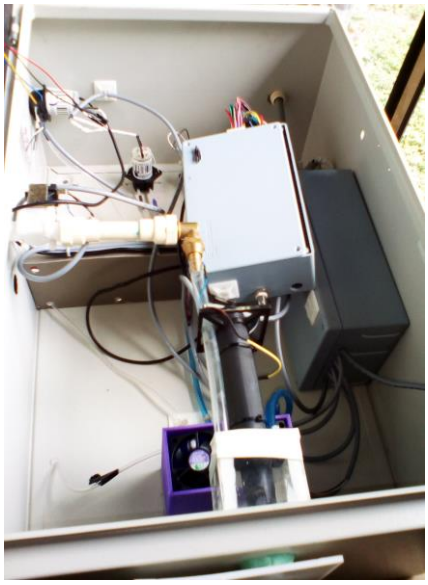


Figura 11 Sistema automatizado de medición de pH.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión.

HMI para el control manual y automático.

Con la pantalla táctil Nextion controlada por el microcontrolador Arduino mega 2560 fue creada la HMI como se indica en la figura 12, con las operaciones en forma manual y automática. Para la primera opción se debe presionar la pantalla en el botón manual, una vez presionada esta opción se podrá ingresarse a cada uno de los elementos finales de control por ejemplo activar la válvula de entrada, esta tiene un tiempo definido de 2 segundos permanente en el modo automático y grabado en el microcontrolador, para la opción manual el tiempo de apertura puede ser modificado, así también para la válvula de salida, esto facilitará por si las presiones en el reactor cambian o el usuario quiere controlar en llenado del tanque de muestreo.

Para la bomba de agua destilada si se accede a la pantalla HMI correspondiste, en esta se pueden activar las veces que sean necesaria por el operador, para poder realizar la limpieza del tanque de muestreo y de los instrumentos contenidos en él.

La opción de la HMI de las bombas de pH 10 y pH 4 tiene los tiempos constantes de 1.5 minutos, estos no se pueden modificar ya que la presión depende siempre de la bomba y no del contenido en el tanque, para estos dos botones hay una segunda opción la cual indica la calibración con una de estas dos soluciones, al activar la calibración pH 4 o pH 10, estas se realizan de forma automática.

Para los ventiladores encargados de inyectar y extraer aire para el secado del sensor, tiene un tiempo permanente en ambos modos de operación, debido a que este no perjudica si se están activos por algunos segundos, lo mismo aplica para la HMI del agitador.

El botón de color rojo, es el paro de emergencia, sobre todo para la válvula de entrada, si el tiempo permanece activo puede derramar la muestra de sustrato dentro del gabinete del sistema, por esta razón existen tiempos permanentes para las válvulas de entrada y salida. El operador en cada una de las ventanas de la HMI puede presionar el botón de paro de emergencia.

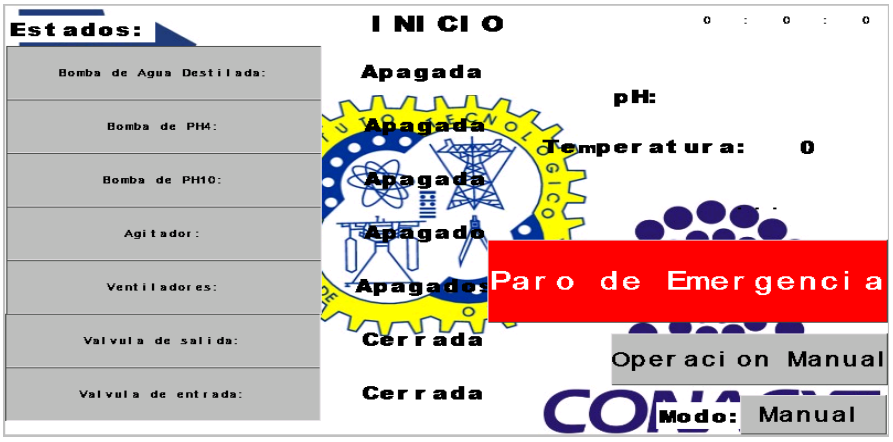


Figura 12. HMI del sistema automatizado de medición de pH.

Con la facilidad que ofrece el sistema automatizado de medición de pH, el operador puede realizar otras actividades para controlar los niveles de pH, dentro de estas están la regulación de forma manual del pH a la salida de la etapa de hidrolisis entrada del RLFIAP, la regulación de la etapa de hidrolisis mediante el ajuste de ciertos mecanismos en dicho reactor.

Realizar acciones el en RLFIAP como incrementar el tiempo de recirculación, regular el flujo en la alimentación de sustrato proveniente del tanque elevado, revisando contantemente el valor de pH en la etapa central del reactor, registrando los datos de pH y temperatura.

 ISSN 2007-8102

La figura 13 indica las mediciones efectuadas en la entrada y a la salida del RFLIAP las cuales se encontraban por arriba de los 7.5 e inclusive hasta 8 de pH, esto fue debido a que en la etapa de hidrolisis no se estaba efectuando de forma correcta la medición de pH y por lo tanto no se realizaba el ajuste con hidróxido de sodio para obtener un pH de 7.

A partir del día 80 se visualiza como en pH de entrada es bajo y la salida del RFLIAP muestra un valor de pH menor a 7.4 esto fue debido a que el reactor de hidrolisis empezó a funcionar de forma correcta introduciendo valores de pH 7 y 7.2 al RFLIAP.

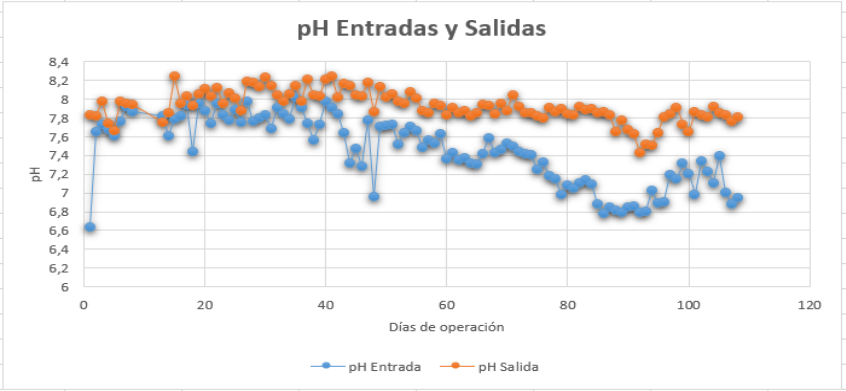


Figura 13 Mediciones de pH a la entrada y a la salida del RLFIAP.

La figura 14 indica lo correspondiente en producción de biogás en el RLFIAP a lo largo de los primeros 100 días. Por lo que se visualiza que a partir del día 80 el valor de pH es cercano a 7 en la figura 13 propiciaron que las bacterias metanogénicas realizan mejor la producción de biogás a partir del día 90.

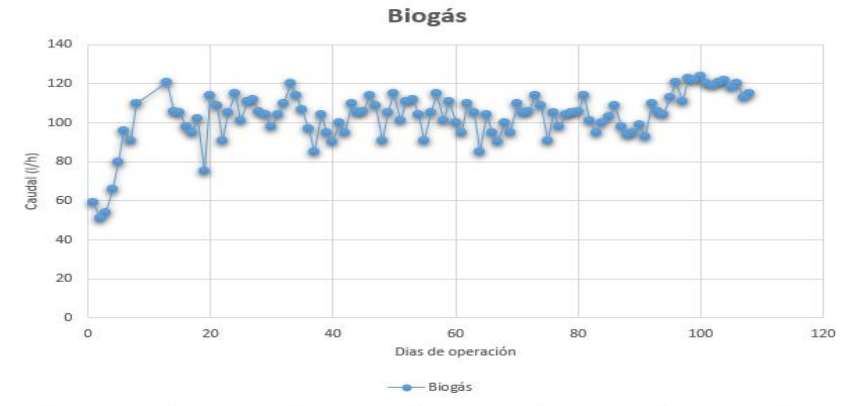


Figura 14 Producción de biogás en el RLFIAP.

Trabajo a futuro

Implementar el sistema de automatización de control de pH en RLFIAP una vez se cuente con el material para su realización, además de tener integrado en la HMI, nuevas pantallas de otros procesos del reactor.

Conclusiones

Fue posible conocer la correlación entre temperatura y el pH, gracias al sensor DB18B20 para realizar la corrección por temperatura en la medición de pH de cada una de las muestras y con esto contribuir a la medición correcta del pH en el RLFIAP efectuada por el operador ya sea de forma manual o automática. Con la opción de guardar los datos de pH y temperatura en la fecha y hora precisa, por lo que el operador quedo libre de esta actividad esto le permite posteriormente realizar un análisis de los datos.

Con la automatización de la medición de pH en el RLFIP, el personal que lo opera puede tener la seguridad de estar realizando las mediciones correctas sin necesidad de poner en riesgo su seguridad, lo que permite a un operador realizar acciones de control sobre esta variable.

Referencias

[1] P. INC., «PC2121-5M pH Industrial Electrode,» 13 Marzo 2016. [En línea]. Available: https://www.phidgets.com/?tier=3&catid=11&pcid=9&prodid=413.
[2] Arduino., «ARDUINO MEGA 2560 REV3,» Arduino, 18 03 2019. [En línea]. Available: https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3. [Último acceso: 18 03 2019].
[3] P. facil.com., «DS18B20 sensor de temperatura para líquidos con Arduino,» Programar facil.com. , 16 12 2018. [En línea]. Available: https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/. [Último acceso: 16 12 2018].
[4] L. LLAMAS, «LEER Y ESCRIBIR EN UNA TARJETA SD O MICRO SD CON ARDUINO,» LUIS LLAMAS Ingeniería, informática y diseño, 16 10 2016. [En línea]. Available: https://www.luisllamas.es/tarjeta-micro-sd-arduino/. [Último acceso: 14 06 2019].
[5] P. Hitek, «El módulo DS3231, un reloj para Arduino,» 25 09 2013. [En línea]. Available: http://panamahitek.com/el-modulo-ds3231-un-reloj-para-arduino/. [Último acceso: 24 08 2018].
[6] S. HACH LANGE SPAIN, «Disolución tampón pH 4.01,» Crison Líderes en electroquímica. , 23 05 2011. [En línea]. Available: http://www.crisoninstruments.com/es/laboratorio/disoluciones-/tampones-ph/disolucion-tampon-ph-4-01. [Último acceso: 19 07 2018].
[7] D. d. M. S. d. R. d. C.V, «Electroválvula Válvula Agua ½ Solenoide 12v, Arduino, Pic,» mercado libre, 11 02 2019. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-606539040-electrovalvula-valvula-agua-solenoide-12v-arduino-pic-_JM?quantity=1. [Último acceso: 26 02 2019].
[8] D. d. M. S. d. R. d. C.V, «Válvula De Bola Motorizada 1 2 Válvula De Bola De Acero Ino,» mercado libre, 26 01 2019. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-648506816-valvula-de-bola-motorizada-1-2-valvula-de-bola-de-acero-ino-_JM?quantity=1. [Último acceso: 17 03 2019].
[9] S. d. Energía, «Prospectiva de energías renovables 2016-2030,» Subsecretaría de Planeación y Transición Energética, México, 2016.
A. Creus, Intrumentación industrial, Mexico,DF: MARCOMBO S.A., 2010.
[10] R. P. Moreno., Ingenieria de la automatización industrial., México. : Alfaomega. , 2009.
[11] SIEMENS, «Testing and simulation of HMI projects in conjunction with a SIMATIC PLC and PLCSIM,» 01 10 2018. [En línea]. Available: https://support.industry.siemens.com/cs/document/109748099/testing-and-simulation-of-hmi-projects-in-conjunction-with-a-simatic-plc-and-plcsim-?dti=0&lc=en-WW. [Último acceso: 20 01 2019].
[12] B. William, Ingenieria de control, México: Alfaomega, 2001.
[13] R. P. ARENY, Sensores y acondicionadores de señal., MARCOMBO, 2010.
A. R. Penin, Sistemas SCADA, México. : Alfaomega, 2013.

[14] M.-T. GmbH, «A Guide to pH Measurement,» 03 2016. [En línea]. Available: https://www.mt.com/mx/es/home/library/guides/process-analytics/ph-measurement-guide.html. [Último acceso: 22 08 2018].
[15] E. +HAUSER, Medición del pH en procesos industriales, vol. FA 007C/23/es/02.10, BARCELONA: ENDRESS +HAUSER, 2018.
[16] E. y. c. d. s. fundamentales, «Concepto de pH, expresión matemática, escala de Sorensen, definiciones de ácido-base.,» Energía y consumo, 2019. [En línea]. Available: http://energiayconsumo16in.blogspot.com/2016/03/concepto-de-ph-expresion-matematica.html. [Último acceso: 23 01 2019].
[17] V. Rosso, «Biología VS Química.,» Veronica Rosso, [En línea]. Available: http://www.sceu.frba.utn.edu.ar/dav/archivo/homovidens/rosso/trabajo%20final%20rosso/ph.html. [Último acceso: 26 11 2017].
[18] Endress+Hauser, «Sensores, transmisores, equipos compactos y portasondas,» Endress+Hauser FA00007C/23/es/17.16 , México, 2018.
[19] C. V. H. Luis Vidal Salgado, «Medición de la absorbancia óptica de soluciones acuosas mediante la instrumentación virtual y el control,» Universidad Tecnológica de Pereira., Manizales Colombia, 2014.
[20] CRISON, «PH 25, mV, °C, METER,» 24 02 2009. [En línea]. Available: www.crisoninstruments.com. [Último acceso: 16 03 2018].
[21] D. O. M. C. Dr. Carlos Alberto García Bustamante, «ESTADO DEL ARTE DE LA BIOENERGÍA EN MÉXICO.,» Publicación de la Red Temática de Bioenergía (RTB) del Conacyt., MÉXICO. , 2016.
[22] O. M. Peña, «GENERACIÓN DE BIOENERGÉTICOS A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN REACTOR DE LECHO FLUIDIZADO INVERSO CON ARREGLO EN PARALELO,» Instituto Tecnologico de Orizaba, ORIZABA VERACRUZ. , 2016.
[23] M.-S. R. P.-G. C. M. A.-Z. J. R.-J. E.M. Sánchez Coronado, «Diseño e implementación de un sistema automatizado de medicion de pH para aplicaciones en biodigestores anaerobios.,» de C o n g r e s o I n t e r n a c i o n a l e n I n n o v a c i ó n y D e s a r r o l l o T e c n o l ó g i c o ,, M o r e l o s . , M é x i c o, 2010.

Uso de colorimetría para la medición de pH del NaOH en la captura de CO_2

O. I. Conde Rosas[1], A. Martínez Sibaja [1], J.P. Rodríguez Jarquin [1], I. Herrera Aguilar [1], A. Flores Cuautle [1]*
[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9. Núm.852 Col. Emiliano Zapata, C.P.94320, Orizaba, Veracruz., México.
*conde_oce@hotmail.com**
Área de participación: *Ingeniería Electrónica*

Resumen

En este trabajo se expone el uso de la colorimetría para la medición de pH del hidróxido de sodio (NaOH) el cual captura CO2 contenido en el biogás producto de un biodigestor anaerobio. Para tener una noción de como el hidróxido de sodio va perdiendo la capacidad de absorber CO2 el sistema propuesto utiliza fenolftaleína cuyos valores de viraje (de 10 a 8.2 de pH) son estimados con datos obtenidos de un sensor de color y enviados a un microprocesador para posteriormente procesar la señal. Debido a que la señal contiene mucho ruido se lleva a cabo una ventana promediadora utilizando programación en *Visual Basic* (VBA) para aplicaciones y así poder observar una tendencia de los datos. La parte importante de esta propuesta es poder utilizar biogás en una celda de combustible de membrana de intercambio protónico evitando el deterioro del catalizador del platino por el CO_2.

Palabras clave*: Colorimetría, Sensor RGB, medición pH, CO_2.*

Abstract

In this work the use of colorimetry for the measurement of pH of sodium hydroxide (NaOH) which captures CO2 contained in the biogas product of an anaerobic biodigester is exposed. To get a sense of how sodium hydroxide is losing its ability to absorb CO2, the proposed system uses phenolphthalein whose turn values (from 10 to 8.2 pH) are estimated with data obtained from a color sensor and sent to a microprocessor to subsequently process the signal. Because the signal contains a lot of noise, an averaging window is carried out using Visual Basic (VBA) for applications programming and thus be able to observe a trend in the data. The important part of this proposal is to be able to use biogas in a proton-exchange membrane fuel cell avoiding the deterioration of the platinum catalyst by CO2.

Keywords: *Colorimetry, RGB Sensor, pH measurement, CO2.*

Introducción

Actualmente se utilizan diversas formas para medir el pH de una disolución, dependerá de la precisión que se requiere el método a elegir, por ejemplo, una medición básica es el uso de tiras de papel tornasol el cual cambia de color dependiendo del pH de la solución, otro método es la utilización de un pH-metro el cual realiza la medida del pH mediante un método potenciométrico basado en el hecho de que entre dos disoluciones con distintos [H+] se establece una diferencia de potencial. Con esta diferencia de potencial se puede determinar

 ISSN 2007-8102

que las dos disoluciones al ponerse en contacto se producen un flujo de H+, es decir, una corriente eléctrica. Últimamente, la medida del pH es relativa, debido a que no se determina directamente la concentración de H+, más bien compara el pH de una muestra con el de una disolución patrón de pH. Utilizando un electrodo el cual al entrar en contacto con la disolución se establece un potencial a través de la membrana de vidrio que recubre el electrodo, variando según el pH. Para esto se requiere un electrodo de referencia, con potencial invariante, pudiendo ser externo o integrado en el electrodo de pH. Otro método es el uso de la sonda de pH cuyo funcionamiento es parecido al pH-metro a diferencia que éste no utiliza una solución para comparar, más bien se requiere de una solución de determinado pH para la calibración de sensor de pH (buffers). Debido a que el electrolito se consume los valores medidos se deben comparar una referencia para obtener valores estables, por ello se introdujo el sistema de dos electrodos. De este modo en el electrodo de medición se genera un potencial proporcional a la concentración de iones de hidrógeno, proporcionando la referencia de potencial del sistema. Traduciendo el pH en una diferencia de potencial o tensión eléctrica entre el electrodo de medición y el electrodo de referencia interpretada por circuitos electrónicos para poder mostrar su valor. Por otra parte, los indicadores suelen ser ácidos o bases débiles caracterizadas por su molécula neutra tiene un color diferente al de la forma iónica. Por lo general, este cambio de color obedece a que la pérdida o ganancia de un H+ por parte del indicador provoca una reorganización interna de los enlaces. Por ejemplo, la fenolftaleína, se comporta como un ácido débil que se disocia de la siguiente forma: en medio ácido, el equilibrio está desplazado hacia la izquierda, ya que el indicador capta los H+ en exceso, con lo cual predomina la forma incolora. En medio alcalino, los OH- libres consumen los H+ y el equilibrio se desplaza hacia la derecha con lo cual aparecerá la forma coloreada del indicador.

Metodología

Prueba de colorimetría para determinar la capacidad de absorción de CO_2 en la NaOH mediante la reducción de pH obteniendo el cambio de color con fenolftaleína, utilizando los siguientes materiales.

Materiales

Se utilizaron: fenolftaleína al 1%, hidróxido de sodio NaOH al 90% de pureza en escamas para disolver en agua, un litro de agua destilada, sensor de color y microprocesador.

Preparación de la solución de NaOH y fenolftaleína

Para evitar que algún microorganismo que se encuentre en el agua dulce absorba CO_2 y afecte los resultados de la experimentación de utilizó agua destilada contenida en dos recipientes transparentes de cristal con capacidad de un litro cada una y conectados en serie, a los que se le agregaron 133 gramos de hidróxido de sodio para obtener una solución de NaOH a 6M. Posteriormente se agregaron 2 mililitros de fenolftaleína virando al color rosa esperado.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Introducción de CO_2 a los recipientes y medición de color constante.

Resultados y discusión

Después de **introducir** un flujo de 167 ppm de CO_2 al sistema durante 67 minutos con los dos depósitos conteniendo NaOH y fenolftaleína se obtuvo la misma medida en promedio de color durante 58 minutos indicando esto que el pH del hidróxido de sodio el cual es de 13 fue disminuyendo hasta alcanzar un valor de pH 10.

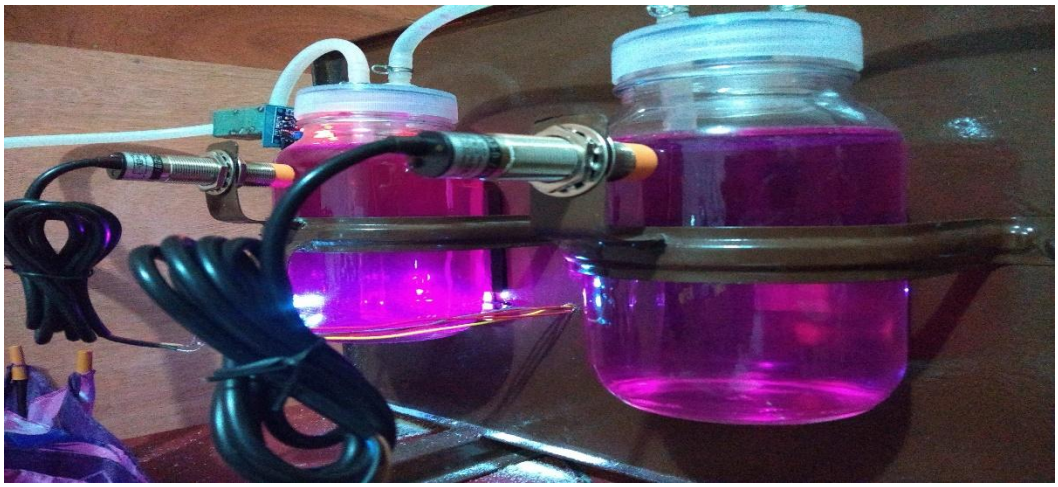


Figura 2. Introducción de CO_2 a los recipientes y medición de color constante.

Cambio de coloración

Al cabo de 58 minutos se comenzó a observar la degradación del color llegando hasta un tono transparente indicando esto que el pH llego al valor de 8.2 lo que nos dice que aún puede absorber CO_2, pero en menor cantidad (ya que el pH de 8.2 está próximo al pH del agua el cual se encuentra en 7) y de este modo cerrar la entrada de gas CO_2 y reemplazar la solución para un nuevo proceso.

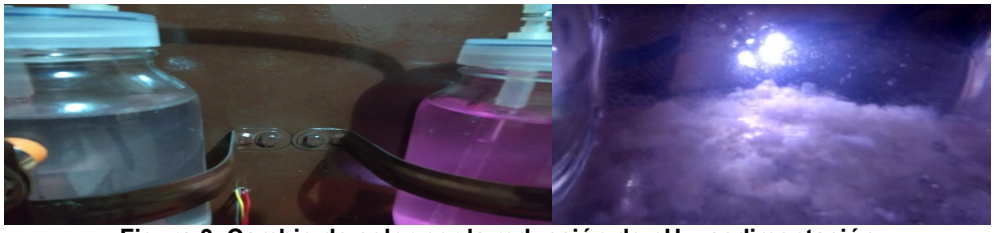


Figura 3. Cambio de color por la reducción de pH y sedimentación

 ISSN 2007-8102

Los valores de las mediciones son enviados a una hoja de cálculo en donde se realiza una primera gráfica de los colores rojo, verde y azul los cuales son una combinación para el color rosa.

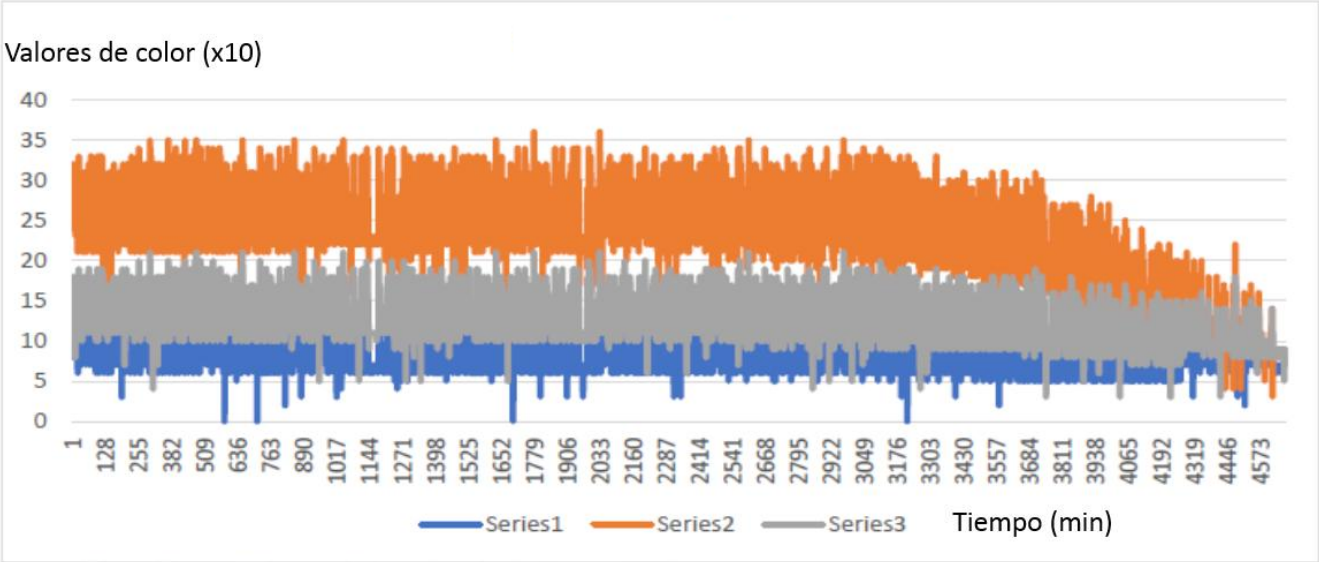


Figura 4. Valores obtenidos de los tres colores RGB

Se analizaron los datos de los tres colores para ver mejor el comportamiento de cada uno por separado, observando que los valores de los colores verde y azul se encuentran apenas arriba de cero esto porque el color no es puramente rojo, por otro lado el color rojo es el que muestra más claramente una tendencia constante al principio en el color constante y curva en la degradación de color de rosa al transparente.

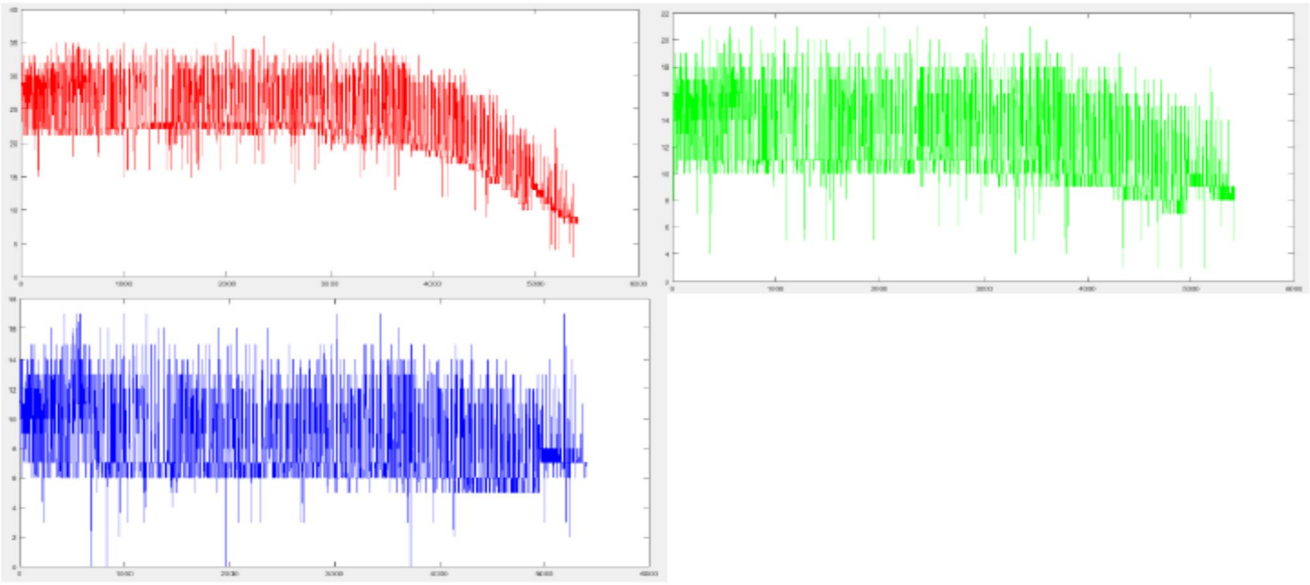


Figura 5. Graficas de los valores de cada color RGB

 ISSN 2007-8102

Para poder visualizar una tendencia del color se realizó una ventana promediadora en VBA esto para agilizar el procedimiento ya que el número de datos son más de 4700 y la señal contiene mucho ruido

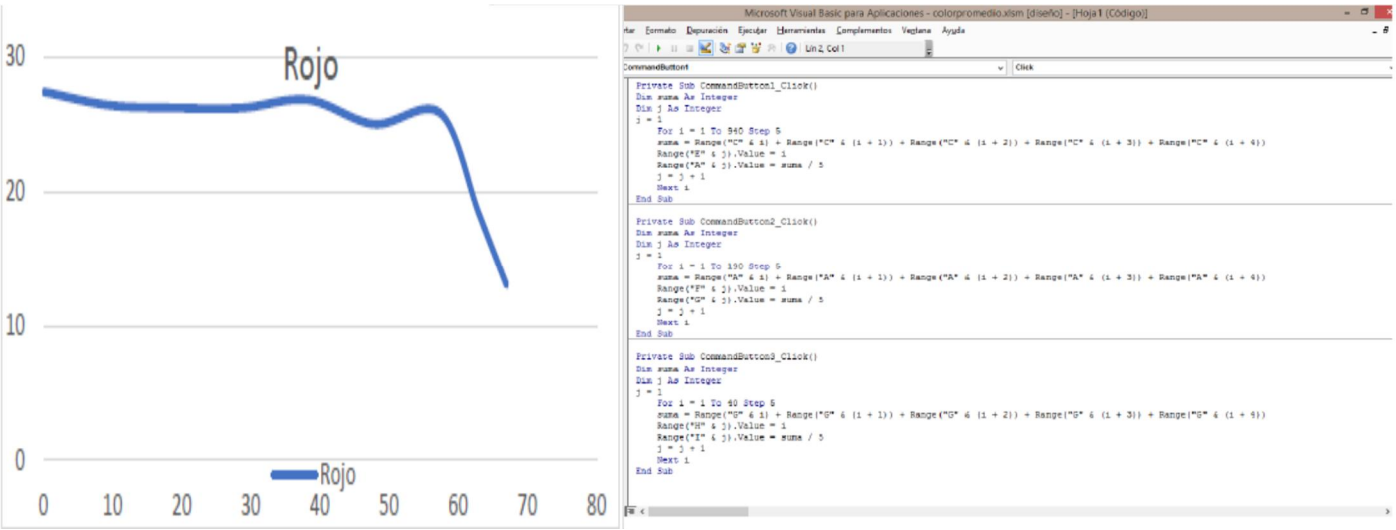


Figura 6. Ventana promediadora

Trabajo a futuro

La absorción de CO_2 se realiza gracias a la reacción química de hidróxido de sodio con el dióxido de carbono dando como producto bicarbonato de sodio el cual la mayoría se acumula en el fondo del recipiente y otra parte queda suspendida en la solución cuando existe movimiento, con esto se puede realizar trabajos de turbidimetría y nefelometría para las mediciones de pH.

Conclusiones

Se comprobó que el hidróxido de sodio puede absorber dióxido de carbono dando como resultado una sedimentación de carbonato de sodio, esta capacidad de absorción puede ser estimada mediante un sensor de color utilizando fenolftaleína como indicador de pH y observar una tendencia de color y a la vez del pH mediante el procesamiento de dichas gráficas mediante un algoritmo de programación.

Referencias

1. Francisco Acuña Garrido, Ventura Muñoz Yi, “Celdas de combustible. Una alternativa amigable con el medio ambiente para la generación de potencia y su impacto con el desarrollo sostenible de Colombia en el siglo XXI”, Ingeniería y Desarrollo, núm. 10, 2001, pp. 94-104 Universidad del Norte Barranquilla, Colombia.

2. *Ulises Cano Castillo,* “Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica”, Grupo de electroquímica y corrosión del instituto de investigaciones eléctricas.

3. J.L.Gª Fierro, “Celdas de combustible”, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC, Madrid.

4. Juan E. Tibaquirá G., Jonathan D. Posner, “Diseño y construcción de una celda de combustible tipo membrana de intercambio protónico.”, Scientia et Technica Año XV, No 42 Agosto de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira.

5. Fei Gao, Benjamin Blunier, Abdellatif Miraoui “Proton Exchange Membrane Fuel Cells Modeling”, First published 2012 in Great Britain and the United States by ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.

6. Rita Cecilia Ferrer Vega, Guillermo Urriolagoitia Sosa, Chiristropher René Torres San Miguel y Rafael Rodríguez Martínez, “Propuesta para eliminar monóxido de carbón utilizando un filtro elaborado con zeolita natural”, Instituto Politécnico Nacional - SEPI ESIME Zacatenco.

7. Chi-Neng Lin, Shu-YiiWu, Kuo-Shing Lee, Ping-Jei Lin, Chiu-Yue Lin, Jo-Shu Chang, “Integration of fermentative hydrogen process and fuel cell for on-line electricity generation”, Department of Chemical Engineering, Feng Chia University, Taichung, Taiwan.

8. Juan Wei, Zuo-Tao Liu, Xin Zhang, “Biohydrogen production from starch wastewater and application in fuel cell”, Department of Chemistry, Shantou University, Guangdong, China.

9. Bibian Hoyos, Natalia Munera, Farid Chejne, “TOLERANCIA AL CO EN CELDAS DE COMBUSTIBLE”, Escuela de Procesos y Energía, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

10. Sergio Andrés Blanco Londoño I.C., “Producción de biohidrógeno a través de la fermentación oscura de residuos – Revisión crítica”, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola Bogotá, Colombia
11. 2013.
12. Javier Gonzáles, Carlos Sánchez, Bibian Hoyos, Carlos Monsalve, Gonzalo Trujillo, “Oxidación de H2 y CO en una celda de combustible con ánodo de platino-estaño”, revista ingeniería e investigación No. 55, septiembre 2004.

13. Marta Pérez Martínez, MªJosé Cuesta Santianes, Sylvia Núñez Crespí, Juan Antonio Cabrera Jiménez “Utilización de biogás en pilas de combustible”.

14. Zhien Zhang, Feng Chen, Mashallah Rezakazemi, Wenxiang Zhang, Cunfang Lu, Haixing Chang, Xuejun Quan, “Modeling of a CO2-Piperazine-Membrane Absorption System”, School of Chemistry and Chemical Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China.

15. AliTaghvaieNakhjiri,AmirHeydarinasab,OmidBakhtiari,Toraj Mohammadi, “The effect of membrane pores wettability on CO2 removal from CO2/CH4 gaseous mixture using NaOH, MEA and TEA liquid absorbents in hollow fiber membrane contactor”, Department of Chemical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

16. Manuel Krauß, Roland Rzehak, “Reactive absorption of CO2 in NaOH: An Euler-Euler simulation study”, Helmholtz-Zentrum Dresden – Rossendorf, Institute of Fluid Dynamics.

17. Manuel Krauß, Roland Rzehak, “Reactive absorption of CO2 in NaOH: Detailed study of enhancement factor models”, Helmholtz-Zentrum Dresden – Rossendorf, Institute of Fluid Dynamics.

INGENIERÍA QUÍMICA

IQ01 Modelado del secado en capa delgada del taro (*Colocasia esculenta*) en condiciones controladas. **1217**

Fermín Córdova-Bautista, Gabriel Martínez-Pereyra, Miguel-Ángel Hernández-Rivera, Marcia-Eugenia Ojeda-Morales and Yolanda Córdova-Bautista.

IQ02 Desarrollo de software para análisis energético de generadores de vapor utilizando combustible diésel **1223**

Rodolfo Alberto Herrera Toledo, José Antonio Zamora Plata, Guillermo Sánchez Liévano.

IQ03 Modelación de la decianuración con H_2O_2 de aguas residuales en la industria de recubrimientos metálicos. **1231**

Gilberto Tapia Trejo, Mónica Monserrat Torres Puente, Jacques Bourgois, Felipe De Jesús Carrillo Romo.

IQ04 Construcción y caracterización de un intercambiador de calor prototipo para fines educativos **1239**

María De La Luz Delgadillo Torres, Víctor Benítez Zamorano, Mariana Bárcenas Castañeda, Miguel Ángel Vaca Hernández.

IQ05 Modelado y simulación usando redes neuronales dinámicas de un reactor bioelectroquímico para la producción de energía **1247**

Francisco Javier Sánchez-Ruiz, Bibiana Cercado-Quezada, Genoveva Rosano-Ortega, Elizabeth Argüelles-Hernández.

IQ06 Distribución de esfuerzos por medio del análisis de elemento finito de un Reactor Batch **1254**

José Vicente Martínez, Eduardo Hernández Aguilar, Rosa Isela Castro Salas, Alejandra Velasco Pérez, Tania García Herrera.

IQ07 Simulación de la deshidrogenación de etilbenceno en un reactor tubular **1262**

Blanca García-Rojas, Alexis Romero-Pérez, Alejandro Díaz-Medina, Noe Jardón-Romero and Francisco Caballero.

IQ08 Perfiles dinámicos de enfriamiento para la cristalización de estevia (*Rebaudiósido A*) mediante instrumentos virtuales **1270**

Eusebio Bolaños Reynoso, Alejandra Guadalupe Preciado Vargas, Leticia López Zamora, Cinthia Leticia Ramos Moreno, Kelvyn Baruc Sánchez Sánchez.

IQ09 Evaluación de esfuerzos en un tanque Imhoff por Método del Elemento Finito **1277**

Marco Antonio Tapia Estrada, Nayeli Gutiérrez-Casiano, Eduardo Hernández-Aguilar, Ignacio Sánchez Bazán, Lázaro Rafael Melo González.

IQ10 **Evaluación de la operación de una bomba de calor experimental** **1285**
Edgar Vicente Torres González, Raúl Lugo Leyte, Helen Denise Lugo Méndez, Alejandro Torres Aldaco, Sergio Castro Hernández.

IQ11 **Optimización de una doble emulsión vía choque-térmico utilizando el diseño de experimentos (DoE)** **1293**
Edgar Hernández Ramírez, Natalia de la Fuente Maldonado, Mario Alberto Méndez de la Cruz, Daniela Josabeth López Cano.

IQ12 **Optimización de hidrólisis de borra de café para la sacarificación en la producción de bioetanol** **1300**
María Belem Arce Vázquez, Ana María García Granobles, Jorge Soriano Santos, Agustín Mora Ortega, Héctor Rodríguez Carmona.

IQ13 **Estudio del proceso de fermentación alcohólica mediante la adición de una sal orgánica** **1308**
Leticia López-Zamora, David Rivera-Martínez, Eusebio Bolaños Reynoso, María Guadalupe Aguilar-Uscanga.

IQ14 **Mixed fermentation with lactic acid bacteria to obtain chitin from shrimp waste** **1315**
Ana María Sixto-Berrocal, María Aurora Martínez-Trujillo, Martín R. Cruz-Díaz.

IQ15 **Bioconversión de desechos de melón para su uso como precursores en la producción de bioetanol** **1321**
Daniela Rodríguez, Armando Robledo Olivo, Susana González Morales, Alberto Sandoval Rangel, Marcelino Cabrera de la Fuente.

IQ16 **Biosíntesis de biodiesel asistida por microondas a partir del aceite de la semilla del hule** **1327**
Roberto González Cruz, Yenise Ramírez Reyes, Gabriel Ríos Cortés, Ada Ríos Cortés, Minerva Rosas Morales.

IQ17 **Injerto *in vitro* de limón Persa [*Citrus* x *latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] en tres portainjertos** **1335**
Jennifer Martínez-Ballesteros, Javier Emanuel Bulbarela-Marini, Luis Alberto Solano-Rodríguez, Luis Alberto Sánchez-Bazán, Odón Castañeda-Castro.

IQ18 **Implementación de sistemas de electrocoagulación en tanques Imhoff en el tratamiento de aguas residuales urbanas** **1341**

Luis Alberto Estévez Sánchez, Nayeli Gutiérrez Casiano, Ignacio Sánchez Bazán, Karla Díaz Castellanos, Eduardo Hernández-Aguilar.

IQ19 **Deshidratación de plátano cuadrado (*Musa Balbisiana*, ABB)** **1348**
Litzia Lizbeth Velázquez- Solís, Ely Estefanía Suarez-Álvarez, Juan Álvarez, Germán Pérez-Hernández and Lizeth Rojas-Blanco.

IQ20 **Influencia de la velocidad de aire y temperatura en el encogimiento del chícharo por secado** **1355**
Francisco Caballero, Rodrigo González González, Gabriel Ramírez-Dámaso, Mario Vizcarra-Mendoza and Blanca García-Rojas.

IQ21 **Efecto de la Aw sobre la viabilidad celular de *Lactobacillus rhamnosus* secado por aspersión** **1362**
Karen Paola Alfonso López, Martha Paola Rascón Díaz, Enrique Méndez Bolaina, Enrique Flores Andrade and Enrique Bonilla Zavaleta.

IQ22 **Isotermas de adsorción de humedad y calor isostérico de sorción de hoja seca de papaya** **1369**
Fernando Cansino Jácome, Ubaldo Richard Marín Castro, José Arturo Olguín Rojas, Marco Antonio Salgado Cervantes, Guadalupe Del C. Rodríguez Jimenes.

IQ23 **Efecto del secado sobre la composición química y propiedades tecnofuncionales de inflorescencias de *Chamaedorea* tepejilote** **1375**
Edgar Daniel Cabrera Domínguez, María De Los Ángeles Vivar Vera.

IQ24 **Rheological characterization in rotational regime of malanga (*Colocasia esculenta*) and cassava (*Manihot esculenta*) suspensions** **1381**
Samantha Dení Cabo-Araoz, Paul Linares-Bravo, Ángel Martin Rodríguez-Martínez, Guadalupe Luna-Solano, Denis Cantú-Lozano.

IQ25 **Efecto de la harina de castaña sobre los algunos parámetros de extrusión de una botana** **1389**
América V. Avendaño-Apolinar, Juan G. Torruco-Uco, Enrique Ramírez-Figueroa, Betsabé Hernández-Santos, Jesús Rodríguez-Miranda.

IQ26 **Cultivo, aislamiento, caracterización y preservación micelial de Lentinula edodes (Berk.) Pegler en medio enriquecido** **1397**
Claudia López Sánchez, Emilene Reyes Rodríguez, Felipe De Jesús Palma Cruz.

IQ27 **Caracterización Fisicoquímica del Agua de lluvia para su aprovechamiento** **1403**

Carmen Maurilio Flores Guzmán, Ana Luisa Gómez Calzada, Ebelia Del Ángel Meraz, Jorge Ulises Reyes López, Cristina Ponce Parra.

IQ28 **Degradación de piridina utilizando al ZnO dopado con Au y Ag utilizando luz natural** **1410**
Carlos Montalvo, Claudia Aguilar, Denis Cantú, Roberto Alcocer, Francisco Anguebes.

IQ29 **Síntesis y caracterización de SBA-15 dopada con Al por Auto-Ensamblaje Inducido por Evaporación** **1417**
Eric Aguilar García, María Ana Pérez Cruz, Rosario Hernández Huesca.

IQ30 **Electrosíntesis de la molécula orgánica hexanodiamina (HMDA)** **1425**
Karla Ixshel Angulo Xicoténcatl, Daniela Blanco and Ebelia Del Ángel Meraz.

IQ31 **Síntesis del dendrímero PAMAM G1.0 3,3'-((3-hidroxipropil) azanodiil) bis(N-((Z) -2-aminovinil) propanamida para tratamiento de aguas residuales** **1433**
Johana Ramírez Hernández, Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña, Leonor Nava Montiel, Adelfo García Ceja, Juan Carlos Guevara Contreras.

IQ32 **Adsorción de naranja de metilo en medio acuoso empleando un MOF de cobalto** **1439**
Jesús Sebastián Rodríguez Girón, Rodolfo Peña Rodríguez, Lidia Elena Chiñas Rojas, Daniel Julián Ramírez Herrera and José María Rivera Villanueva.

IQ33 **Remoción de Co^{2+} mediante adsorbente a base de corteza de pino** **1447**
Ayesha Courrech-Arias, Ma. Ana Pérez-Cruz, Margarita Teutli-León.

IQ34 **Síntesis de catalizadores $RePMoO_6/Tio_2$-Zro_2 para la hidrodesoxigenación de guayacol** **1453**
Pedro Cadenas López, Alida Elizabeth Cruz Pérez, Ma. Guadalupe Rivera Ruedas, Ignacio Cuauhtémoc Lopéz, Ebelia Del Angel Meráz.

IQ35 **Evaluación de las propiedades antioxidantes del falcarinol y sus derivados por métodos computacionales** **1460**
Sharon Rosete Luna, Mario Sánchez Vázquez, David Bonilla Rodríguez.

IQ36 **Comportamiento de las variables reológicas de vinaza en diferentes niveles de temperatura** **1466**
Solmaria Mandi Pérez Guzmán, Karla Xalamihua-Anastacio, Nayeli Gutiérrez Casiano, José Vicente Martínez and Eduardo Hernández-Aguilar.

IQ37 **Remoción de contaminantes de agua residual de la industria azucarera utilizando un sistema híbrido** **1473**

Viridiana Solano De La Cruz, Francisco Orduña Gaytán, Norma Alejandra Vallejo Cantú, Alejandro Alvarado Lassman, Juan Manuel Méndez Contreras.

IQ38 **Estudio hidrodinámico de diferentes configuraciones en la sección inferior de un Reactor Anaerobio Híbrido** **1480**

Anahí Cruz Ramos, Jorge Ramírez Muñoz, Norma Alejandra Vallejo Cantú, Juan Manuel Méndez Contreras, Alejandro Alvarado Lassman.

IQ39 **Digestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos: efecto del tamaño de partícula y biodegradabilidad** **1488**

Alejandra Velasco Pérez, José Guadalupe Vian Pérez, Sergio Esteban Vigueras Carmona, José Vicente Martínez, Tania García Herrera.

IQ40 **Remediación de suelo agrícola contaminado con petróleo mediante oxidación química y uso de microorganismos petrofílicos** **1469**

Karely Noemí Ramos-Ramirez, Areli Silvano-Hernández, Miguel Ángel Hernández Rivera, Gabriel Martínez-Pereyra, Irma Elisa Juárez-Palacios.

IQ41 **Recuperación de suelo contaminado con petróleo mediante microorganismos petrofílicos y un mejorador de permeabilidad** **1504**

Josseline Tamara Palacio-Haro, Mauricio Zurita-Ángles, Irma Elisa Juárez Palacios, María Teresa Flores-Dorantes, Anabel González-Díaz.

IQ42 **Restauración químico-biológica de un suelo arcillo-limoso contaminado con petróleo en condiciones in vitro** **1511**

Tania Guadalupe Gómez-Martínez, Marcia Eugenia Ojeda-Morales, María Guadalupe Rodríguez-Flores, José De Los Santos López-Lázaro, Irma Elisa Juárez-Palacios.

IQ43 **Obtención de un Biofertilizante a partir de Hidrólisis Anaerobia de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales** **1518**

Iris Amairani López Muñoz, Andrea Alvarado Vallejo, Norma Alejandra Vallejo Cantú, Alberto Alfonso Aguilar Laserre, Alejandro Alvarado Lassman.

IQ44 **Concentraciones de BTEX en aire ambiente en la ciudad de León usando muestreadores pasivos** **1526**

Gisela Sánchez Rico, Julia Griselda Cerón Breton, Rosa María Cerón Breton, Simón Eduardo Carranco Lozada, Martha Patricia Uc Chi.

IQ45 **Niveles atmosféricos de BTEX y contaminantes criterio en un sitio de León, Guanajuato** **1534**
Stephanie Martínez Morales, Gisela Sánchez Rico, Julia Griselda Cerón Breton, Rosa María Cerón Bretón, Atl Víctor Córdova Quiroz.

IQ46 **Caracterización de biomasa orgánica y aplicación como posible agente de refuerzo en compositos** **1542**
Beatriz Eugenia Moreno-Martínez, Virginia Ramírez Salas, Ernesto Francisco Rubio Cruz, Aida Victoria Camacho Anléhu.

IQ47 **Caracterización química y propiedades funcionales del concentrado proteico del frijol costeño (*Vigna unguiculata*)** **1548**
Eufemia Nicolasa Salmoran Mejía, Jesús Rodríguez Miranda, Betsabe Hernández Santos, Enrique Ramírez Figueroa, Juan Gabriel Torruco Uco.

IQ48 **Topologías de Sistemas de dos Fases Acuosas de Polímeros** **1555**
Mariana Bárcenas Castañeda, María De La Luz Delgadillo Torres, Miguel Ángel Vaca Hernández, Víctor Augusto Castellanos Escamilla.

IQ49 **Películas comestibles de Alginato-Guar-Bagazo y Alginato-Pectina-Bagazo** **1563**
Adelfo García Ceja, Leonor Nava Montiel, A. Trapala Islas, J. Ramírez Hernández, G.G Bárcena Vicuña.

IQ50 **Efecto del tween 80 sobre las propiedades físicas de películas de quitosano/aceite esencial de canela/montmorillonita** **1570**
Blanca Estela Álvarez Pérez, Gonzalo Velázquez de la Cruz, Claudia Andrea Romero Bastida.

IQ51 **Efecto de la interacción almidón-proteína sobre las propiedades tecno-funcionales** **1578**
Karina Hernández-Castro, Betsabé Hernández-Santos, Juan G. Torruco-Uco, Enrique Ramírez-Figueroa, Jesús Rodríguez-Miranda.

IQ52 **Caracterización fisicoquímica y microestructural de biopelículas a base de almidón nativo de "*Oxalis tuberosa*"** **1586**
Francisco Erik González-Jiménez, Andrea Velázquez-Parra, María De Jesús Perea-Flores, Guadalupe Vivar-Vera, Jaime Jiménez-Guzmán.

IQ53 **Producción y caracterización de biopelículas nanoestructuradas basadas en gelatina** **1594**
Javier Solorza-Feria, Isidra Guadalupe Ruiz-Martínez, Denis Rodríguez.

IQ54 **Estabilidad fisicoquímica de microcápsulas de col morada secadas por aspersión en frío** **1602**
Martha Paola Rascón Díaz, Enrique Flores Andrade, Marisol Castillo Morales, Karen Paola Alfonso López, Enrique Bonilla Zavaleta.

IQ55 **Características físicas y químicas de películas de almidón de malanga reforzadas con nanofibrillas de celulosa** **1610**
Roselis Carmona García, Andres Aguirre Cruz, Edaly Estefany García Díaz, Rebeca Gloria Tejeda, Alberto Álvarez Castillo.

IQ56 ***Diagnóstico mediante RT-PCR en el híbrido MSXJ de papaya infestadas con PRSV*** **1616**
Mariel González-Lázaro, Luis Alberto Sánchez-Bazán, Miriam Cristina Pastelín-Solano, Luis Alberto Solano-Rodríguez, Odón Castañeda-Castro.

IQ57 **Micropropagación de Agave *wendtti* Cházaro (1995) (Agavaceae), una especie endémica del Uxpanapa, Veracruz, México** **1622**
José Antonio García-Pérez, Miguel Cházaro Bazañez, Roberto Venustiano Ortega Ortiz, Tomas Fernando Carmona Valdovinos, Blanca Lilia Náder García.

IQ58 **Germinación *in vitro* de *Mammillaria sartorii* J. A. Purpus e inducción a brotes de vitroplántulas** **1629**
Beatriz López-Isabel, Ana Isabel Suárez-Guerrero, Roberto Venustiano Ortega-Ortiz, José Antonio García-Pérez, Blanca Lilia Náder-García.

IQ59 **Germinación *in vitro* y callogénesis de *Mammillaria huitzilopochtli* D.R. Hunt** **1636**
José Antonio García Pérez, Beatriz López-Isabel, José Facundo Ortega-Ortíz, Tomas Fernando Carmona-Valdovinos, Blanca Lilia Náder-García.

IQ60 **Estudio del efecto enzimático, térmico y fotoquímico en la transformación de la vainillina** **1644**
Eduardo Peña Mojica, Armando Ariza Castolo, María De Los Ángeles Vivar Vera, Guadalupe Del Carmen Rodríguez Jimenes, Araceli Pérez Silva.

IQ61 **Evaluación de la eficiencia antimicrobiana del extracto de cornezuelo (*Acacia cornígera*)** **1652**
Guadalupe Gabriela Barcena Vicuña, Johana Ramírez Hernández, Pedro Piscil Guzmán, Leonor Nava Montiel, Adelfo García Ceja.

IQ62 **Evaluación del crecimiento de *Aspergillus niger* en un medio de cultivo líquido** **1660**
María Del Pilar Marín Cortez, Armando Robledo Olivo, Ana Verónica Charles Rodríguez, Susana González Morales, Neymar Camposeco Montejo.

IQ63 **Estudio cinético y estequiométrico de la fermentación de jugo de cacao con levadura autóctona ML1** **1666**
Edwin Javier Melgar-Urbina, Yolanda Córdova-Bautista, Ana Laura Severo Domínguez, Marcia Eugenia Ojeda-Morales, Miguel Ángel Hernández-Rivera.

IQ64 **Evaluación de textura y color de un producto de panificación libre de gluten** **1672**
Mónica Rivera Rivera, Martha Patricia Valencia Pérez, Marco Antonio Godínez Ruiz, Rebeca Gloria Tejeda, María Guadalupe Lozano Aguirre.

IQ65 **Efecto del beneficiado en la calidad aromática de la vainilla (*vanilla planifolia*)** **1679**
Pedro José Marcelino, Araceli Pérez Silva, Fabiola Berenice Tavares González, María Delos Ángeles Vivar Vera, Ernestina Paz Gamboa.

IQ66 **Estudio de pectina a partir de la cáscara del plátano roatán (*Musa paradisiaca var. cavendish*)** **1685**
Moisés Mata García, María Del Carmen Vázquez Briones, Martha Vázquez Briones, Daniel Hernández Ramírez, Cindy Adilene Pimienta Trinidad.

IQ67 **Procesamiento de cáscaras de pitaya como polvos con alto contenido de fibra dietaria: Evaluación tecnofuncional** **1692**
Mayra Hinojosa Gijón, María De Los Ángeles Vivar Vera, Ernestina Paz Gamboa, Guadalupe Vivar Vera, Josué Antonio Del Ángel Zumaya.

IQ68 **Elaboración y caracterización física de salchichas de carne de cerdo con inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote*** **1699**
Luis Enrique Cabrera Martínez, María De Los Ángeles Vivar Vera, Aleida Selene Hernández Cázares, Araceli Pérez Silva, Lizzete Paulina Chávez Zepeda.

IQ69 **Caracterización nutrimental y física de salchichas de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) con inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote*** **1707**
Nubia Isela Alto Rojas, María De Los Ángeles Vivar Vera, Araceli Pérez Silva, Aleyda Selene Hernández Cázares, Karen Alejandra López-Mendoza.

IQ70 **Aprovechamiento del jugo de pitaya (*Stenocereus stellatus*) en una bebida láctea probiotica de pitaya** **1715**
Ernestina Paz-Gamboa, Diego Aurelio-Hernández, María De Los Ángeles Vivar-Vera, Araceli Pérez-Silva and Cecilia Eugenia Martínez-Sánchez.

IQ71 **Efecto del té verde en la estabilidad de hamburguesas funcionales** **1723**
Marina Guevara Valencia, César Antonio Ortiz Sánchez, Dennys Ojeda Juárez, Tania García Herrera, Elisa Gutiérrez Velázquez.

IQ72 **Análisis de comunidades bacterianas en una celda de combustible microbiana** **1730**
Areli Del Carmen Ortega Martínez, Alondra Pérez Martínez, Heidi Patricia Medorio García, Ana María Rueda and Elizabeta Hernández Domínguez.

IQ73 **Generación de electricidad mediante aprovechamiento de fotosíntesis** **1737**
Carlos Alberto Martínez Carmona, Daria Texoco González, José Daniel Serrano Rey, Irving Arturo Espíndola Pacheco, Lorena De Los Santos Rosas.

IQ74 **Simulación de una columna de adsorción de CO_2 utilizando zeolita como agente adsorbente** **1743**
Juventino Barojas Huerta, Octavio Trejo Chavero, Andrea Valdez Tovar, Raquel Eunice Hernández Ramírez, Susana Lezama Álvarez.

IQ75 **Extracción y caracterización del aceite esencial de la hoja de momo (*piper auritum*)** **1751**
José De Los Santos López Lázaro, José Ramón Carrera Aguilar, Yuridia Evelin Hernández Cardeño, Marcia Eugenia Ojeda Morales, Ana Laura Severo Domínguez.

IQ76 **Encapsulados elaborados con mucílago de chía – alginato de sodio para aplicación en la industria alimentaria** **1759**
Dolores Gabriela Martínez-Vázquez, Guadalupe Rueda-Altunar, Sarahí Del Carmen Rangel-Ortega, Ernesto Cerna-Chávez, Enrique Javier Jiménez-Regalado.

IQ77 **Tratamiento de agua residual de una gasolinera utilizando carbón activado elaborado con bagazo de caña** **1767**
Humberto Jiménez Jiménez, Ebelia Del Ángel Meraz, Mayra Agustina Pantoja Castro, Alida Elizabeth Cruz Pérez, Ana Luisa Gómez Calzada.

IQ78 **Sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas por electrocoagulación** **1775**
Zulma Yadira Medrano Hurtado, Julio Cesar Medina Aguirre, Adrián Galarza Toledo, Jorge Arturo Soto Ruiz, Kenia Monserrat Santoyo Coron.

IQ79 **Estimación directa del K_La mediante un algoritmo de optimización en un respirómetro nitrificante** **1781**
Manuel Carrión, Melissa Blanqueto, José González, Walter Magaña and Alberto Ordaz.

IQ80 **Experimentación en una planta piloto para producir biodiesel a partir de aceite usado** **1787**
Amado López López, Ebelia Del Ángel Meraz, Héctor Martínez García, Mayra Agustina Pantoja Castro, Carmen Maurilio Flores Guzmán.

IQ81 **Efecto de la osmodeshidratación de carne de pollo sobre sus propiedades de textura y evaluación sensorial** **1795**

Nancy Deyanira Hernández Castellanos, Miguel Alberto Pérez Vargas, Héctor Alejandro Jiménez Avalos, Leandro Chaires Martínez, Alejandro Cruz Hernández.

IQ82 **Análisis preliminar de la extracción de resorcinol a partir de *Pithecellobium* dulce** **1801**

Mayra Agustina Pantoja Castro, Ana Rosa Ramón Hernández, Ebelia del Ángel Meraz, Alida Elizabeth Cruz Pérez and Ma. Guadalupe Rivera Ruedas.

IQ83 **Sacarificación enzimática de biomasa residual de amaranto para la obtención de bioetanol** **1807**

Maria Belem Arce Vázquez, Bryan Omar Lecona Zarate, Agustín Mora Ortega, Jesús De La Cruz Alejo and Ángel Eduardo Márquez Ortega.

IQ84 **Estudio de una ruta de extracción para obtener compuestos polifenólicos** **1814**

Mayra Agustina Pantoja Castro, Arantxa Hernández Ochoa, Micael Gerardo Bravo Sánchez, Ebelia Del Ángel Meraz and Francisco López Villarreal.

Modelado del secado en capa delgada del taro (*Colocasia esculenta*) en condiciones controladas.

F. Córdova Bautista1,G. Martínez Pereyra1, M. A. Hernández Rivera1, M. E. Ojeda Morales1, Y. Córdova Bautista[1]*.
[1]Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Avenida Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Villahermosa, Centro, Tabasco 86040, México.

**cordovab@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue estudiar la cinética de secado en capa delgada del taro en condiciones controladas en un secador de laboratorio. Para cada experimento se pesó 0.5 kg de taro cortados en rodajas de 0.8 cm de espesor. Los experimentos de secado se realizaron a temperaturas del aire de secado de 40, 50 y 60 °C y velocidad constante de 0.2 m s^{-1}. La razón de humedad se graficó contra el tiempo de secado y se ajustó a cinco modelos de secado en capa delgada. La calidad del ajuste se evaluó utilizando el coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del error cuadrado medio (RMSE). Se encontró que el secado ocurrió en el periodo de velocidad decreciente. El modelo Wang y Singh describió mejor el comportamiento de secado en capa delgada del taro a 40 y 50 °C y el modelo de Newton a 60 °C.

***Palabras clave**: Modelo de secado, Razón de humedad, Taro.*

Abstract

The aim of this work was to study the thin layer drying kinetics of taro in controlled conditions in a laboratory dryer. In each experiment 0.5 kg of taro slices at thickness 0.8 cm was cut and weighed. The drying experiments were performed at drying air temperature of 40, 50 and 60 °C using a constant air velocity of 0.2 m s^{-1}. The moisture ratio against drying time was plotted and fitted to five thin layer drying models. The fit quality of the models was evaluated using the determination coefficient (R^2) and root mean square error (RMSE). It was found that the drying takes place only in the falling rate period. Among the selected models, the Wang and Singh model was found to be the best models for describing the drying behavior of taro at 40 and 50 °C and Newton model to 60 °C.

***Key words**: Drying model, Moisture ratio, Taro.*

Introducción

El taro (*Colocasia esculenta*), es una planta de gran valor nutrimental en muchos países de la zona tropical del mundo. Se considera una buena fuente de carbohidratos, con una cantidad considerable de almidón (70-80 g / 100 g de taro seco). La calidad del almidón es significativamente superior en comparación con el maíz y el trigo debido a sus tamaños granulares muy pequeños que varían de 1 a 5 µ. La combinación de almidón de gránulos pequeños y contenido de fibra dietética altamente soluble lo hace altamente digerible y se utiliza en la preparación de dietas de destete para bebés y alimentos de bajo índice glucémico [Huang y col., 2000]. También es una rica fuente de calcio, fósforo, potasio, hierro, zinc, vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina, que son componentes importantes de la dieta humana [Kaushal y col., 2012]. Los cormos de taro frescos son altamente perecederos principalmente como resultado de su alto contenido de humedad (65-80 % wb). Para minimizar las pérdidas, deben convertirse de perecederos a no perecederos mediante operaciones de procesamiento de alimentos

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

[Aboubakar y col., 2008]. El secado de productos agropecuarios representa una alternativa válida para la conservación, comercialización e incorporación de valor agregado. El proceso de secado se realiza en dos etapas: la primera ocurre en la superficie del material de secado a una velocidad de secado constante (es similar a la evaporación del agua en el ambiente) y la segunda se realiza con velocidad de secado decreciente [Midilli y Kucuk, 2003]. Los modelos matemáticos se utilizan a menudo para estudiar las variables implicadas en el proceso, predecir la cinética de secado del producto y optimizar los parámetros y condiciones de funcionamiento [Karathanos y Belessiotis, 1999]. Se han propuesto varios modelos matemáticos para describir el comportamiento de secado de productos agrícolas. Entre estos modelos, los más utilizados para modelar el secado de diferentes productos agrícolas son: el de Lewis, el de Page, el de Newton, el de Page Modificado, el de Henderson y Pabis, el logarítmico, el de dos términos, el de dos términos exponencial y el de Wang y Singh [Meziane, 2011]. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue modelar la cinética de secado en capa delgada del taro en un secador de laboratorio.

Metodología

Materiales y equipo

La materia prima utilizada fue taro morado cosechado en el municipio de Cunduacán, Tabasco, México (18.04° N y 93.18° O). Para el estudio se seleccionaron cormos de tamaño uniforme que se lavaron, pelaron y cortaron en rodajas de 0.8 cm de espesor. El contenido de humedad inicial determinado conforme a la norma NMX-F-083 (1986) fue de 68%, utilizando un horno de secado Ecoshel 9023A y una balanza analítica VELAB modelo VE-210 con sensibilidad de 0.0001 g. El secado se realizó en un secador de laboratorio en convección forzada que consta de una cámara de secado, una bandeja de malla de alambre y resistencias eléctricas para calentar el aire de secado (Figura 1). Las dimensiones de la cámara de secado son de 0.7 x 0.5 x 0.7 m, de ancho, profundidad y altura respectivamente.

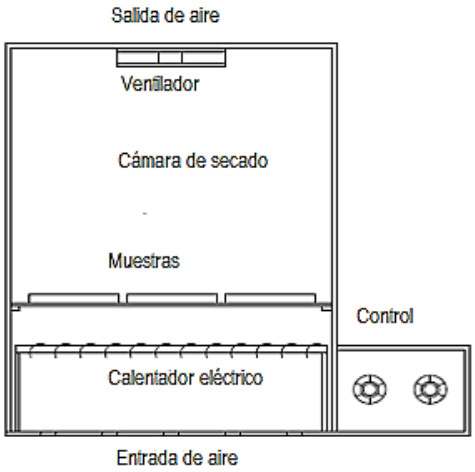


Figura 1 Esquema del secador utilizado

Procedimiento

En la bandeja del secador se colocó 0.5 kg de rodajas de taro en un arreglo en capa delgada. La masa se registró a intervalos de 10 minutos con una balanza digital Torrey L-EQ con precisión de ± 2 g hasta que alcanzó la humedad de equilibrio. La velocidad del aire de secado se ajustó a 0.2 m s^{-1} y el aire se calentó a 40, 50 y 60 °C. La humedad relativa del aire ambiente se controló con un deshumidificador Fantech modelo Pro 250. La temperatura y la humedad relativa ambiente se midieron cada 10 minutos con un Hygro-Thermometro Extech RH101 y estuvieron en el rango de 24 a 26 °C y de 48 a 50 % respectivamente.

Razón de humedad

Los datos experimentales de secado se analizaron gráficamente en términos de la razón de humedad contra el tiempo de secado. La razón de humedad en base seca (MR) se calculó con la siguiente ecuación:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (1)$$

donde M_t y M_o son el contenido de humedad en base seca en el tiempo t (kg agua/kg materia seca) y el contenido inicial de humedad en base seca, respectivamente, M_e es el contenido de humedad de equilibrio. Debido a que M_e es relativamente pequeño en comparación con M_t se desprecia [Shi y col., 2013; El y Shalaby, 2013], por lo que MR puede simplificarse a:

$$MR = \frac{M_t}{M_o} \quad (2)$$

Ajuste de la razón de humedad

La razón de humedad se ajustó a cinco modelos de secado en capa delgada mostrados en la Tabla 1. La bondad del ajuste se evaluó de acuerdo con los valores del coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del error cuadrado medio (RMSE), considerando que valores de R^2 superiores a 0.95 y de RMSE inferiores a 0.06 indican un buen ajuste [Doymaz y Ismail, 2011; Browne y Crudeck 1993].

Tabla 1. Modelos matemáticos utilizados para predecir la cinética de secado

Nombre del modelo	Ecuación del modelo	Referencia
Newton	$MR = \exp(-kt)$	
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	[Rabha y
Page modificado	$MR = \exp(-kt)^n$	Col., 2017]
Henderson y Pabis	$MR = a\exp(-kt)$	
Wang y singh	$MR = 1 + at + bt^2$	

Resultados y discusión

Razón de humedad

Los datos fueron procesados y presentados como razón de humedad contra el tiempo de secado. La figura 2 muestra la gráfica de la razón de humedad contra el tiempo de secado.

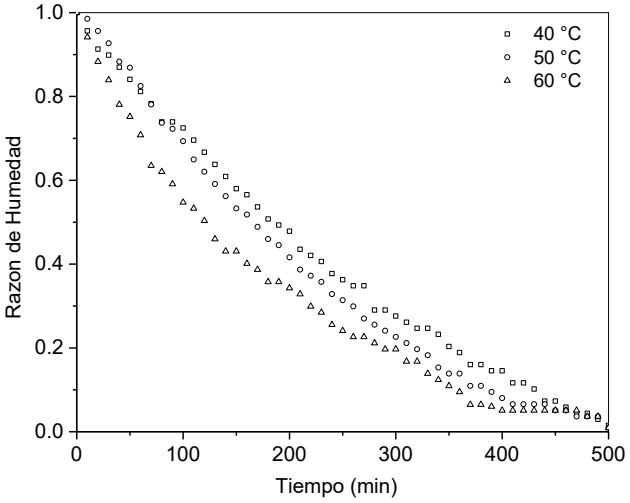


Figura 2 Razón de humedad del taro

La razón de humedad disminuyó continuamente con el tiempo de secado. Esta disminución continua en la razón de humedad indica que la difusión gobernó la transferencia de masa interna. Esto está de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio sobre pimiento picante [Tunde-Akintunde, 2011], yacón [Shi y col., 2013],

melocotón [Zhu y Shen, 2014] y hojas de menta [Kavak-Akpinar, 2010]. El tiempo de secado se redujo con el aumento de la temperatura. Esto puede atribuirse a que una mayor temperatura del aire de secado produce mayor velocidad de secado [Holdsworth, 1986], por causa del correspondiente aumento del coeficiente de transferencia de calor por convección, al aumento de la difusividad de humedad efectiva y a la disminución de la humedad relativa del aire, lo que aumenta su capacidad para absorber agua [Shi y col., 2013].

Ajuste de la razón de humedad

Los datos de secado obtenidos experimentalmente se ajustaron mediante regresión no lineal a los cinco modelos de secado en capa delgada de la Tabla 1. En la Tabla 2 se muestran los resultados del ajuste para los modelos que mejor se ajustaron a cada temperatura de secado. Estos modelos presentaron los valores más altos de R^2 y los valores más bajo de RMSE. Los valores de R^2 fueron superiores a 0.95 y los valores de RMSE fueron inferiores a 0.06 indicando un buen ajuste [Doymaz y Ismail, 2011; Browne y Crudeck 1993]. Estos valores muestran que el modelo de Wang y Singh predice adecuadamente el proceso de secado en capas delgadas de las rodajas de taro a 40 y 50 °C, mientras que el modelo de Newton es el modelo que mejor predice el comportamiento de secado del taro a 60°C. La Figura 3 muestra los ajustes de los datos experimentales a los modelos que mejor se ajustaron para cada temperatura.

Tabla 2. Resultados del análisis de regresión de los modelos que mejor se ajustaron

Temperatura	Nombre del modelo	Parámetros	R^2	RMSE
40	Wang y Singh	a=-0.00311, b=2.34 x10^{-6}	0.998 63	0.010 49
50	Wang y Singh	a=-0.00352, b=3.12 x10^{-6}	0.998 49	0.011 56
60	Newton	k=0.005 86	0.993 97	0.020 69

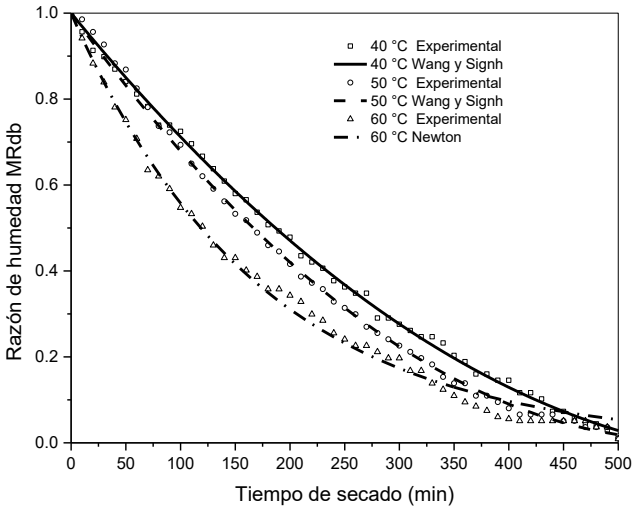


Figura 3. Ajuste de los datos experimentales a los modelos de secado

Para validar los modelos seleccionados, se graficaron los valores de MR experimental y MR predicho para cada temperatura como se muestra en la Figura 4. En este diagrama se observa que los datos están agrupados alrededor de líneas rectas ajustada por regresión lineal cuya pendiente están en el rango 0.99 2 a 0.999 8, lo que confirma la idoneidad de los modelos para describir adecuadamente el proceso de secado de las rodajas de taro. Resultados similares han sido reportados por [Shi y col., 2013] para yacón, [Kumar y col., 2015] para el taro y [Taghian-Dinani y col., 2014] para hongos.

 ISSN 2007-8102

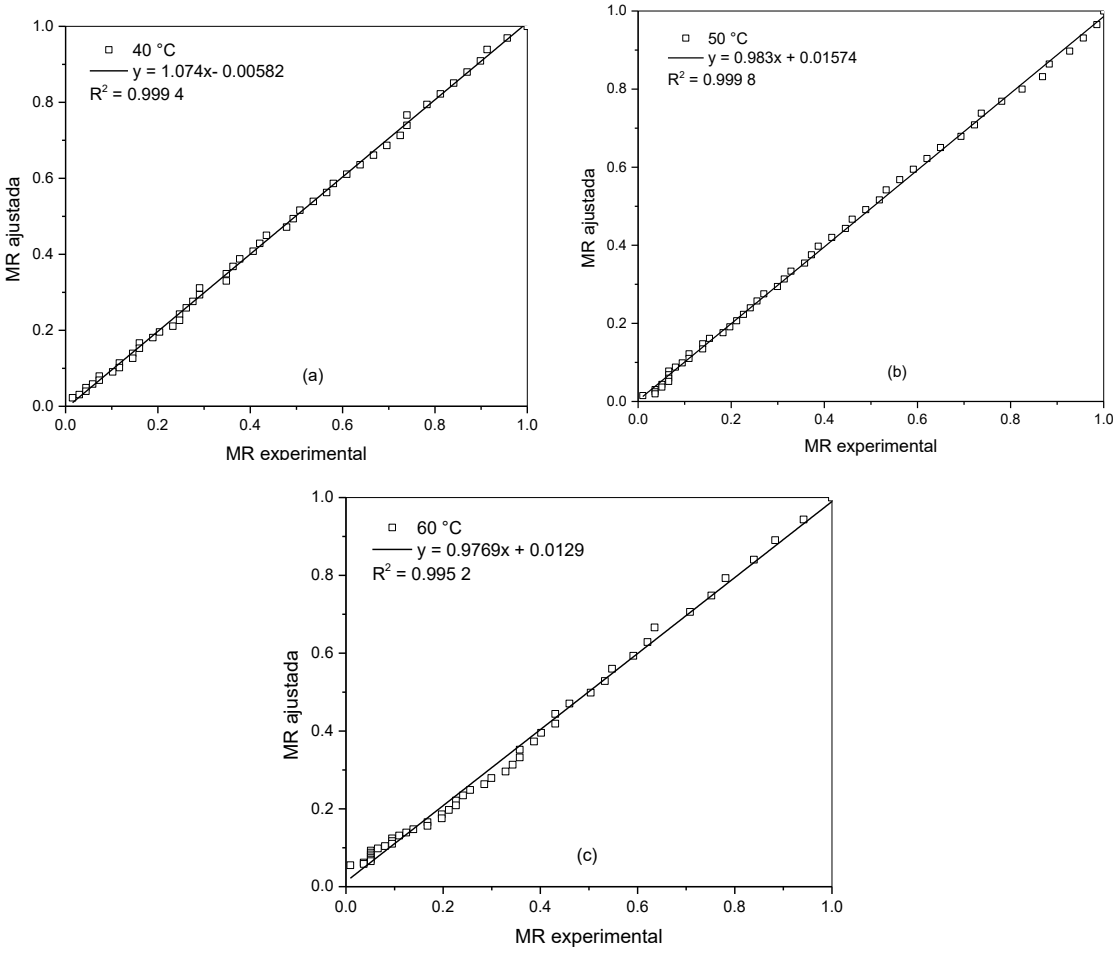


Figura 4. Comparación de MR experimental contra MR ajustado

Conclusiones

La razón de humedad disminuyó continuamente con el tiempo. El secado de las rodajas de taro se produjo en el periodo de velocidad de secado decreciente. Se observó que el modelo de Wang y Signh fue el modelo más adecuado para describir el proceso de secado de las rodajas de taro a 40 y 50 °C, mientras que el modelo de Newton describió mejor el proceso de secado a 60 °C. Los valores de R^2 fueron superiores a 0.95 y los valores de RMSE fueron inferiores a 0.06 indicando un buen ajuste.

Referencias

1. Aboubakar; Njintang, Y.; Scher, J. and Mbofung, C. (2008). Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta L. Schott*) flours and starches. *Journal of Food Engineering*. (**86**) 294–305. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.10.006
2. Browne, M. W. and Cudeck, R. (1993). Testing structural equation models. En Long (Ed.), Alternative ways of assessing model fit (págs. 136-162). Newbury Park, NJ: In K. Bollen and S1ª ed Sage.
3. Doymaz, I., and Ismail, O. (2011). Drying characteristics of sweet cherry. *Food and Bioproducts Processing*. (**89**) 31-38.
4. El-Sebaii, A. and Shalaby, S. (2013). Experimental investigation of an indirect mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint. *Energy Convers. Manag.* (**74**) 109-116.
5. Holdsworth, S. D. (1986). Advances in the dehydration of fruits and vegetables. *Concentration,* 293-303.

6. Huang, A.; Titchenal, C. and Meilleur, B. (2000). Nutrient composition of Hawaiian taro corms and breadfruit. *J. Food Compos. Anal*. (**13**) 859–864. doi:10.1006/jfca.2000.0936
7. Karathanos, V. T.; Belessiotis, V. G. (1999). Application of a thin layer equation to drying data fresh and semi-dried fruits. *Journal of Agricultural Engineering Research.* (**74**) 355-361. doi:10.1006/jaer.1999.0473
8. Kaushal, P.; Kumar, V.; and Sharma (2012). Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting proper- ties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (Oryza sativa) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. *LWT Food Sci. Technol* (**48**) 59-68. doi:10.1016/j.lwt.2012.02.028
9. Kavak-Akpinar, E. (2010). Drying of mint leaves in a solar dryer and under open sun: Modelling, performance analyses. *Energy Conversion and Management*. (**51**) 2407–2418. doi:10.1016/j.enconman.2010.05.005
10. Kumar, V.; Sharma, H.; Singh, K. and Singh, R. (2015). Optimization of process parameters for the production of taro chips using RSM with fuzzy modeling. *Food Meas*. **9**(3) 400–413. doi:10.1007/s11694-015-9248-1
11. Meziane, S. (2011). Drying kinetics of olive pomace in a fluidized bed dryer. *Energy Conversion and Management.* (**52**) 1644-1649.
12. Midilli, A; Kucuk, H. (2003). Mathematical modeling of thin layer drying of pistachio by using solar energy. *Energy Convers Manage*. (**44**) 1111-1122. doi: 10.1016/S0196-8904(02)00099-7
13. NMX. (1986.). Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios
14. Rabha, D.; Muthukumar, P. and Somayaji, C. (2017). Experimental investigation of thin layer drying kinetics of ghost chilli pepper (*Capsicum Chinense Jacq*.) dried in a forced convection solar tunnel dryer. *Renewable Energy*. (**105**), 583-589. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.091
15. Shi, Q.; Zheng, Y. and Zhao, Y. (2013). Mathematical modeling on thin-layer heat pump drying of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) slices. *Energy Conversion and Management*. (**71**) 208-216. doi:DOI:10.1016/j.enconman.2013.03.032
16. Taghian-Dinani, S.; Hamdami, N.; Shahedi, M. and Havet, M. (2014). Mathematical modeling of hot air/electrohydrodynamic (EHD) drying kinetics of mushroom slices*. Energy Conversion and Management journal.* (**86**) 70–80. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2014.05.010 0196-8904/?
17. Tunde-Akintunde, T. Y. (2011). Mathematical modeling of sun and solar drying of chilli pepper. Renew *Energy* (**36**), 2139–2145.
18. Zhu, A. and Shen, X. (2014). The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices. *International Journal of Heat and Mass Transfer.* (**72**) 345-351. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.01.001

Desarrollo de software para análisis energético de generadores de vapor utilizandocombustible diésel

R. Herrera-Toledo[1], J.A: Zamora Plata[2], G. Sánchez Lievano[3]*
[1,2] Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, Batalla 5 de mayo s/n, CDMX, 09230, México
[3]Facultad de Ingeniería, UNAM, Edificio Bernardo Quintana Piso 1, 04510 Cd. Universitaria, CDMX, México.
**rherrera.toledo@comunidad.unam.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo y resultado de un software para generadores de vapor que utilizan como mezcla reactiva diesel-aire. Se desarrolla de forma modular para realizar una práctica en el generador de vapor de la Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza, con lo que se pretende resolver la parte teórica de reacciones de combustión, balances de materia y energía, eficiencia energética de un sistema. Adicionalmente se quiere incentivar en el alumno la medición de parámetros y el análisis de resultados de acuerdo con los valores determinados, Finalmente se muestra los resultados del análisis energético de forma gráfica a través del diagrama de Sankey, y se resalta la aportación energética de cada fluido de trabajo, para la obtención de la eficiencia energética del sistema analizado.

***Palabras clave**: Software educativo, Eficiencia energética, Diagramas de Sankey. Balances de energía*

Abstract

This work presents the development and result of a software for steam generators that use air diesel as a reactive mixture. It is developed in a modular way to carry out a practice in the steam generator of the Faculty of Higher Studies of Zaragoza, which is intended to solve the theoretical part of combustion reactions, material and energy balances, energy efficiency of a system. Additionally, students want to encourage the measurement of parameters and the analysis of results according to the determined values. Finally, the results of the energy analysis are shown graphically through the Sankey diagram, and the energy contribution of each working fluid is highlighted, to determine the energy efficiency of the analyzed system.

***Key words**: Educational software, Energy efficiency, Sankey diagrams. Energy balances*

Introducción

Los generadores de vapor son utilizados ampliamente en la industria, el vapor se produce con diversos fines, como fluido de calentamiento dentro de un proceso, como fluido de trabajo en sistemas de conversión para producción de trabajo o emplearse como medio de limpieza esterilización, entre otras aplicaciones de acuerdo con Annaratone [2008]. Aunado a lo anterior, en la actualidad el ahorro y el uso eficiente de la energía juegan un rol fundamental en los sistemas energéticos, convirtiéndose en un eje estratégico para reducir costos y hacer más competitivas a las empresas. Es importante el correcto funcionamiento de los sistemas de generación de vapor, para garantizar el uso correcto de los recursos disponibles, la operación de los dispositivos encargados de producir el vapor (generadores de vapor- calderas) debe evaluarse periódicamente, la disminución de la eficiencia en estos equipos afectará directamente al consumo de combustible y e incrementará los costos y las emisiones de gases de combustión que se emiten al medio ambiente de acuerdo con Montes [2014].

El control de los parámetros para realizar este proceso de forma adecuada es una preocupación constante en los procesos industriales, la programación de un simulador del generador de vapor de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, tiene la finalidad de ayudar a evaluarse periódicamente el desempeño del equipo, además de la importancia de la vinculación de conocimiento teórico práctico que se exige en la actualidad a los estudiantes de ingeniería, por lo cual es deseable que el alumno de la carrera de ingeniería química tenga contacto y utilice este tipo de herramientas, además del valor agregado de un software que está pensado en el usuario ya que presenta una arquitectura modular para que el alumno pueda deacuerdo al semestre que este

 ISSN 2007-8102

cursando ver algunos temas sin la necesidad de tener un conocimiento completo de cada uno de los módulos que se necesitan para realizar el análisis completo de un generador de vapor. Se incluyen los subsistemas: reacción química propiedades de mezcla, balances de materia y energía, comparativas de combustión real vs combustión recomendada, etc. Debemos mencionar que es prácticamente imposible determinar la eficiencia de un generador de vapor sin realizar la medición de parámetros como temperaturas de entrada de agua y salida, gases de combustión, condensado, presión de vapor, composición de gases de combustión, etc., es por ello por lo que deben realizarse estas mediciones.

Metodología

Actualmente los softwares de generadores de vapor no están pensados para fines académicos por lo cual no describen detalladamente cuales son las condiciones y consideraciones que se han realizado en su programación más aun no se da alguna recomendación sobre los resultados obtenidos. La metodología propuesta partirá de la caracterización del equipo a analizar y dicho software fue validado con equipos de diferentes capacidades (10 BHP a 1000 BHP) por lo cual tiene una aplicación en ese rango de capacidad la capacidad nos indica la producción máxima de toneladas de vapor por cada hora que puede entregar el equipo. pero sirvió para darle seguimiento al equipo de la Planta Piloto de la Carrera de Ingeniería Química de la FES Zaragoza, ya que se desea pretende forme parte de las practicas que se realizan el módulo de energía.

Sistema térmico analizado

El análisis termodinámico del generador de vapor es modelado como aire estándar y gases de combustión con composición variable, adicional a contar con la posibilidad de elección de diésel ligero o pesado lo cual define el poder calorífico, densidad, masa molar, entre otros parámetros. La configuración objeto de estudio es un generador de vapor de vapor saturado, el cual puede trabajar en un rango de presión de (120 kPa a 10,000kPa de presión absoluta).
De acuerdo con la Clasificación de Generadores de Vapor, por el fluido de trabajo se tiene un generador acuatubular, de acuerdo con al tipo de combustible líquido, con transferencia de calor por radiación convección circulación natural, en un rango de presión baja que considera pérdidas de energía a través de sus paredes.

Selección de metodología de análisis.

Para determinar la eficiencia de los GV y calderas, existen dos métodos frecuentemente utilizados reportado por López [2017], ambos métodos tienen el objetivo de cumplir con la normatividad del código ASME PTC 4.1. Por lo cual son los más aceptados, en la Figura 1, se enlistas las ventajas y desventajas de los métodos “Entrada y Salidas” y el método de “Pérdidas” reportado por Clara [2017]

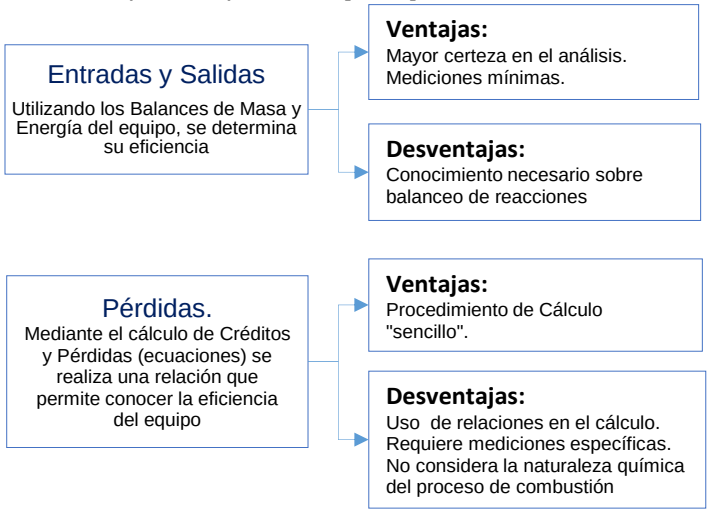


Figura 1. Comparativa de metodologías, para análisis de generadores de vapor

 ISSN 2007-8102

Consideraciones del modelo

Para realizar el modelo siempre se tuvo presente el factor usuario, además de tener presente las limitaciones del equipo de medición (con el que se cuenta en la carrera de ingeniería química) para la obtención de datos, por lo cual con el fin de simplificar los procedimientos de cálculo y balanceo de reacciones químicas se tomaron ciertas consideraciones dentro de las cuales se pueden mencionar:

- El software puede trabajar con cuatro tipos de combustibles (gas natural, gas lp, diésel ligero y pesado).
- El poder calorífico superior se calcula de acuerdo con la composición del combustible.
- El nitrógeno del aire es inerte (el equipo disponible no mide NOx)
- La temperatura ambiente es la de referencia.
- La temperatura de aire de entrada puede ser diferente al ambiente (si existe precalentamiento)
- La temperatura de entrada del combustible se asume a 25 °C y la presión ambiente en un rango de 70 a 101.325 kPa
- La energía del condensado se asume como líquido saturado a la temperatura medida.
- Los flujos de retorno de condensado y purga se debe ingresar como una fracción del flujo de agua de alimentación.
- El análisis Orsat, de los gases de salida de la chimenea considera O_2, CO, CO_2
- Las entalpías se calculan con calores específicos variables en función de la temperatura
- Se considera la programación de los valores de vapor saturado por lo que el modelo es para estas condiciones

Condiciones del generador de vapor de la FES Zaragoza

El equipo de la carrera de ingeniería química es un Generador de vapor marca Clayton con domo externo, flama tipo corazón de capacidad 60 BHP a máxima capacidad, con sistema químico de tratamiento a través de resina catiónica, tanque de condensado de aproximadamente 1000 litros, tanque diésel, compresión de mezcla aire combustible.

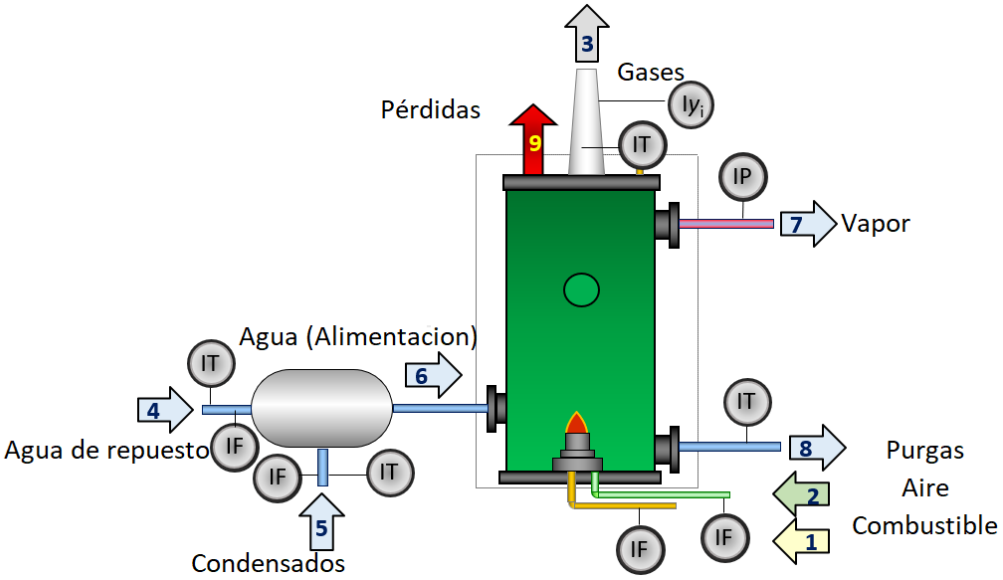


Figura 2. Esquema y parámetros medidos para análisis de generadores de vapor Donde: IT: Temperatura (°C), IP: Presión (kPa), IF: Flujo másico (kg/s), y_i [%]: Fracciones volumétricas.

Metrología requerida.

El método de entradas y salidas presenta de forma explícita los balances de energía de cada uno de los flujos involucrados por lo tanto se decidió desarrollar la herramienta con este método, para lo cual fue necesario realizar las mediciones de manera puntual de acuerdo con los instrumentos que se muestran en la Figura 2.

 ISSN 2007-8102

Básicamente se necesitan flujos temperaturas presiones y composiciones.Para realizar las mediciones de composición se contó con el equipo Bacharach Fyrite inTechH, con el cual se miden el O_2, CO, y CO_2.

Resultados ydiscusión

Programación de la herramienta.

La interfaz del programa permite inicialmente seleccionar primero el tipo de combustible posteriormente se muestra la pantalla de las ventanas para que el usuario ingrese la información de acuerdo con las mediciones realizadas. La Figura 3, ilustra la posibilidad de modificar las composiciones de los gases de acuerdo con el análisis Orsat, el analizador utilizado también tiene la posibilidad de manejar 6 tipos diferentes de combustibles.así como la temperatura de estos.

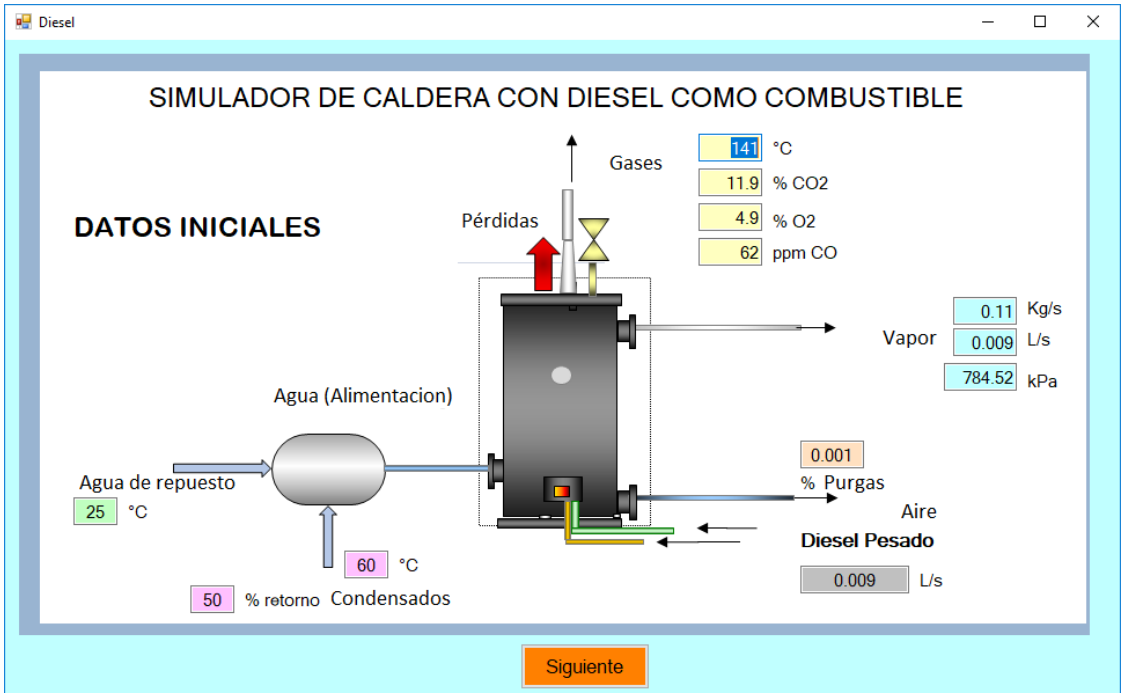


Figura 3. Pantallas de bienvenida y datos de entrada al software.

Balances de masa combustible estequiométrico vs real

Dentro de los datos de entrada, se tiene el flujo volumétrico de diésel con el cual se determina el flujo molar para realiza reacción química del combustible calculada a dos condiciones con aire estequiométrico más el exceso de aire recomendado y con la reacción de combustión real a partir de la medición de las fracciones volumétricas de los gases de combustión, en el caso de el circuito de agua vapor se determinan a través de medición los flujos másicos del sistema.

Balances de energía

El balance de masa se tiene que llevar a cabo paralelamente con las reacciones de combustión con la finalidad de determinar el exceso de aire que se tiene en los gases producto de combustión. En el caso del balance de energía se calculan las entalpías de mezcla para el aire de entrada, así como entalpías de agua y vapor a través de las tablas de vapor.

 ISSN 2007-8102

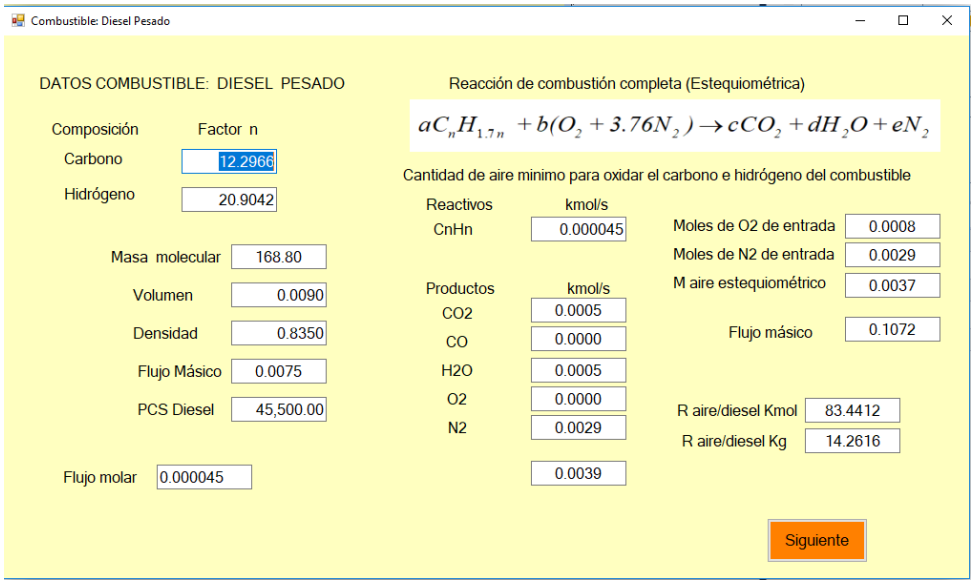


Figura 4. Datos de combustible y flujos molares de gases de combustión

Para los gases de combustión con la siguiente expresión de la entalpía de mezcla [6]:

$$h_{\text{gases comb}} = \sum_{i=1}^{n}[y_i \int_{T_0}^{T_{\text{gases}}} Cp(T)dT] + y_{H_2O}\left[h_{\text{vaporización}} + \int_{T_{\text{ebullición}}}^{T_{\text{gases}}} Cp_{H_2O}(T)dT\right] \quad (1)$$

Con el cálculo de todas las energías de flujos se procede a realizar el balance de energía la ecuación que describe el análisis del equipo es la siguiente ecuación:

$$\dot{E}_{\text{combustible}} + \dot{E}_{\text{aire}} + \dot{E}_{\text{agua}} = \dot{E}_{\text{vapor}} + \dot{E}_{\text{purga}} + \dot{E}_{\text{gases}} + \dot{Q}_{\text{perdido}} \quad (2)$$



Figura 5. Práctica de obtención de composición, aire en exceso, etc., con el equipo Fyrite Intech datos para el Software desarrollado.

 ISSN 2007-8102

Valores por tipos de energía

El software muestra los valores de las potencias de los diferentes tipos de energía, del combustible, de los gases de combustión, del vapor, puede observarse los valores de cada uno de los gases de combustión que considera el software CO_2,O_2, N_2, H_2O Inicialmente se debe trabajar con la base de cálculo molar por la composición volumétrica y la reacción química y finalmente llevarlo a base másica para calcular las propiedades totales al utilizar flujos másicos.

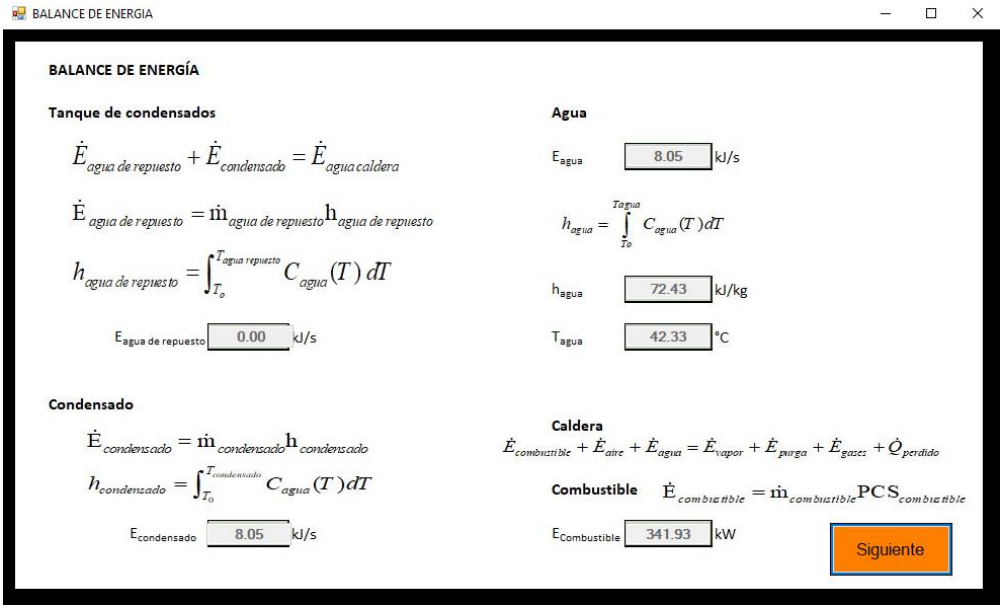


Figura 6.Módulo de energía correspondientes a agua de repuesto, condensado, combustible.

Eficiencia

Para determinar la eficiencia esta se calcula como la relación entre los recursos utilizados y los productos (deseados) obtenidos, la Ecuación 3 se encuentra referenciada al aporte energético del combustible y el contenido energético del vapor conocido como método directo o como método indirecto a través de la suma de pérdidas de energía como vemos en la segunda igualdad.

$$\eta_{GV} = \frac{\dot{E}_{vapor}}{\dot{E}_{combustible}} = 1 - \frac{\dot{E}_{perdidas}}{\dot{E}_{combustible}} \quad (3)$$

Eficiencia del generador de vapor de la FES Zaragoza

La determinación de la cantidad de diésel utilizado en el generador de vapor se realizó a través del seguimiento consumo y tiempos de operación del equipo, se determinó la cantidad de condensado del **50%**al contabilizar la cantidad de flujo de salida de los equipos que utilizan el vapor y la purga se realiza una vez terminada la operación y apagado del equipo, no se considera un flujo continuo durante el análisis. La eficiencia del generador de vapor de la planta piloto se encuentra en un valor de **83.72%,** lo cual representa un valor aceptable dentro de los parámetros que maneja, la cantidad de exceso de aire se encuentra en un rango de **50 a 28%** por lo tanto es un valor arriba del recomendado, por lo cual se puede disminuir el consumo de combustible, además de cuidar la temperatura de gases de salida con un valor máximo de **240°C** y mínimo de **140°C**, para que se aproveche mejor la energía de los gases de combustión.

 ISSN 2007-8102



Figura 7. Tabla de resultados de balances de energía y diagrama de Sankey

Los resultados obtenidos de la simulación se resumen de tal forma que el usuario pueda observar los flujos energéticos y los parámetros operacionales del proceso, tal como se muestra en la Figura 6, Se resalta los valores medidos en el equipo de la FES Zaragoza se utilizó junto con análisis previos en otros equipos que utilizan diésel para validar el modelo de combustible líquido, por cuestiones de espacio no se presentan las pantallas de ayuda ni de mensajes de advertencia cuando el ingreso de los datos no es correcto.

Trabajo a futuro

Tomando en cuenta el uso didáctico de esta herramienta, se pretende un seguimiento sobre equipo de generación de vapor de la FES Zaragoza, con esto contribuir a una mejor formación del alumno que reconozca e interprete las condiciones reales del equipo, además tendrá una visión más crítica del comportamiento de un modelo teórico de cálculo diferenciado al comportamiento real con el software desarrollado, podrá realizar modificaciones de acuerdo a las distintas condiciones de operación, así mismo llegar a una resolución a las problemáticas presentes con el fin de hacer más efectivo la adquisición de conocimiento en la carrera de Ingeniería Química, de manera práctica.

Conclusiones

El desarrollo del software resultó de gran utilidad para realizar el análisis energético de generadores de vapor, presentando los resultados de forma que es fácil realizar los cambios necesarios para operar los equipos de manera adecuada, partiendo de la evaluación de los gases de combustión, cálculo de exceso de aire, etc.

La validación con el generador de vapor de la planta piloto de la FES Zaragoza, fue posible gracias a la medición de los parámetros de flujos y del analizador de gases de combustión, así como la caracterización del generador de vapor. El exceso de aire encontrado por el software fue en un rango de 53.1 a 28.0%, por ello el software nos da la recomendación de disminuir el exceso de aire para un mejor control. Es de resaltar que el software representa la vinculación entre aspectos prácticos y teóricos los cuales dan veracidad a los resultados obtenidos. La cantidad de resultados que se obtienen a partir de las condiciones iniciales y datos suministrados a la herramienta son infinitos, esto dependerá de las condiciones de operación y características propias del combustible.

Desde el punto de vista pedagógico, la enseñanza tradicional apoyada con el uso de un software facilita la visualización del comportamiento de un sistema complejo a medida que sus variables son modificadas, es un recurso didáctico que permite una mayor comprensión y profundización de los temas abordados por el alumno. La participación del docente en la utilización del software es de vital importancia ya que, sin su ayuda en la interpretación de los resultados obtenidos, esta herramienta no sería más que una caja negra la cual podría ser manipulada más no comprendida por el estudiante.

Agradecimientos

Artículo realizado gracias al Programa UNAM-PAPIME **PE109819**

This work was supported by UNAM- PAPIME **PE109819**.

Referencias

1. Annaratone D. (2008). *Steam Generators: Description and Design*. Milan: *Springer-Velarg* Berlin Heidelberg. Montes, M.J., Muñoz, M., & Rovira, A. (2014). *Ingeniería Térmica*. Madrid, España: UNED.
2. López Posada L.M. (2017). *Evaluación de la eficiencia de generadores de vapor-estudio de caso: Ecopetrol S.A.* Pereira, Colombia.
3. Clara, P. L. (2017). *Metodología para el levantamiento de información para determinar la eficiencia térmica de una Caldera* (Tesina). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Clayton. (2017). *Generador de Vapor Serie E*. Marzo 2018, de Clayton de México Sitio web: http://www.clayton.com.mx/generador-de-vapor-serie-e/
5. Zamora-Plata, J.A. (2016). *Prácticas de programación con Visual Basic*. México: Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM
6. Cengel Y. A. (2015). *Termodinámica*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
7. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2011). *Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas – Funcionamiento – Condiciones de Seguridad*. En Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011. México D.F.
8. Fernández D. (2000). Biblioteca sobre *ingeniería energética: Capitulo 26 Diseño de calderas industriales*. Julio 2019, de Fernández Diez Sitio web: http://es.pfernandezdiez.es/libro/?id=15
9. Serrano J. L. (2002*). Conceptos básicos en generadores de vapor, agua y aceite térmico, y reglamentación aplicable*. Madrid España: Grupo Beta.

Modelación de la decianuración con H_2O_2 de aguas residuales en la industria de recubrimientos metálicos

G. Tapia Trejo[1*], M. M. Torres Puente[2], J. Bourgois [3], F. Carrillo Romo[4]

[1] Instituto Politécnico Nacional *CICATA-Altamira. Km 4.5 Carretera Tampico-Pto. Ind. Altamira, 89600 Altamira Tamps. MEXICO*
[2] *DEPARTAMENTO DE QUIMICA: TecNM / ITAtitalaquia, 42970 Atitalaquia Hgo, MEXICO.*
[3] *SEPIT.ENSMSE, 42100 Saint Etienne. FRANCIA.*
[4] Instituto Politécnico Nacional. C.I.I.TEC., Azcapotzalco, Santa Catarina, 02250, Ciudad de México, MEXICO
**gtapia01@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química.*

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de un modelo matemático dinámico útil para predecir la concentración de peróxido de hidrogeno usado para la decianuración en el tratamiento de aguas residuales. El modelo cuantitativo está fundamentado en la teoría físico-química clásica del proceso de decianuración desarrollado y validado sobre Matlab® con datos reales del proceso de decianuración. La herramienta será útil en la toma de decisiones para los ingenieros y operadores del proceso involucrados en el control y la supervisión durante la operación en tiempo real de la decianuración de aguas residuales de la industria de recubrimientos metálicos; mejorando en el proceso las condiciones operativas de: eficiencia, fiabilidad y seguridad.

***Palabras clave**: Modelo dinámico, Peróxido, Decianuración.*

Abstract

This work presents the development of a dynamic mathematical model useful for predicting the concentration of hydrogen peroxide used for the decyanidation in wastewater treatment. The quantitative model based on the physical-chemistry Classical theory of the decyanidation process developed and validated on Matlab® with real data of the process of decianuración. The tool will be useful in decision making for the engineers and operators process involved in the control and supervision during real-time operation of the decyanidation of wastewater in the metal finishing industry; improving in the process the operating conditions: efficiency, reliability and safety.

Key words: dynamic model, peroxide, decyanidation.

Introducción.

Las industrias de recubrimientos metálicos generan una gran cantidad de residuos de alta toxicidad, esta cantidad representa el 95% de los contaminantes generados por esta industria en los últimos años. Los agentes contaminantes son principalmente: metales pesados (Pb^{2+} Al^{3+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, CrIII, CrVI, etc.), compuestos orgánicos (fenoles, alcoholes, compuestos orgánicos cíclicos) y cianuros (NaCN, KCN)

Ante el panorama anterior y un futuro lleno de retos y bajo la presión de los nuevos reglamentos y normas de protección ambiental nacionales e internacionales, las cuales exigen el reconocimiento de la sostenibilidad ecológica como un principio fundamental para guiar todo el sistema legal en lugar de solo la legislación ambiental. [Bosselmann, 2016], por lo cual la industria de recubrimientos metálicos se ha visto en la necesidad de realizar esfuerzos con enfoque multidisciplinario para la innovación de ideas, mantener protegido el medio ambiente y crecer tecnológicamente para persistir en los mercados.

Con estos retos y para controlar los costos de eliminación de desechos, los fabricantes de recubrimientos metálicos se han enfocado en desarrollar e implementar diferentes estrategias y acciones para la reducción de

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

desechos en las instalaciones industriales, para lograrlo se han estableciendo para este fin estrategias de concientización y/o desarrollo tecnológico fáciles de implementar y de bajo costo que permiten disminuir o eliminar la carga toxica en los procesos y en sus descargas residuales tanto solidas como liquidas.

Una primera opción para la reducción de desechos es recuperar materiales del proceso para su reutilización, además, los compuestos tóxicos utilizados en el proceso de recubrimiento de piezas metálicas pueden recuperarse o destruirse utilizando las tecnologías disponibles para optimizar el consumo de materias primas en los procesos de producción [Zhengjian, 2018]. Ejemplo de éxito es el trabajo de Petrinic [Petrinic y col. 2015] en el cual se mostró la viabilidad técnica y económica de la ultrafiltración para eliminar contaminantes disueltos y coloidales, así como para quitar la suciedad de las membranas en proceso de osmosis inversa y así reutilizar el agua tratada de los baños electrolíticos al eliminar hasta un 99% de los contaminantes en suspensión

Si los procesos son optimizados y además agregamos un tratamiento final de las aguas residuales se logrará una recuperación de compuestos que pueden ser valorados para reintroducirse o reutilizarse en otros procesos, logrando con esto ahorros a la industria y cumpliendo con las normas de protección del ambiente. En una planta de tratamiento de aguas residuales tipo para la industria de recubrimiento metálicos, los metales pesados como el Cromo VI se reduce a Cromo III durante la decromatación para su posterior eliminación durante las etapas de neutralización y floculación respectivamente, en tanto los cianuros se eliminan durante la decianuración mediante un proceso de oxidación química [Crini, 2019]. Al final de estas etapas los compuestos metálicos contenidos en los lodos son valorizados como subproductos para ser reutilizados o re-introducidos nuevamente en los procesos de deposición electrolítica.

La figura 1 se muestra esquemáticamente el proceso clásico de tratamiento de las aguas residuales de una industria de recubrimientos metálicos este proceso consta de las etapas de: oxidación de cianuros (decianuración), neutralización de efluentes (control de pH), reducción de cromo (decromatación), floculación, precipitación (hidróxidos de metales), decantación de los efluentes tratados, filtración, el control final del efluente tratado (pH), el tratamiento del lodo (filtrado y secado de lodos).

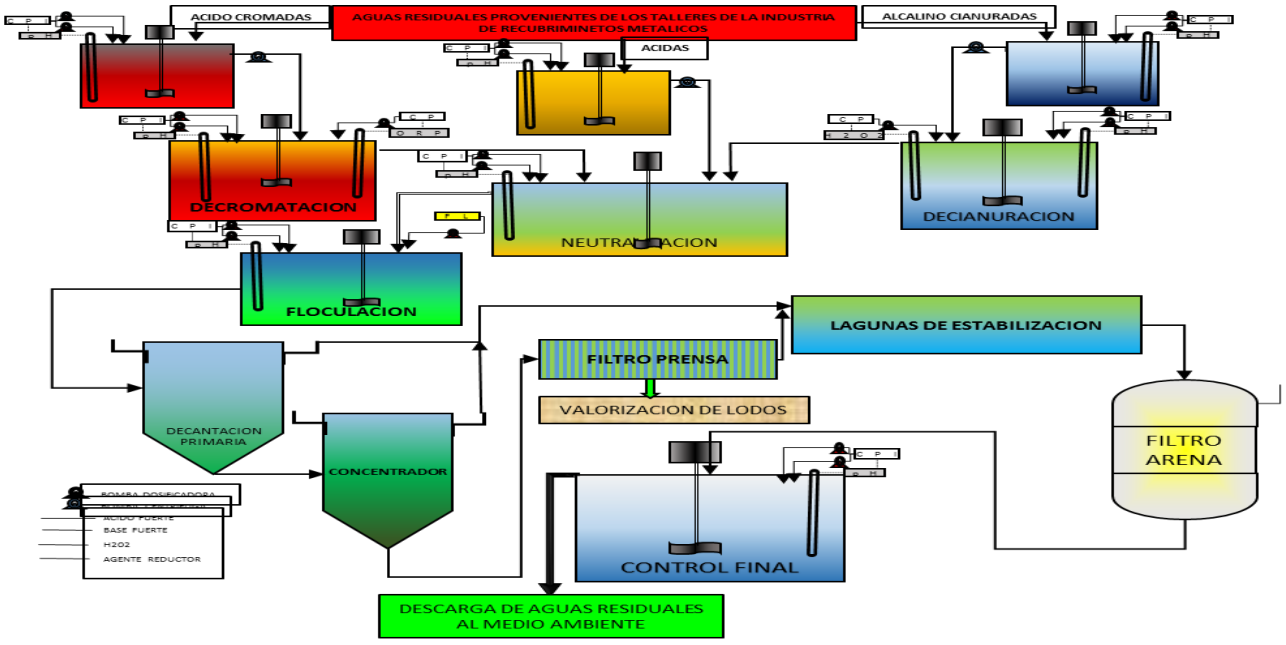


Figura. 1. Proceso clásico de tratamiento de aguas residuales en la industria de recubrimientos metálicos.

En este trabajo se centra en el desarrollo de un modelo matemático de la etapa de decianuración la descripción de esta fase se trata en las siguientes secciones. El modelo tiene como objetivo principal integrase posteriormente en un sistema basado en situaciones reales del proceso de decianuración. Finalmente, en los resultados se visualiza una comparación entre los datos reales y los modelados. Las conclusiones y perspectivas para el proyecto de la aplicación del modelo se mencionan al final.

 ISSN 2007-8102

El modelado de procesos.

Una opción para superar el problema de la simulación de procesos industriales es el desarrollo de herramientas informáticas más precisas que respalden el proceso, esto ha dado como resultado una secuencia de actividades como la generación de modelos matemáticos validados sobre información real sobre una aplicación fácil de utiliza.

Para lograr resultados satisfactorios en el proceso de modelado existe una gran actividad dentro de la investigación con varios grupos que tienen como objetivo principal desarrollar herramientas informáticas con un enfoque multidisciplinario [Klat 2007], sin embargo el problema principal es siempre que se logra un conocimiento detallado del proceso de desarrollo del modelo en la industria por lo general no se cuenta con la colaboración que los ingenieros de modelado razón por lo que la calidad de los modelos no mejora lo suficiente como herramientas de trabajo más avanzadas.

Así para analizar los procesos de trabajo y el desarrollo de modelos se requiere trabajar en un área de investigación que involucre otros campos como la reingeniería y la gestión del flujo de materiales de los procesos, la ingeniería de software o la gestión de la calidad total. Bajo este enfoque de colaboración los trabajos tienen un gran impacto sobre las condiciones operativas y económicas en las empresas e industrias, interviniendo finalmente sobre la calidad de los productos que producen, por ejemplo, los procesos de desarrollo de software han sido analizados por estudios empíricos, donde la principal dificultad encontrada en las investigaciones empíricas exhaustivas y detalladas de modelado es que no están disponibles la información del proceso real, a pesar de la importancia que implica en el proceso de modelado.

Por otro lado, referenciando algunos trabajos de modelado para predecir la calidad del efluente de las lagunas de estabilización en donde ha dado buenos resultados al considerar que en el reactor existe una mezcla total y asimismo se considera la reacción de primer orden son consideraciones que se han utilizado con frecuencia para fines de diseño y modelado. La mayoría de estos modelos empíricos se desarrollaron para predecir la calidad del efluente de las lagunas estabilización para calcula la DBO y la eliminación de coliformes [Kayombo y col., 2002]. Posteriormente bajo este mismo enfoque se desarrollaron algunos modelos ecológicos para predecir el comportamiento de las lagunas de estabilización [Mashauri, 2001]. En el trabajo de Beran fue mas allá de los enfoques tradicionales de modelado ya que desarrolló un modelo que represente razonablemente la dinámica del proceso que se utilizará para estimar la calidad del efluente bajo diferentes condiciones operativas [Beran 2005]. Como podemos concluir todos estos modelos se basaron en los principios de conservación de la materia, la estequiometria de reacción y las leyes de la termodinámica y la cinética de la reacción.

Otro concepto importante para el modelado es la tarea de diagnóstico de fallas la cual consiste en la determinación del tipo de falla con detalles, características como el tamaño de la falla, la ubicación y el momento de la detección. En este trabajo el procedimiento de análisis de falla se basa en los síntomas analíticos y heurísticos observados y el conocimiento heurístico del proceso. Las entradas a un sistema de diagnóstico de fallas basado en el conocimiento son todos los síntomas disponibles como hechos y el conocimiento relevante de la falla sobre el proceso, principalmente en forma heurística. Los síntomas pueden presentarse simplemente como valores binarios [0,1] o como, conjuntos difusos para tener en cuenta los tamaños graduales (Figura 2).

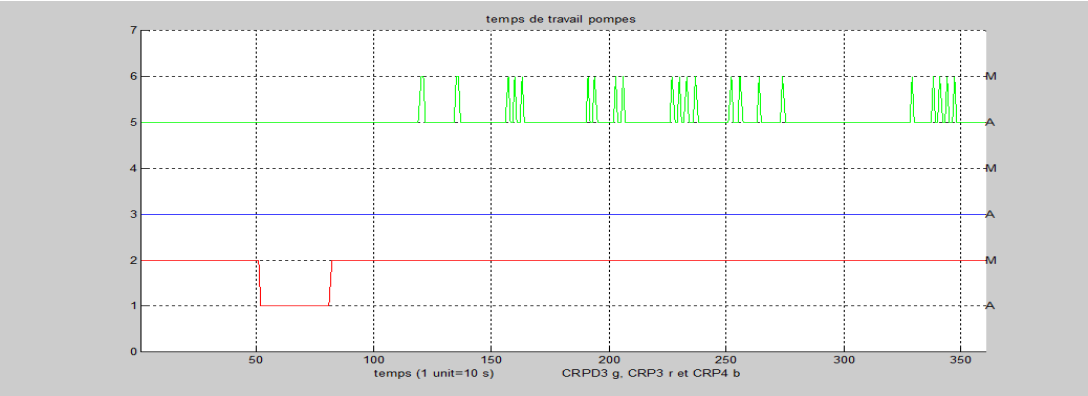


Figura 2. Tiempo de trabajo de los equipos en la planta de tratamiento de aguas residuales.

 ISSN 2007-8102

Metodología.

Para cumplir con el objetivo planteado en el trabajo y de esta manera contribuir al conocimiento y optimización del proceso real de decianuración se siguió la metodología marcada en la figura 3. En los siguientes párrafos se describirá cada una de las etapas de la metodología.

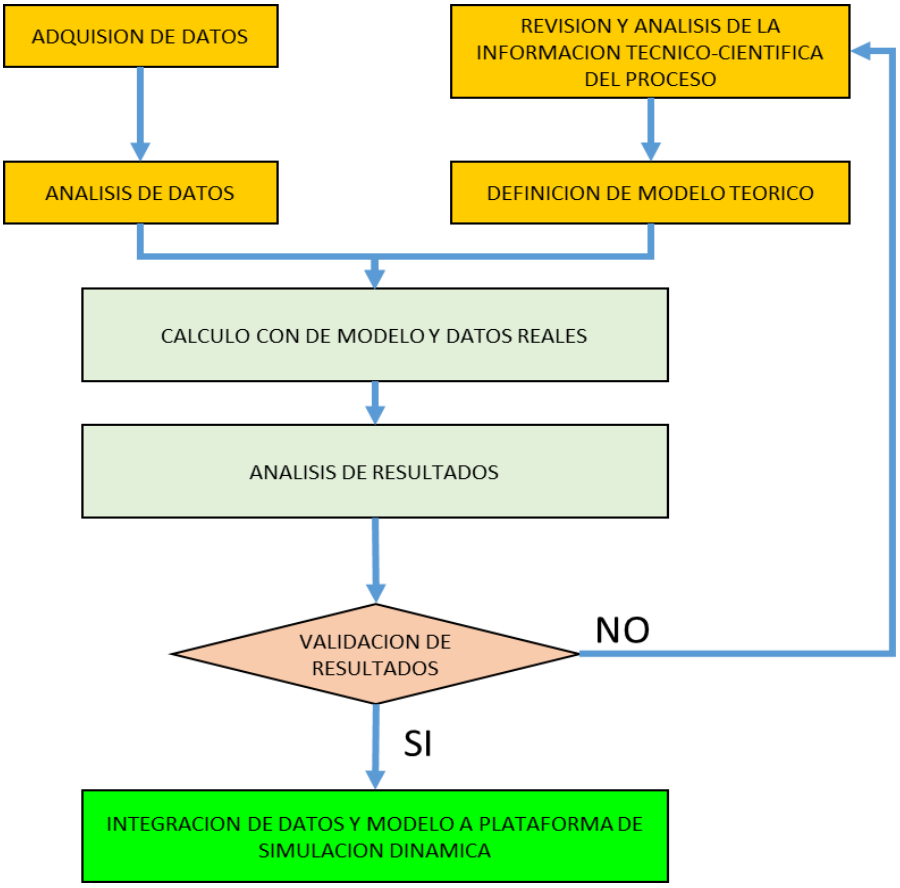


Figura 3 Diagrama de flujo para la definición del modelo.

Adquisión de datos de datos.
Todos los datos recopilados durante estancias de trabajo y observación del proceso se registraron para su recuperación y posterior utilización en las etapas del proceso de modelado. El sistema SCADA facilita esta etapa y permite una crear una gran base de datos. Este sistema de monitoreo y control permite visualizar posteriormente diferentes situaciones y sobre todo permite el uso de esta información en un ambiente más accesible para su fácil análisis. La adquisión de datos del proceso varió en promedio entre un registro cada 30 s hasta una cada 10s los sistemas actuales pueden generar registros hasta cada 10 milésimas de s. bajo este hecho se tiene que cada variable generó en 720-120 registros por hora. Esta etapa es enriquecida por la adquisión del conocimiento y experiencias en tiempo real del control y supervisión de las variables del proceso.

Análisis de datos.
El análisis de datos es un trabajo fundamental para definir el sistema aquí se descarta la información que no será útil para el trabajo y se selecciona aquellas que aportan un panorama real sobre cómo está comportándose el sistema: sus rangos de trabajo, tiempos de operación de equipos, y sobre todo las desviaciones reales de las variables de control del sistema. Así también se inicia el proceso de identificación de los parámetro y variables que participan en el proceso de decianuración útiles para la definición del modelo, se debe agregar a este análisis información que no se registra del sistema SCADA y que se realiza de manera periódica en el laboratorio químico para tomar decisiones sobre el control del proceso.

 ISSN 2007-8102

Revisión y análisis de la información técnico-científica de proceso de decianuración.

El desecho de cianuro se encuentra predominantemente en los efluentes industriales generados por el acabado de metales y las operaciones metalúrgicas. La toxicidad del cianuro crea problemas ambientales graves. Los cianuros utilizados en las industrias de tratamiento superficial, como los cianuros de sodio y potasio, han sido un componente clave de las soluciones electrolíticas por muchos años, particularmente en el recubrimiento de cobre, zinc y otros metales. El cianuro es un excelente agente complejante y tiene una gran tolerancia a las impurezas y variaciones en las composiciones de baño electrolítico [NEWMOA, 1999]. Sin embargo, la formación del ácido cianhídrico que es un gas incoloro con un olor débil a almendras amargas y que es altamente toxico y mortal está presente siempre en pH ácido.

El tratamiento actual para la eliminación de cianuro involucra la conversión de las especies de cianuro libres en cianatos que es una especie de menor toxicidad o incluso en nitrógeno y dióxido de carbono. Una de las principales formas de decianuración es la oxidación química con, hipoclorito de sodio (NaClO) o peróxido de hidrógeno (H_2O_2). En esta etapa, los cianuros se transforman en especies menos tóxicas y / o se destruyen total o parcialmente por oxidación.

La oxidación de CN^- es vital para cumplir con los estándares ambientales (máximo 0.1 mg / l) y, sobre todo, para evitar riesgos en la salud del personal y el medio ambiente, por la posible generación de compuestos complejos de cianuro altamente tóxicos. Para cumplir esta misión los peróxidos son ampliamente utilizados en todas las industrias al ser un tratamiento seguro y efectivo para la destrucción y control del cianuro en procesos y aguas residuales [Roques, 1990], considerando que bajo condiciones alcalinas, el cianuro se oxida eficientemente para formar cianato, que es un compuesto de menor toxicidad. Por ejemplo, con peróxido de hidrógeno:

$$CN^- + H_2O_2 \rightarrow CNO^- + H_2O \quad (1)$$

El cianato formado durante la oxidación del cianuro posteriormente se hidroliza para formar carbonato y amoníaco [Roques 1990].

$$CNO^- + 2H_2O \rightarrow CO_2 + NH_3 + OH^- \quad (2)$$
$$CNO^- + H_2O + OH^- \rightarrow CO_3^{=} + NH_3 \quad (3)$$

Las aguas residuales tratadas con peróxido generalmente se pueden descargar de manera segura después de la eliminación de amoníaco si es necesario, por ej. a través de recuperación de amoníaco o nitrificación biológica. Para el tratamiento de residuos de cianuro concentrado y aguas de proceso, el peróxido de hidrógeno es un oxidante muy eficiente, al reducir los niveles de cianuro de varios miles de ppm a menos de 1 ppm.

El tiempo de eliminación de cianuro con peróxido de hidrógeno varía de horas a minutos dependiendo de la naturaleza del cianuro (ya sea complejo o libre), las condiciones de tratamiento pH (Figura 4) y la presencia de otros componentes en las aguas residuales. En la mayoría de los casos, las velocidades de reacción y el grado de eliminación de cianuro pueden mejorarse mediante la adición de catalizadores metálicos solubles, por ejemplo. Cobre metálico [Henry, 1971]. El Cu^{2+} forma un complejo con ion de cianuro, es decir, tetra-cianocuprato ($Cu_2(CN)_4$) que tiene una mayor afinidad por H_2O_2. La hidrólisis de cianato también se ve favorecida por los iones de cobre al formar el siguiente complejo con hierro ($Cu_2Fe(CN)_6$) [Mudder y col.,2001].

. A medida que se incrementó la concentración de iones de Cu^{2+}, también aumentó la tasa de degradación (Figura 4). Otros trabajos donde además se usa luz UV en la oxidación con H_2O_2 en presencia de Cu^{2+} resultó ser un sistema óptimo para la degradación de cianuro. CN^- (100 mg / l) a un nivel no detectable en 9 minutos a pH 10,0 con una dosis óptima de H_2O_2 de 35.5 mM y una dosis de Cu^{2+} de 19 mg / l. Sarla después de analizar una serie de trabajos confirmo que la cinética de reacción de la oxidación de cianuro es de pseudo primer orden [Sarla, 2004].

 ISSN 2007-8102

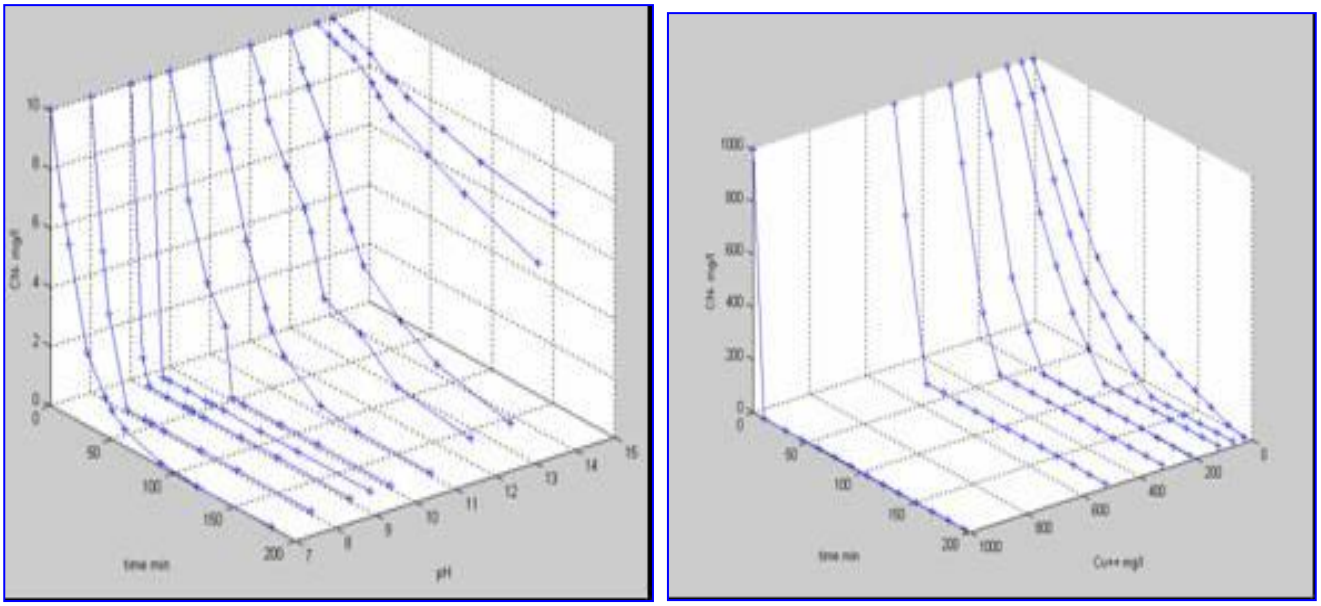


Figura 4. Influencia del pH y Cu^{2+} sobre la velocidad de decianuración [Henry, 1971].

Definición del modelo teórico

La aplicación de este trabajo se refiere a un sistema, en la que las aguas residuales se recogen primero por flujo gravitacional en dos cuencas tampón separadas: ácido (generalmente a pH 2 - 3) y cianuro alcalino (generalmente a pH 11 - 12). El agua residual alcalino-cianurada se bombea primero al reactor de decianuración, donde los cianuros se eliminan con H2O2 a pH ~ 9.5, el ajuste del pH se realiza mediante inyección de un acido débil, que se mantiene el pH en un rango entre 9.3 - 9.5, que es la zona óptima para la oxidación con H_2O_2.

Después de realizar el análisis de la información disponible se tienen como hipótesis fundamentales para definir el modelo las siguientes consideraciones:
a) Mezcla perfecta y homogénea
b) reacción instantánea basada en la cinética de la reacción.
c) balance de masa de H_2O_2 en la reacción del CN- y el de H_2O_2 como reactivo de oxidación. Está determinado por la ecuación general de conservación de la masa:

Conc. Entrada H_2O_2 = conc. reaccionado H_2O_2 + conc. salida. H_2O_2 (4)

Este modelo funciona bajo la aproximación de una secuencia de cálculos de un sistema batch con variación en el tiempo. Los valores de concentración de H_2O_2 se pueden calcular, por lo tanto:

$$[H_2O_2]_f = \left(\frac{V_o * [H_2O_2]_o + V_a * [H_2O_2]_a - V_r * [H_2O_2]_r}{V_o + V_a}\right) \quad (5)$$

Dónde: V_o y $[H_2O_2]_o$ son el volumen de reactor y la concentración de peróxido iniciales, V_a y $[H_2O_2]_a$ el volumen y concentración peróxido adicionados y V_r y $[H_2O_2]_r$ el volumen y concentración de peróxido que reaccionaron respectivamente en el reactor. Este balance es aplicable en el primer instante de contacto en el reactor batch y los siguientes valores están determinados por:

$$[H_2O_2]_i = \frac{V_{o(i-1)} * [H_2O_2]_{o(i-1)} + dV_{ai} * [H_2O_2]_{ai} + dV_{ri} * [H_2O_2]_{r_i} - dV_{di} * [H_2O_2]_{di})}{V_{o(i-1)} + dV_{ai} + dV_{ri} - dV_d} \quad (6)$$

Los términos "i" y "i-1" indican los ciclos del estado actual y anterior del sistema y dV_d y $[H_2O_2]_d$ son el volumen y la concentración de H_2O_2 que fueron desplazados del sistema durante un periodo de tiempo, en tanto que dV_r y $[H_2O_2]_r$ son el volumen adicionado y la concentración de peróxido que reacciona con el cianuro y dV_a y $[H_2O_2]_a$ es

 ISSN 2007-8102

el volumen adicionado y la concentración de peróxido dosificado. Para el sistema dinámico donde el dV_d es igual dV_a mas el dV_R por tratarse de un sistema continuo con un nivel constante debido al escurrimiento de liquidos desplazados, por lo tanto, la ecuación anterior toma la forma:

$$[H_2O_2]_i = \frac{V_o*[H_2O_2]_{o(i-1)} + dV_{ai}*[H_2O_2]_{ai} + dV_{ri}*[H_2O_2]_{r_i} - dV_{di}*[H_2O_2]_{di}}{V_o} \quad (7)$$

Este modelo permite la simulación y predicción de los valores de H_2O_2 en el reactor. Sin embargo, para poder hacer la comparación es necesario estudiar e identificar todas las variables del sistema, el resultado del análisis del sistema muestra las siguientes variables como los principales: los flujos de las soluciones, las concentraciones de reactivos, el tiempo de residencia de los efluentes dentro del reactor, pH de soluciones y concentración de Cu^{2+}. La concentración reaccionada $(H_2O_2)_r$ está determinada por la eficacia de la reacción de oxidación de cianuro con peróxido, este factor es función del tiempo de residencia, relación peróxido-cianuro, concentración iónica de cobre y pH.

Resultados y discusión.

Esta sección permitirá validar las etapas calculo y análisis de resultados de la metodología del trabajo, en este apartado el proceso de modelado se ejecutó sobre una plataforma informática particular al considerarse un punto de partida esencial para cubrir todo el proceso durante el ciclo de vida de la aplicación. Este hecho también cubriría las posibles limitaciones y extensiones que se hacen durante la inicialización de un modelo. Para cubrir esta necesidad Matlab se presenta como la plataforma de desarrollo del modelo ya que es un lenguaje de computación técnica de alto nivel con un entorno interactivo para desarrollo de algoritmos, visualización de datos, análisis de datos y cálculo numérico.

Las variaciones de + - 0.1 en pH no implican riesgos de generación de especies peligrosas para el medio ambiente o el personal. Los datos reales y modelados del proceso se muestran en la Fig. 5. Las alimentaciones de reactivos y soluciones deben sincronizarse, es decir, tan pronto como la bomba de alimentación de solución alcalina inicie las bombas de alimentación de H_2O_2 se activan de acuerdo a las demandas de los sistemas de control.

Las diferencias pueden ser causadas por la sensibilidad del equipo por lo que el proceso de supervisión debe estar en constante monitoreo y mantenimiento sobre estos para validar los datos sobre los diferentes procesos en la planta de operación.

Las diferencias entre los datos reales y modelados muestran que son convincentes, pero su aplicación se limita a la disposición de la señal de datos para el proceso, la limitación de los datos cargados en el proceso y las limitaciones de la tecnología para monitorear la concentración de cianuro.

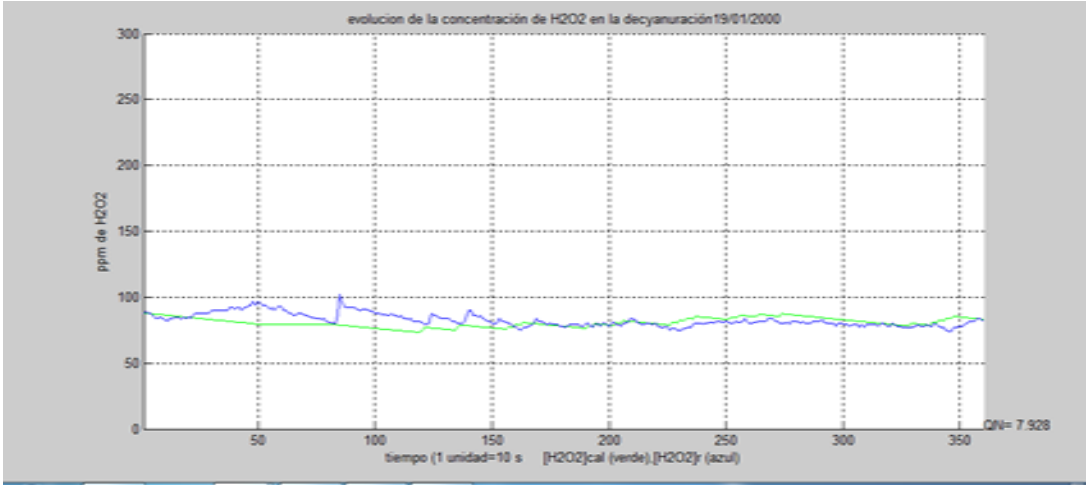


Figura 5 Comparación entre los datos reales y modelados de H2O2 de evolución.

Conclusiones

El modelo desarrollado como una herramienta integrada permitirá el desarrollo de un sistema basado en el conocimiento en tiempo real para la administración del proceso, las tomas de decisiones de soporte, el control y la operación de la planta de tratamiento. Uno de los objetivos primordiales es anticipar una solución de fallas en la operación y el control de la planta. Las ventajas económicas de la simulación serán que se pueden simular y analizar diferentes estrategias a priori, por ejemplo, con respecto al uso eficiente de reactivos para reducir los costos de operación al tener un panorama integro de los criterios y las posibles estrategias que facilitarían la toma de decisiones. Existe un incentivo para integrar el modelo con datos reales del proceso ya que esto permite al modelador utilizar el conocimiento del proceso y los datos del proceso informativo de manera eficiente. Para solventar esta problemática se desarrollan métodos y herramientas para el manejo de datos, el análisis en tiempo real, el filtrado de datos, la estimación de parámetros y la discriminación de la estructura del modelo se cubren dando excelentes resultados.

Trabajo a futuro.

En la actualidad, el modelo está adaptado para la etapa de decianuración aplicada a la industria del acabado de metales. Los desarrollos futuros determinarán si son aplicables a otras industrias y procesos, con la presencia de otros reactivos químicos. La aplicación de esta herramienta de simulación es el elemento principal del sistema de base de conocimiento futuro porque tiene numerosas aplicaciones en los problemas educativos e industriales por ejemplo en este trabajo las aplicaciones son útiles para las personas de supervisión, control y soporte de toma decisiones en situaciones de falla o disturbios del sistema de control.

Agradecimientos.

Los autores agradecen el apoyo de: Instituto Politécnico Nacional *CICATA-Altamira y SEPIT.ENSMSE para realizar este trabajo.*

Referencias bibliográficas.

1. Beran Bora, Kargi Fikret. (2005) A dynamic mathematical model for wastewater stabilization ponds. *Ecological Modelling* 181 (2005) 39–57.
2. Bosselamn Klaus (2016) The Principle of Sustainability Transforming law and governance. 2a edition. Ed. Taylor Francis London 272 p.
3. Crini G., Lichtfouse E. (2019) Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environmental Chemistry Letters*, Springer Verlag, 2019, 17 (1), pp.145-155.
4. Henry C., Boegling J. C. (1971) Progress apportés par le procédé de décyanuration aux produits peroxidés: theories et pratiques d´epuration des eaux residuaries contenant des composes cyanurés issues de l´industrie minales et organique. Centre Belge d´Etude et Documentation des Eaux. No. 331-332 juin-juillet 1971 pp 282-294
5. Kayombo S., Mbwette T.S.A., Mayo, A.W., Katima, J.H.Y., Jørgensen, S.E. (2002). Diurnal cycles of variation of physical–chemical parameters in waste stabilization ponds. *Ecol. Eng*. 18, 287–291.
6. Klat Karsten-Ulrich, Marquardt Wolfgang (2007) Perspectives for process systems engineering a personal view from academia and industry. *Computer Aided Chemical Engineering* Volume 24, 2007, pp 19-32
7. Mudder, T. (Ed.), 2001. The Cyanide Guide (Mining Environmental Management, special issue). *The Mining Journal*, London, England. 45 pp.
8. NEWMOA (Northeast Waste Management Officials' Association) (1999), Pollution Prevention for the Metal Finishing Industry. A Manual for Technical Assistance Providers The Illinois Waste Management and Research. Center (WMRC) Illinois USA.
9. Petrinic I., Korenak J, Povodnik D., Hélix-Nielsen C. (2015) A feasibility study of ultrafiltration/reverse osmosis (UF/RO)-based wastewater treatment and reuse in the metal finishing industry. *Journal of Cleaner Production* Volume 101, 15 August 2015, pp 292-300
10. Roques H. (1990) Fondements théoriques du traitement chimique des eaux. Vol. II. Ed. Lavoiser. Paris.
11. Sarla M., Pandit M., Tyagi D.K. and Kapoor J.C.. Oxidation of cyanide in aqueous solution by chemical and photochemical process. *Journal of Hazardous Materials* Volume 116, Issues 1-2 , 10 December 2004, Pages 49-56
12. Zhengjian Yang, Amir Mohaghegh Motlagh, (2018), Electronics and Metal Finishing Processing. *Water Environment Research*, Volume 90, Number 10 pp 1620-1633.

Construcción y caracterización de un intercambiador de calor prototipo para fines educativos

M. L. Delgadillo Torres[1], V. Benítez Zamorano[1], M. Bárcenas Castañeda[1], M. A. Vaca Hernández[1]
[1]División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, Valle de Anáhuac, C. P. 55210, Ecatepec, Edo. De México
**luzma8280@yahoo.com.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Los intercambiadores de calor tienen una amplia aplicación en los procesos de transformación, siendo un dispositivo clave para el adecuado desarrollo de diversas operaciones. Existen intercambiadores de calor construidos a partir de diversos materiales y diseños para cumplir con las especificaciones de intercambio térmico de cada proceso en particular. Actualmente, se buscan alternativas para mejorar la operación de dichos equipos a partir de utilizar materiales de bajo costo y características amigables con el ambiente. Con base en lo anterior, en el presente trabajo se diseñó y construyó un prototipo de intercambiador de tanque utilizando hojalata (material de reciclaje) para fines educativos. Se caracterizó el dispositivo a partir de un modelo matemático. Se demostró que el prototipo representa una posible alternativa de intercambio térmico para operaciones de fluidos no corrosivos a pequeña escala.

***Palabras clave**: Intercambiador de calor, transferencia de calor, modelación.*

Abstract

Heat exchangers have a wide application in transformation processes, they are a key device for a right development of various operations. There are heat exchangers built from various materials and designs to satisfy the thermal exchange specifications of each particular process. Currently, alternatives are sought to improve the operation of heat exchangers from using low-cost materials and environmentally friendly features. Therefore, in this work a prototype heat exchanger (kind jacketed tank) was designed and constructed using tinplate (recycling material) for educational purposes. The device was characterized from a mathematical model. It was shown that the prototype represents a possible alternative of thermal exchange for small-scale non-corrosive fluid operations.

***Key words**: Heat exchanger, heat transfer, modeling.*

Introducción

Los intercambiadores de calor son un componente primordial en una gran variedad de sistemas que intercambian energía. El uso de intercambiadores de calor como sistemas térmicos, tiene una gran aplicación en diferentes procesos (en forma de condensadores, evaporadores, tanques de almacenamiento para control de temperatura, entre otros). La transferencia de calor tiene como base el flujo del mismo de un sistema a mayor temperatura hacia otro con una menor temperatura, es decir, para que exista una transferencia es necesario que dos sistemas que se encuentran en contacto posean una temperatura diferente.

Los intercambiadores de calor son dispositivos que se han utilizado desde hace décadas en los procesos de transformación (químicos, bioquímicos, alimenticios, mecánicos, etc.) para desarrollar operaciones que involucran cambios de energía térmica [Cruz y Canterle, 2016; Alvis y col., 2010; Tirado y col., 2014; Córdoba y Fuentes, 2016]. Debido a lo anterior, se han desarrollado diferentes tipos de dispositivos de acuerdo a las necesidades de cada proceso, dentro de los cuales cabe destacar los de tipo tanque, de tubos y coraza, de platos, entre otros.

Actualmente los procesos de transformación han evolucionado y con ellos las necesidades de intercambio térmico, por lo que se han desarrollado diversos estudios para describir, caracterizar [Torres y col., 2011],

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

modelar [Cordoba y col. , 2016] y mejorar diseños de intercambiadores de calor [Picón y col., 2003; Montesinos, 2009].

Por ejemplo, Amer y col. [2019] construyeron y caracterizaron un intercambiador de calor utilizando materiales plásticos para aplicaciones de deshumidificación. Por otra parte, Lin y col. [2019] realizaron un estudio numérico de las propiedades térmicas de los materiales de construcción y los parámetros geométricos de un intercambiador de calor para su aplicación como dispositivo de almacenamiento de energía térmica. Enfocados hacia la caracterización, Torres y col. [2011] efectuaron una investigación en un intercambiador de calor de placas, con el objetivo de determinar los coeficientes de transferencia y la influencia de las incrustaciones en la pérdida de eficiencia de la instalación; mediante un procedimiento iterativo computacional se determinó la ecuación del número de Nusselt y su dependencia con el Reynolds y Prandtl, para ello se utilizó un diseño experimental multifactorial y mediciones de los parámetros de trabajo de la instalación en función del tiempo.

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se fabricó un intercambiador de calor de tipo tanque usando material reciclado de hojalata. El dispositivo se diseñó para controlar la temperatura de su contenido interno, a través de una chaqueta al recipiente interior. Este tipo de intercambiadores tienen un amplio uso en ingeniería química e industrias de transformación en general (industria de adhesivos, productos cosméticos, fermentación, procesamiento de alimentos, procesamiento de alimentos para mascotas, petroquímica, farmacéutica, entre otras), en particular aquellas que requieren de operaciones por lotes o controlar un solo bloque de proceso. Además, se desarrolló un modelado a partir de los datos experimentales para obtener los coeficientes globales de transferencia de calor y caracterizar así el intercambio térmico en el dispositivo construido.

Metodología

I. Diseño y construcción del intercambiador de calor

Se construyó un intercambiador de calor de tipo tanque utilizando materiales reciclados de hojalata, debido a su ligereza, resistencia, dureza, maleabilidad y capacidad para transferir calor (alta rapidez de enfriamiento). La hojalata es una lámina muy delgada de acero recubierta de una capa microscópica de estaño que tiene propiedades anticorrosivas y asegura la inocuidad de elementos con que se encuentra en contacto.

La Figura 1 muestra detalles del diseño del intercambiador de calor construido. El dispositivo está constituido por un tanque interno de hojalata (ver Figura 1a), con un diámetro $D_i = 12.6\ cm$ (ver Figura 1b) y altura $h_{TI} = 14.6\ cm$. Este tanque interno está acoplado a una chaqueta de calentamiento /enfriamiento con espesor $E = D_E - D_I = 2.978\ cm$ (Figura 1b) y altura $h_{TE} = 19.2\ cm$, la cual recubre completamente al tanque interno (ver Figura 1c y Figura 1d). A través de la chaqueta circula un fluido de calentamiento o enfriamiento.

El fluido de calentamiento / enfriamiento ingresa a la chaqueta por un tubo inferior de diámetro interior $D_{F,I} = 0.872\ cm$ (ver Figura 1a) y sale por el tubo superior de diámetro interno $D_{S,I} = 0.872\ cm$ (ver Figura 1a). La ubicación de entrada y salida del fluido de calentamiento/enfriamiento se diseñó para asegurar que la chaqueta (depósito exterior) se llene con el fluido. El intercambiador de calor cuenta con una tapa (Figura 1a, 1b), la cual disminuye la transferencia de calor hacia los alrededores, cuando un fluido caliente llene el tanque interno. La tapa se adaptó para colocar instrumentos de medición de temperatura, con un orifico central de diámetro $D_T = 0.671\ cm$ para colocar termómetro, cuya función es medir la temperatura en el seno del fluido del contenido en el tanque interno. Además, dos orificios de diámetro $D_O = 0.256\ cm$ para colocar termopares que monitorean la temperatura del fluido que circula por la chaqueta de calentamiento/enfriamiento (ver Figura 1b). La chaqueta se encuentra perfectamente acoplada al tanque interno por la parte superior con un material no conductor, con una separación (E).

El intercambiador de calor a cuenta con un regulador de flujo de enfriamiento e instrumentos de medición, como se puede apreciar en la Figura 2.

 ISSN 2007-8102

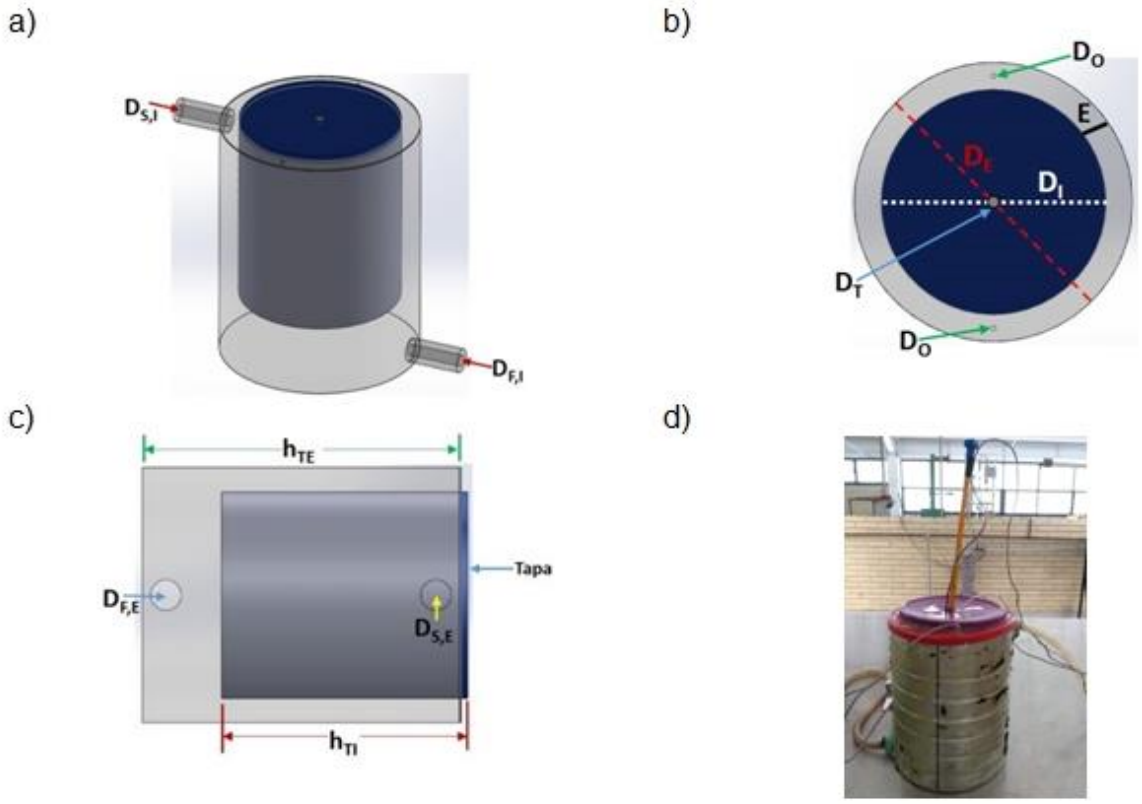


Figura 1. a) Vista lateral del intercambiador de calor tipo tanque. b) Vista superior del intercambiador de calor tipo tanque. c) Corte lateral del intercambiador de calor tipo tanque. d) Imagen del intercambiador de calor.

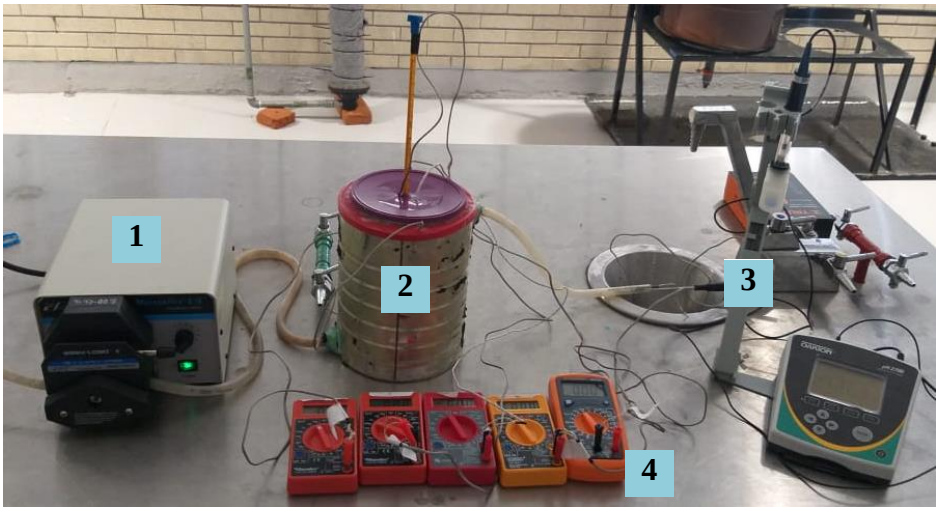


Figura 2. Intercambiador de calor instrumentado.

El regulador de flujo de enfriamiento está compuesto por una bomba peristáltica MasterFlex L/S modelo 77-200-50 de oclusión fija, velocidad máxima 600 rpm (Figura 2, etiqueta 1). Se utilizó, como instrumento de medición, un potenciómetro Oakton modelo 2700 para medir temperatura y pH de fluido de enfriamiento /calentamiento. El

instrumento mide temperatura en un intervalo de 0 a 100 °C con resolución de 0.1 °C y exactitud de ±0.3 °C (ver Figura 2, etiqueta 3). Se instrumentó el intercambiador de calor con termopares tipo J debido a su amplio intervalo de temperatura (0°C – 750 °C) con un error aproximadamente de 2.2%, acoplados a multímetros con precisión de ±0.01. Se utilizaron termómetros de intervalo de medición de -20°C a 240 °C.

II. Modelado del intercambiador de calor

El dispositivo mostrado en la Figura 2 opera en estado transitorio con un volumen constante de fluido caliente (tanque interno fijo) y un flujo continuo de fluido de enfriamiento a través de la chaqueta. El intercambiador de calor de calor no posee aislamiento en la parte exterior, por lo tanto, en la modelación se considera la perdida de calor con los alrededores (aire ambiente) de ambos fluidos. El modelo considera que el fluido contenido en el tanque y el que fluye en la chaqueta están bien mezclado y se ignoran las capacitancias térmicas de las paredes del tanque y de la chaqueta [Luyben, 1990; Seborg y col., 2011].

El flujo de calor transferido de un fluido a otro a través de una superficie puede expresarse mediante la ecuación (1), con frecuencia llamada ley de enfriamiento de Newton [Córdoba y Fuentes, 2016; Bergman y col., 2011; Cruz y Canterle, 2016; Tirado y col., 2014]

$$Q = U\,A\,\Delta T \tag{1}$$

En la ecuación (1) Q es el flujo de calor transferido (J/s), A es la superficie de transferencia de calor (m2), U es el coeficiente global de transferencia (W/m^2 K) y ΔT es la diferencia de temperatura entre los fluidos (K o °C).

Para el fluido dentro del tanque del intercambiador de calor el balance transitorio de energía se expresa por la ecuación

$$M_c C_c \frac{dT_c}{dt} = -U_{cf} A_{cf}\left(T_c - T_f\right) - U_{ca} A_{ca}(T_c - T_a) \tag{2}$$

donde M_C, C_c y T_c son la masa (kg), el calor específico medio (J/kg K), y la temperatura del fluido dentro del tanque(K o °C), respectivamente. T_f es la temperatura del fluido que fluye por la chaqueta (K o °C), T_a es la temperatura del aire en el ambiente (K o °C). Las superficies y los coeficientes globales de transferencia de calor entre el fluido caliente y el fluido frío son A_{cf} y U_{cf}; los valores correspondientes entre el fluido caliente y el aire son A_{ca} y U_{ca}, respectivamente.

El balance transitorio de energía para el fluido frío es

$$M_f C_f \frac{dT_f}{dt} = \breve{M}_f C_f\left(T_{f,e} - T_f\right) + U_{cf} A_{cf}\left(T_c - T_f\right) - U_{fa} A_{fa}\left(T_f - T_a\right) \tag{3}$$

donde M_f, C_f y T_f son la masa, el calor específico medio, y la temperatura del fluido en la chaqueta, respectivamente. $T_{f,e}$ es la temperatura del fluido que entra a la chaqueta, con una velocidad de flujo másico $\breve{M}_f$. La superficie y el coeficiente global de transferencia de calor entre el fluido frío y el aire son A_{fa} y U_{fa}.

Con excepción de los coeficientes globales, todas las variables de ecuaciones diferenciales (1) y (2) son conocidas. A partir de la información experimental $T_c(t), T_f(t), T_{f,e}, T_a$ y mediante el uso de métodos de análisis de regresión no lineal y técnicas de optimización se obtuvieron los coeficientes globales de transferencia de calor [Constantinides y Mostoufi, 1999; Kaisare, 2018]. Los pasos principales del procedimiento son:

1. Se asignan valores iniciales a los coeficientes globales.
2. Se integran las ecuaciones diferenciales ordinarias (2) y (3) mediante métodos de Runge-Kutta adaptivos para obtener temperaturas calculadas de ambos fluidos, ${T_{c,i}}^{calc}$ y ${T_{f,i}}^{calc}$ para los N puntos experimentales disponibles, es decir, $i = 1, N$.
3. Se determinan las diferencias de temperatura ${T_{c,i}}^{calc} - {T_{c,i}}^{exp}$ y ${T_{f,i}}^{calc} - {T_{f,i}}^{exp}$.

 ISSN 2007-8102

4. Se determina la función objetivo

$$f_{obj} = \sum_{i=1}^{i=N} \left({T_{c,i}}^{calc} - {T_{c,i}}^{exp}\right)^2 + \left({T_{f,i}}^{calc} - {T_{f,i}}^{exp}\right)^2 \quad (4)$$

5. Si la función objetivo no ha alcanzado su valor mínimo, se generan nuevos valores de los coeficientes globales mediante un método de optimización, como el de descenso más pronunciado, Gauss-Newton, el de gradiente conjugado o Levenberg-Marquardt [Constantinides y Mostoufi, 1999], y se continua en el paso 2. Las derivadas de la función objetivo requeridas se determinan numéricamente.

Las condiciones iniciales de temperatura también fueron ajustadas a fin de representar adecuadamente el cambio abrupto de temperaturas al comienzo del experimento.

Resultados y discusión

El estudio del comportamiento térmico del intercambiador de calor construido se realizó a través del análisis experimental y modelado de cuatro casos. Para todos los casos estudio se hizo circular agua a temperatura ambiente por la chaqueta (ver Figura 2) como fluido de enfriamiento. En el tiempo igual a cero, se agregó tan rápidamente como fue posible cierto volumen de agua, V_C, en el tanque interno (Figura 1, inciso a y b), a temperatura cercana al punto de ebullición a presión atmosférica de 78 kPa. Se midió la temperatura del fluido caliente en el tanque y la temperatura de salida del agua de enfriamiento mediante termopares tipo J. Se realizaron pruebas utilizando las diferentes velocidades de flujo del agua de enfriamiento, F_f, que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de operación e iniciales en el intercambiador de calor.

Caso de estudio	F_f [L/min]	V_C [L]
1	0.5583	1.8
2	0.7700	1.8
3	0.9146	1.8
4	1.0256	1.8

Los símbolos en las Figuras 3, 4, 5 y 6 representan la temperatura en función del tiempo para el agua en el tanque interno y en la salida de la chaqueta del dispositivo para los casos de estudio 1, 2, 3 y 4, respectivamente; corresponden al promedio de al menos dos pruebas experimentales. Las líneas continuas en las figuras representan el modelo.

Caso de estudio 1. Los resultados obtenidos para las condiciones establecidas para este caso se reportan en la Figura 3, donde se aprecia que el fluido caliente se enfría notablemente en los primeros 5 minutos, consiguiendo una temperatura estable a ≈26 °C en un tiempo de ≈20 min. Por otra parte, la temperatura del fluido de enfriamiento presenta un considerable incremento en el primer minuto hasta una temperatura de ≈68 °C, lo que indica una transferencia de calor rápida entre el fluido en el tanque interno y el fluido que circula por la chaqueta. A un tiempo t ≥ 22 min ambos fluidos se encuentran a la misma temperatura, alcanzando el equilibrio térmico.

Caso de estudio 2. El caudal utilizado en este caso de estudio es 1.4 veces mayor que el caudal del primer caso (ver Tabla 1). Los datos experimentales se presentan en la Figura 4, donde se puede apreciar que el fluido caliente disminuye su temperatura rápidamente en el intervalo de tiempo 3 ≤ t ≤ 10, consiguiendo una temperatura estable de ≈30 °C en un tiempo de ≈20 min. A 2 minutos de iniciado el experimento, el fluido de enfriamiento alcanza una temperatura máxima de ≈ 48 °C. Los fluidos alcanzan el equilibrio térmico a ≈25 min a una T≈29 °C.

 ISSN 2007-8102

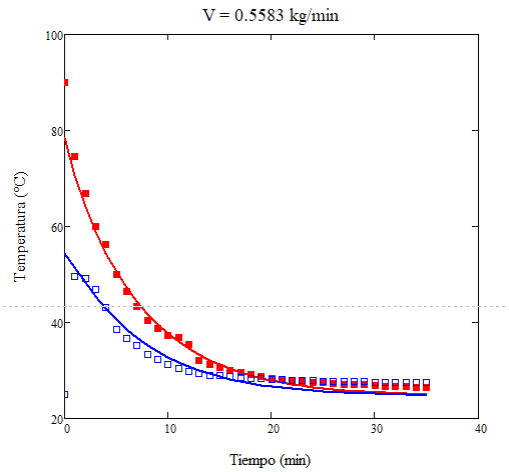


Figura 3. Comportamiento térmico de los fluidos caliente y frío para caso de estudio 1.

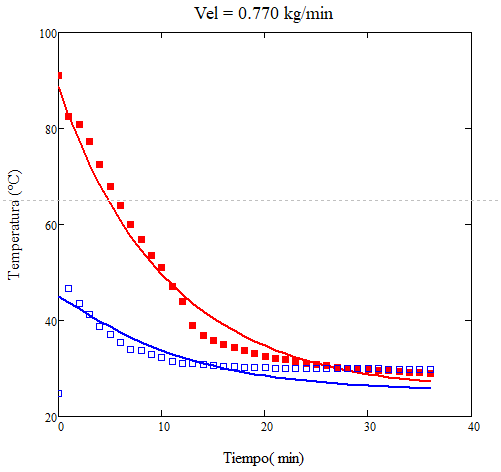


Figura 4. Comportamiento térmico de los fluidos caliente y frío para caso de estudio 2.

Caso de estudio 3. El caudal utilizado es 1.6 y 1.2 veces mayor comparado con el caudal utilizado en los casos de estudio 1 y 2 respectivamente. Los resultados se reportan en la Figura 5 y muestran un comportamiento semejante a los casos anteriormente descritos, donde el fluido caliente se enfría en los primeros 10 minutos, alcanzando una temperatura estable de ≈32 °C en un tiempo de ≈24 min. Después de 2.5 minutos de iniciado el experimento, el fluido de enfriamiento incrementa su temperatura hasta ≈50 °C. Ambos fluidos alcanzan la misma temperatura a ≈32 °C en t≈28 min.

Caso de estudio 4. De acuerdo a los resultados dados en la Figura 6, el comportamiento térmico es semejante a los casos descritos, donde se muestra una repentina disminución de temperatura del fluido caliente ($88 \geq T \geq 42$) en los primeros t≈7minutos de hacer circular el fluido frio. El fluido frío incrementa su temperatura durante el primer minuto hasta ≈42 °C. Los fluidos alcanzan el equilibrio térmico a los ≈22 min con una T≈28 °C.

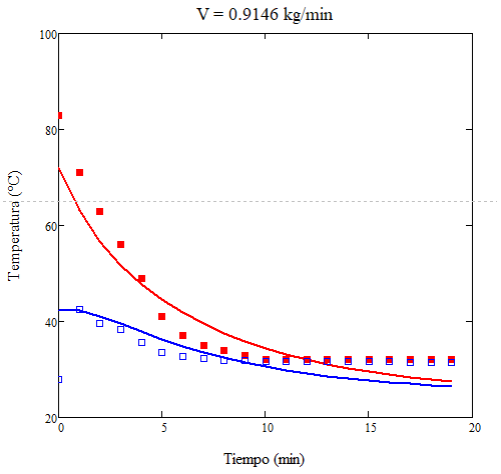


Figura 5. Comportamiento térmico de los fluidos caliente y frío para caso de estudio 3.

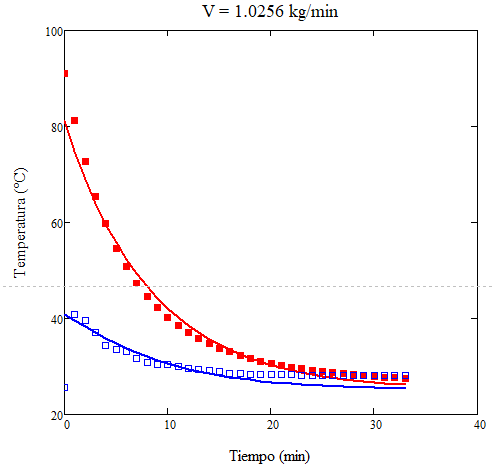


Figura 6. Comportamiento térmico de los fluidos caliente y frío para caso de estudio 4.

Las líneas continuas de las Figura 3, 4, 5 y 6 representan el ajuste logrado mediante el modelo y los coeficientes globales obtenidos se dan en la Tabla 2. El ajuste mostró que la transferencia de calor fluido caliente-aire es poco importante (U_{ca}≈0). Los coeficientes globales de transferencia de calor agua-agua de la Tabla 2 son menores a los valores representativos dados en Bergman y col. [2011], pero del mismo orden de

magnitud. El coeficiente U_{fa} del caso 1 es elevado mientras que el del caso 4 es representativo de la transferencia fluido-aire bajo convección natural [Kreith y col., 2011].

Tabla 2. Resultados de ajuste de datos experimentales para los cuatro casos de estudio.

Caso de Estudio	Parámetros Obtenidos (W/m^2 K)		
	U_{cf}	U_{ca}	U_{fa}
1	651.33	0	147.97
2	260.02	0	0
3	642.98	0	2.10
4	312.04	0	0

Trabajo a futuro

Es recomendable utilizar instrumentos de mejor precisión para caracterizar el fluido a través de la chaqueta de enfriamiento, y colocar medidores de temperatura a diferentes alturas en dicha chaqueta para conocer la distribución del fluido de enfriamiento. Se sugiere realizar pruebas de intercambio de calor utilizando un generador de calentamiento en el tanque interno del intercambiador de calor. Con mayor número de variables experimentales, podrían utilizarse modelos más complejos y con mejores resultados de caracterización del equipo.

Conclusiones

Se diseñó, construyó y caracterizó un intercambiador de calor de tipo tanque utilizando hojalata como un material alternativo (reciclado), para su uso con fluidos no corrosivos a pequeña escala (volumen de proceso 1800 ml). Se estudiaron cuatro casos con diversas velocidades de flujo de enfriamiento. Los resultados experimentales mostraron que la transferencia de calor ocurre principalmente dentro de los primeros 10 a 15 minutos. Se modelaron los datos experimentales para reportar los coeficientes globales de transferencia de calor; estos son del orden de magnitud de los valores representativos reportados en la literatura. El modelo describe el comportamiento general del intercambiador pero requiere mejoras para representar mejor el acercamiento al equilibrio térmico entre los fluidos.

Agradecimientos

Se agradece a TecNM por el soporte financiero proporcionado para el desarrollo del presente trabajo a través del proyecto “Construcción utilizando materiales reciclados de un intercambiador de calor y su caracterización” con clave 648.18-PD. Se agradece al Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec por el apoyo para realizar este proyecto.

Referencias

1. Alvis A.; Caicedo I. y Peña P. (2010). Determinación del coeficiente de transferencia de calor a través de una aplicación de computadoras. *Inf. Tec.* **(21)** 13-20.
2. Amer M.; Chen M.; Sajjad, U.; Muhammad H.; Ali H.; Abbas N.; Lu M. and Wang Ch. (2019). Experiments for suitability of plastic heat exchangers for dehumidification applications. *App. Therm. Eng.* (**158)** 113827.
3. Bergman, T.L.; Lavine, A.S.; Incropera, F.P. and Dewitt, D.P. (2011). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley and sons, New York.
4. Chen, H.T. y Lai, J.R. (2012). Study of heat-transfer characteristics on the fin of two-row plate finned-tube heat exchangers. *Int. J. Heat & Mass Transf.* **(55)** 4088-4095.
5. Constantinides, A. and Mostoufi, N. (1999). Numerical methods for chemical engineers with MATLAB applications. Prentice Hall PTR, New Jersey.
6. Córdoba E. y Fuentes D. (2016). Modelado y simulación del flujo de intercambiadores de calor de tubos y aletas con cambio de fase en el refrigerante. *Rev. Int. Met. Num. Calc. Dis. Ing*. **(32)** 31-38.
7. Cruz M. y Canterle E. (2004). Simulación de intercambiadores de calor tipo conducto enterrado. Mecánica Computacional **(XXIII)** 2097-2110.

8. Ding, W.K.; Fan, J.F.; He, Y.L.; Tao, W.Q.; Zheng, Y.X.; Gao, Y.F. and Song, J. (2011). A general simulation model for performance prediction of plate fin-and-tube heat exchanger with complex circuit configuration. *App. Therm. Eng.* **(31)** 3106-3116.
9. Gorobets V.; Bohdan Y.; Trokhaniak V. and Antypov I. (2019). Investigations of heat transfer and hydrodynamics in heat exchange with compact arrangements of tubes. *App. Therm. Eng.* **(151)** 46-54.
10. Kreith, F.; Manglik R.M. and Bohn M.S. (2011). Principles of Heat Transfer, 7th edition. Cengage Learning, Stamford.
11. Lei, Y.G.; He, Y.L.; Tian, L.T.; Chu, P. and Tao, W.Q. (2010). Hydrodynamics and heat transfer characteristics of a novel heat exchanger with delta-winglet vortex generators. *Chem. Eng. Sci.* **(65)** 1551-1562.
12. Lin W.; Huang R.; Fang X. and Zhang Z. (2019). Improvement of thermal performance of novel heat exchanger with latent heat storage. *Int. J. Heat & Mass Transf.* (**140)** 877–885.
13. Liu, J.; Wei, W.J.; Dinga, G.L.; Zhang, C.L.; Fukaya, M; Wang, K. and Inagaki, T. (2004). A general steady state mathematical model for fin-and-tube heat exchanger based on graph theory. *Int. J. Refrig.* **(27)** 965-973.
14. Luyben, W.L. (1996). Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers, 2nd edition. McGraw-Hill, New York.
15. Kaisare, N.S. (2018). Computational Techniques for Process Simulation and Analysis using Matlab. CRC Press Taylor and Francis, Boca Ratón.
16. Minqiang P.; Hongqing Y.; Yujian Z.; Minglong H.; Xiaoyu Z.; Guanping D. and Pingnan H. (2019). Experimental investigation of the transfer performance or microchannel heat exchangers with fan-shaped cavities. *Int. J. Heat & Mass Transf.* **(134)** 1199-1208.
17. Minqiang P.; Yujian Z. and Yufeng X. (2019). Numerical investigation of fluid flow and heat transfer in a plate microchannel heat exchanger with isosceles trapezoid-shaped reentrant cavities in the sidewall. *Chem. Eng. & Proc.: Proc. Intensification* **(131)** 178-189.
18. Montesinos J. (2009). Diseño y construcción de un intercambiador de calor para Biodigestor a Escala Piloto y Control de las Condiciones de Temperatura (Tesis de Licenciatura), Universidad de San Francisco de Quito. Ecuador.
19. Nakhchi M. and Esfahani J. (2019). Numerical investigation of different geometrical parameters of perforated conical rings on flow structure and heat transfer in heat exchangers. *App. Therm. Eng.* **(156)** 494-505.
20. Picón M.; López J. L. y Miranda C. (2003). Diseño termo hidráulico de intercambiadores de calor de plato y marco en arreglo simple y multipaso. *Rev. Mex. Ing. Quím.* **(2)**, 23-34.
21. Piper M.; Zibart A.; Djakow E.; Springer R.; Homberg W. and Kenig E. (2019). Heat transfer enhancement in pillow-plate heat exchangers with dimpled surfaces: A numerical study. *App. Therm. Eng.* **(153)** 142-146.
22. Salazar J. (2001). Diseño de equipos de transferencia de calor (Tesis de Maestría), Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
23. Seborg, D.E.; Edgar, T.F.; Mellichamp, D.A. and Doyle III, F.J. (2011). Process Dynamics and Control, 2nd edition. John Wiley and sons, New York.
24. Tirado D.; Acevedo D. and Puello P. (2014). Determinación computacional del coeficiente de transferencia de calor y propiedades termo físicas de alimentos. *Inf. Tec.* **(25)** 53-58.
25. Torres E.; Quintana L.; Vega O. y Retirado Y. (2011). Coeficiente de transferencia de calor y pérdida de eficiencia en intercambiadores de calor de placas durante el enfriamiento del licor amoniacal. *Minería y Geología* **(27)** 67-83.
26. Wang, C.C.; Chi, K.Y. and Chang, C.J. (2000). Heat transfer and friction characteristics of plain fin-and-tube heat exchangers, part II: Correlation. *Int. J. Heat & Mass Transf.* **(43)** 2693-2700.
27. Zhang J.; Zhu X.; Mondejar M. and Haglind F. (2019). A review of heat transfer enhancement techniques in plate heat exchangers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* **(101)** 305-328.

Modelación y simulación usando redes neuronales dinámicas de un reactor bioelectroquimico para la producción de energía

F. J. Sanchez-Ruiz[1], B. Cercado-Quezada[2], G. Rosano-Ortega[1], E. Argüelles-Hernandez[1]

[1] Facultad de Ingeniería Ambiental, Posgrado de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable, UPAEP Universidad, Calle 21 Sur 1103, Barrio de Santiago, 72410, Puebla, México.

[2] Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

franciscojavier.sanchez@upaep.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La búsqueda de nuevas alternativas de generación de energía a llevado a que se generen campos de investigación en áreas como la electroquímica y bioelectroquímica. En el presente trabajo se presenta la modelación matemática y simulación computarizada por Dinámica de Fluidos Computarizada (CFD por sus siglas en ingles) de un reactor bioelectroquímico implementado para la producción de energía, es decir, la producción de bio-hidrógeno a partir de un proceso bioelectroquímico, la combinación de técnicas como las redes neuronales dinámicas en la modelación de este tipo de procesos, implica la predicción de variables sensibles para la simulación, así como la estimación dinámica de acuerdo al proceso mismo. Las técnicas de inteligencia artificial aplicadas a los modelos de Nernst-Planck para los parámetros de distribución de corriente, logra un ajuste mas dinámico al proceso mismo de producción de energía.

***Palabras clave**: Bioelectroquímica, Redes neuronales artificiales, Reactor, Modelación y Simulación*

Abstract

The search for new energy generation alternatives has led to the creation of research fields in areas such as electrochemistry and bioelectrochemistry. This paper presents the mathematical modeling and computer simulation by Computerized Fluid Dynamics (CFD) of a bioelectrochemical reactor implemented for energy production, that is, the production of bio-hydrogen from a process Bioelectrochemical, the combination of techniques such as dynamic neural networks in the modeling of this type of process, involves the prediction of sensitive variables for simulation, as well as dynamic estimation according to the process itself. Artificial intelligence techniques applied to Nernst-Planck models for current distribution parameters, achieve a more dynamic adjustment to the energy production process itself.

***Keywords**: Bioelectrochemistry, Artificial Neural Networks, Reactor, Modeling and Simulation*

Introducción

La producción de hidrogeno mediante un proceso electroquímico ha sido implementado en las ultimas décadas como una alternativa viable de energía limpia. La producción en grandes cantidades de este combustible, se ve limitado por un diseño adecuado del sistema de reacción y captación del producto. El diseño de un sistema electroquímico requiere de una modelación matemática y obtención de parámetros experimentales (físicos y químicos). La modelación de los sistemas electroquímicos ha sido ya estudiada, desde la perspectiva química y electroquímica, lo que se denomina como celdas microbianas de combustible (MFC) para la producción de hidrogeno, los modelos de las MFC se establecieron mediante la modelación de los procesos de convección y migración de iones, entre una membrana de intercambio [Logan y col., 2008]. Las MFC son el punto de partida para establecer las denominadas celdas microbianas electroquímicas (MEC), este tipo de celdas tiene el mismo principio de funcionamiento de MFC.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

El análisis de las MEC's, se basa en los factores de crecimiento del biofilm, soporte para el biofilm, membrana de intercambio iónico y las soluciones catódicas y anódicas. La modelación para una MEC requiere del conocimiento de forma clara de cada uno de los procesos fenomenológicos en cada una de las etapas del proceso de producción de hidrogeno.

La implementación de las MEC en la producción de hidrogeno se ha dado de forma reciente y hasta la actualidad no se han reportado en la literatura de nuevos sistemas, las MEC reportadas usan como sustrato acetato, se han reportado sistemas que usan también agua residual y fluidos ex corporales (orina humana), aunque esta ultima no han reportado aun resultados. El usos de las MEC se ha generalizado en el uso de celdas de dos cámaras, un cámara representa un ánodo y la otra un cátodo, las dos cámaras están separadas por una membrana de intercambio protónico (Nafion 117), el sistema esta conectado a un potenciostato, implementaron un sistema de una celda de dos cámaras, usando acetato como sustrato, logrando una producción de 2.9 mol-H_2 por mol de acetato, teniendo 72.5% de conversión con respecto a la conversión teórica, en el experimento los autores determinaron que un limitante para la producción de hidrogeno en un máximo posible fue la membrana de intercambio protónico [Hu y col, 2008; Lee y col, 2009], la cual limitaba la difusión del hidrogeno entre la cámara de cátodo (Figura 1) .

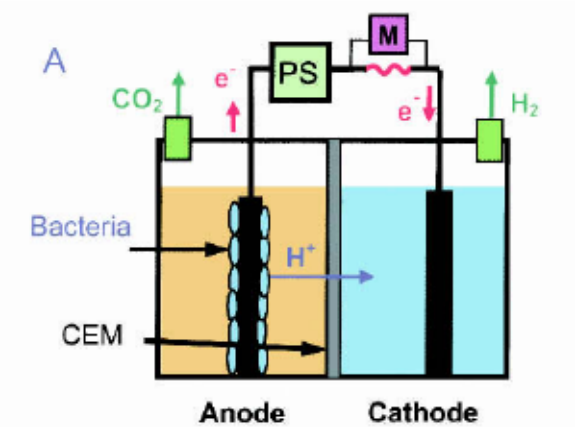


Figura 1. MEC de dos cámaras (Celda H)

Metodología

Para la implementación de la dinámica computarizado de fluidos (CFD por sus siglas en inglés) es necesario el planteamiento de un modelo matemático que describa los fenómenos químicos y electroquímicos presentes en la producción de bio-hidrógeno.
El modelo del sistema de reacción del bio-reactor concéntrico tubular, se obtiene mediante los modelos que describen cada uno de los fenómenos presentes en el sistema. El tratamiento de la MEC se realiza como un sistema de paredes compuestas en donde se establecen los mecanismo de reacción y transferencia de iones sobre las membranas (Figura 2), en cada una de las etapas de la MEC se analiza los diferentes fenómenos de transporte.
El modelo matemático planteado para el bioreactor considera el transporte de especies desde el bulk hacia el biofilm, el balance de masa de las especies se representa en las ecuaciones (Ec. 1-5), la densidad de corriente considera el fenómeno de difusión y migración en las diferentes fases.

$$\frac{\partial C_{i,A}}{\partial t} + \nabla \cdot N_i = R_{i,A} \tag{1}$$

$$N_i = N_i^{diffusion} + N_i^{convection} \tag{2}$$

 ISSN 2007-8102

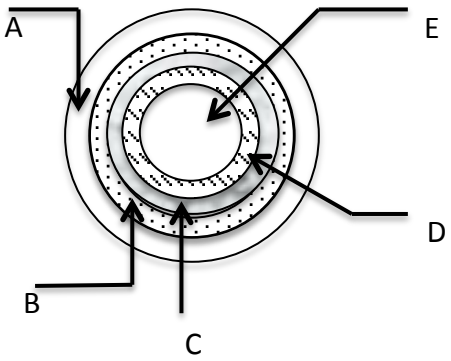


Figura 2. Sección transversal del reactor cilíndrico tubular; (A) Anolito, (B) Biofilm-Soporte, (C) Membrana de intercambio iónico (separador), (D) Malla de acero-inoxidable y (E) Catodito.

$$N_i = -D_{i,A}\nabla \cdot C_{i,A} + \nabla \cdot \left(vC_{i,A}\right) \tag{3}$$

$$R_{i,A} = \frac{1}{V_L}\left(\dot{q}_L\left(C_{i,A}\big|_{in} - C_{i,A}\big|_{out}\right)\right) - k_L A_{trans}\left(C_{i,A}\big|_{liq} - C_{i,A}\big|_{surf,Bulk}\right) \tag{4}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial C_{i,A}}{\partial t} + \nabla \cdot \left(-D_{i,A}\nabla \cdot C_{i,A} + v\left(\nabla \cdot C_{i,A}\right)\right) = \\ &\frac{1}{V_L}\left(\dot{q}_L\left(C_{i,A}\big|_{in} - C_{i,A}\big|_{out}\right) - k_L A_{trans}\left(C_{i,A}\big|_{liq} - C_{i,A}\big|_{surf,Bulk}\right)\right)\end{aligned} \tag{5}$$

$$\vec{i} = F\sum_{i=1}^{k} z_i\left(-D_{i,A}\nabla \cdot C_{i,A} - \frac{z_i F D_{i,A}}{RT}C_{i,A}\nabla \cdot \varphi_A\right) \tag{6}$$

EL modelo matemático se resuelve mediante las siguientes condiciones iniciales y condiciones frontera

Condiciones iniciales

1. Concentraciones de las especies en las soluciones de los cilindros concéntricos en el tiempo *t=0. $C_i(r,z,0)=C_{i0}$*, donde C_{i0} es la concentración inicial de las especie i en la solución alimentada.
2. Potencial eléctrico en las soluciones y componentes anulares al tiempo t=0. j (r,z,0)=0.

Condiciones frontera

1. Concentración de las especies a las entradas del reactor Ci(r,0,t)=Ci(t).
2. El transporte de la especie i en los alrededores de los componentes anulares (r=R) es solo por convección

$$-n \cdot D_i \nabla C_i = 0 \tag{7}$$

3. El flux molar de la especie i en la componente “y” es nulo

$$-n \cdot N_i = 0 \tag{8}$$

4. El potencial eléctrico en las fronteras internas esta relacionado con las concentraciones de la especie i en las solución bajo las siguientes condiciones frontera.

$$-\nabla \cdot N_j = \sum_m R_{i,m} \tag{9}$$

$$R_{j,m} = \frac{\nu_{j,m} i_E}{n_m F} \tag{10}$$

$$-\nabla \cdot N_g = 0 \tag{11}$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial z} = 0, \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0 \tag{12}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0 \tag{13}$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial r} = R_i \tag{14}$$

$$-\nabla \cdot N_i = 0 \tag{15}$$

$$\varphi_c = V_c \tag{16}$$

Las redes neuronales artificiales son modelos matemáticos que intentan imitar las capacidades y características de sus semejantes biológicos. Las redes neuronales están formados por elementos simples de calculo, todos ellos interconectados con una cierta topología o estructura, como lo son las neuronas llamadas perceptores que son los elementos mas simple de una red. El modelo básico de una neurona esta formado como se observa por los siguientes elementos:

- Un conjunto de sinapsis, que son las entradas de la neurona ponderadas por un peso.
- Un sumador que simula el cuerpo de la neurona y obtiene el nivel de excitación.
- La función de activación genera la salida si se alcanza el nivel de excitación y restringe el nivel de salida, evitando así la saturación de la red.
-

La salida de la neurona esta dada por la expresión:

$$y_i = \varphi\left(\sum_{j=1}^{n} w_{ij} s_j + w_{i0}\right) \tag{17}$$

en donde n indica el número de entradas a la neurona *i* y φ denota la función de excitación. El argumento de la función de activación es la combinación lineal de las entradas de la neurona. Si se considera al conjunto de entradas y los pesos de la neurona i como un vector de dimensión (n+1), la expresión se concluye de la siguiente manera:

$$y_i = \varphi\left[W_i^T s\right] \tag{18}$$

 ISSN 2007-8102

donde

$$s = \left[-1, s_1, s_2, \ldots, s_n\right]^T \tag{19}$$

$$w_i = \left[w_{i0}, w_{i1}, \ldots, w_{in}\right]^T \tag{20}$$

Resultados y discusión

La solución del modelo matemático en MATLAB se realizo mediante el adimensionalización de las ecuaciones de transferencia de masa en el reactor, el método numérico de diferencias finitas centradas se implemento para solución del modelo matemático, en la Fig. 3 se muestra la geometría discretizada en mallas trigonales, estas se usan principalmente en la solución del modelo usando CFD de Comsol Multiphysics.

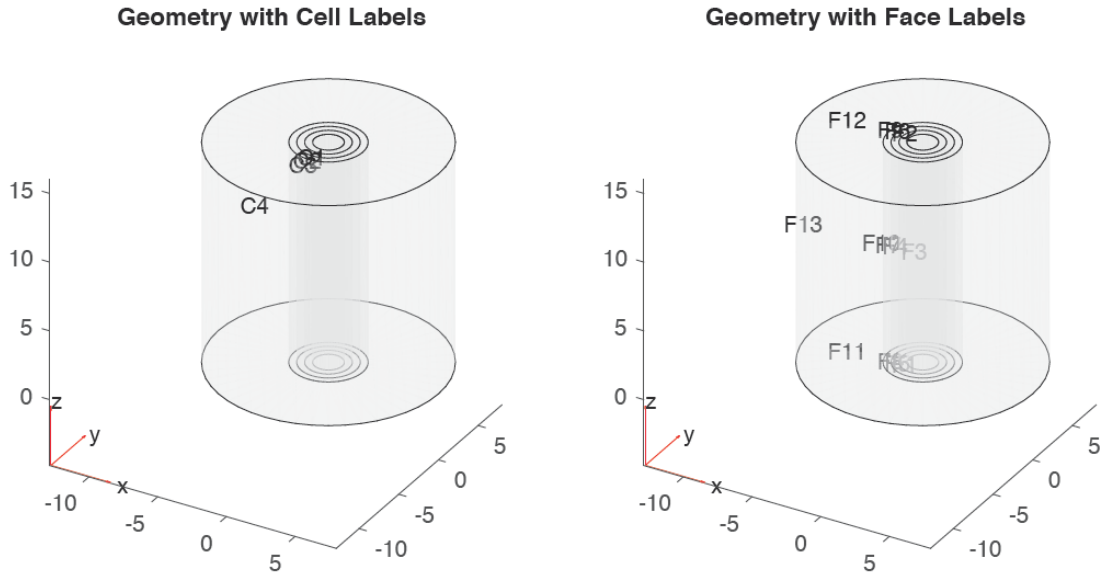


Figura 3. Geometría del bio-reactor concéntrico tubular para la producción de bio-hidrógeno.

Las simulaciones muestran que la concentración de bio- hidrógeno se incrementa de forma radial, lo que implica que la difusión del sistema de reacción en las especies del anolito y catolito generan la energía necesaria para la producción de biohidrogeno, también se observa que el transporte esta gobernado por la difusión convectiva de las especies (Figuras 4-7). La producción máxima en la simulación se encuentra en los intervalos de 5-10 L de H_2/día, lo que implica que la producción se puede ver afectada por la fenología del proceso electroquímico. Experimentalmente se ha encontrado que sistemas diferentes como las denominadas celdas H producen entre 3 a 6 L de H_2/día [Logan y col., 2008]

 ISSN 2007-8102

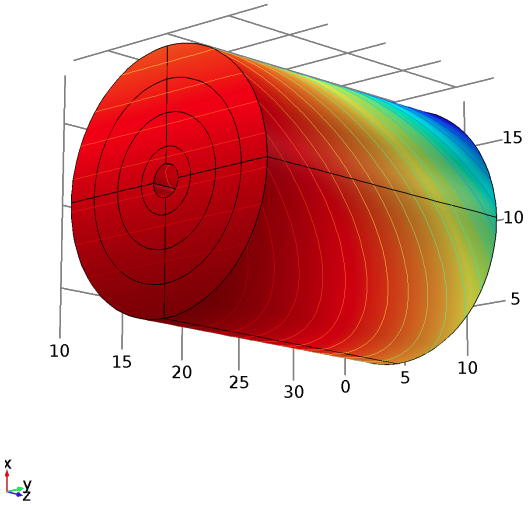


Figura 4. Perfil lateral de concentración de producción de bio-hidrógeno

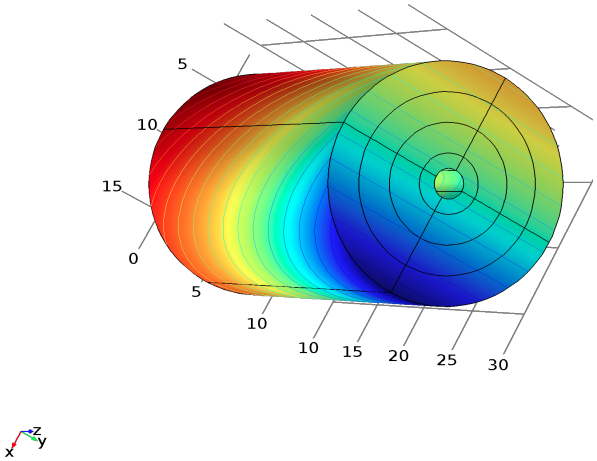


Figura 5. Perfil de concentración de producción de bio-hidrógeno

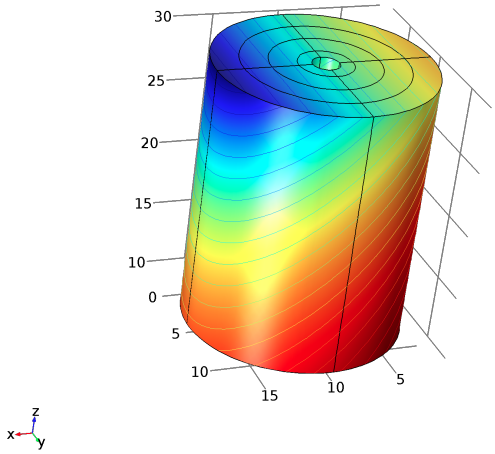


Figura 6. Perfil de concentración de producción de bio-hidrógeno

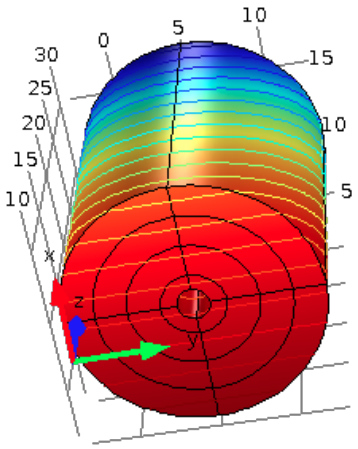


Figura 7 Perfil de concentración de producción de bio-hidrógeno

Trabajo a futuro

La implementación y combinación de técnicas de inteligencia artificial en modelos matemáticos y simulaciones computacionales requieren de la validación experimental, por lo cual; la siguiente etapa de la investigación es la validación con un reactor bio-electroquímico

Conclusión

El uso de herramientas de modelación computarizada en sistemas de reacción compleja y dinámica, como lo son los sistema de producción de bio-hidrógeno, generan una nueva perspectiva de nuevas líneas de investigación en la producción de energías alternativas. Los perfiles de concentración de producción de bio-hidrogeno se encuentran entre (5-10 L H_2/día), demuestran que existe formación de bio-hidrógeno, pero existe fenómenos que gobiernan la producción alta del biocombustible, lo que implica que la modelación matemática deberá ser mas robusta que la planteada, esto para establecer las variables que limitan la formación del

biocombustible. En la solución del modelo matemático se plantea para pasar a la fase de experimentación y de diseño del reactor bio-electroquímico.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Popular Autonoma del Estado de Puebla (UPAEP) por el apoyo para la realización de la presente investigación, así como al Conacyt por el proyecto aprobado para el Laboratorio Nacional de SuperComputo del Sureste y al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ).

Referencias

1. Logan, B. E., Call, D., Cheng, S., Hamelers, H. V., Sleutels, T. H., Jeremiasse, A. W., & Rozendal, R. A. (2008). Microbial electrolysis cells for high yield hydrogen gas production from organic matter. *Environmental science & technology*, *42*(23), 8630-8640.
2. Hu, H., Fan, Y., & Liu, H. (2008). Hydrogen production using single-chamber membrane-free microbial electrolysis cells. *Water research*, *42*(15), 4172-4178.
3. Lee, H. S., Torres, C. I., Parameswaran, P., & Rittmann, B. E. (2009). Fate of H2 in an upflow single-chamber microbial electrolysis cell using a metal-catalyst-free cathode. *Environmental science & technology*, *43*(20), 7971-7976.

Distribución de esfuerzos por medio del análisis de elemento finito de un Reactor Batch

J. Vicente Martínez[1], E. Hernández Aguilar[1], R. I. Castro Salas[1], A. Velasco Pérez[1], T. García Herrera[1].*
[1]Facultad de Ciencias Químicas campus Orizaba – Córdoba, Universidad Veracruzana, Prol. de Oriente 6 1009, Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Ver., México.
**josvicente@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Los reactores tipo Batch (reactores discontinuos) se manejan en la producción del biodiésel para la etapa de transesterificación, debido a la importancia que tienen los materiales de construcción tanto para la seguridad de los equipos como en la optimización de los recursos, se estudió la construcción mecánica de un reactor tipo Batch y la distribución de esfuerzos aplicando el método de elemento finito en SolidWorks Simulation, durante el análisis se evaluaron 5 espesores para su construcción y en las pestañas de soporte (5/8, 1/2, 3/8, 1/4 y 1/8 in). El diseño del reactor se basó en el balance de materiales para la obtención del volumen y peso, teniendo en consideración el peso del biodiésel y glicerina, los cuales ejercen la presión sobre las paredes del reactor, determinando la deformación de cada espesor y el cumplimiento del factor de seguridad nivel 6.

***Palabras clave**: Reactor Batch, Elemento finito, Simulación, Nivel de seguridad.*

Abstract

Batch reactors (discontinuous reactors) are utilized in biodiesel production during transesterification process and their construction materials are important for equipment safety and resource optimization. The aim of this paper is to study the mechanic construction of a Batch reactor and distribution of the efforts applying finite element method in SolidWorks Simulation. Five thicknesses for vessel construction and different support tabs (5/8, 1/2, 3/8, 1/4 and 1/8 in) were evaluated. The reactor design was based on materials balance, biodiesel and glycerin weight, walls deformation for each thickness and the accomplishment of safety factor level 6.

***Key words**: Batch reactors, Finite element, Simulation, Safety level*

Introducción

A nivel mundial, el uso de la tecnología para la optimización y mejora de recursos, procesos y productos es una tendencia que se está siguiendo por la mayoría de las industrias, para ello, se utilizan herramientas para el diseño asistido por computadora (CAD por sus siglas en ingles), con las cuales se puede simular el funcionamiento de los equipos que se desarrollan.

La simulación de recipientes a presión es una herramienta útil y esencial que permite estudiar su comportamiento, modificar los escenarios de operación y seleccionar el diseño que garantice un óptimo desempeño durante su utilización. Con ello se contribuye a eliminar las fallas en el diseño de los recipientes, detectando los puntos donde se pudiera producir un mayor nivel de presión y logrando cumplir con las normas nacionales e internacionales, así como propiciar el ahorro en el uso de los materiales al determinar el espesor mínimo necesario para la construcción de los reactores.

El presente trabajo evalúa diferentes espesores para los materiales de construcción del reactor, aplicando simulación de elemento finito con SolidWorks Simulation (SWS), para validar cual espesor alcanzó un factor de seguridad nivel 6, de acuerdo con la "Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011, para recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - funcionamiento - condiciones de seguridad" y en el Código ASME (American Society of Mechanical Engineers).

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

El estudio fue de tipo estático o de tensión donde se calcularon los desplazamientos de error de cada pieza, las tensiones (Von Mises) y la distribución del factor de seguridad. En el caso de las tensiones, el software se basa en la ecuación de Von Mises, que surge de la teoría de la energía de la distorsión, donde se propone que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor [Mott, 2006].

Metodología

Diseño del reactor

El diseño del reactor tipo Batch se modelo utilizando SolidWorks (SW) y se utilizaron parámetros basados en la tesis de Manrique Rebaza (2011), en el cual se utilizaron medidas reales para la construcción de un reactor proporcionando resultados factibles. Los parámetros del reactor expresados en metros son: altura total 2.913, altura de los soportes 1.938, diámetro interno 1.200 y el diámetro externo varía dependiendo del grosor que se elija (Figura 1). El material que se utilizó en el reactor es Acero Inoxidable (AISI 316L).

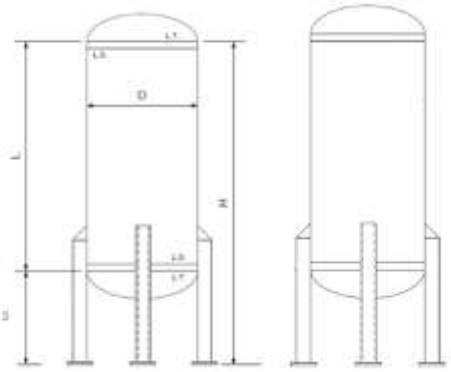


Figura 1. Esquematización del tanque (Rebaza, 2011).

Para su diseño el reactor se dividió en cuatro partes: el cuerpo del reactor con fondo toriesférico y brida, la tapa toriesférica con brida, la empaquetadura y los soportes (Figura 2). El cuerpo del reactor tiene una altura de 2.66 metros y la tapa y fondo toriesférico poseen una altura de 0.253 metros, en todos los casos el diámetro interno es de 1.20 metros y al modificarse el espesor del reactor, el diámetro externo cambiará. Para el diseño de los soportes del reactor, se emplearon medidas estándares, Acero (SA-36) con un grosor de 6.010 in y una altura de 1.938 metros. La empaquetadura y la brida tienen las mismas medidas de la circunferencia del reactor, para la empaquetadura y brida se realizaron 44 taladros con medidas estándar. A la placa del soporte se le colocaron 4 taladros con un diámetro de 41 mm cada uno.

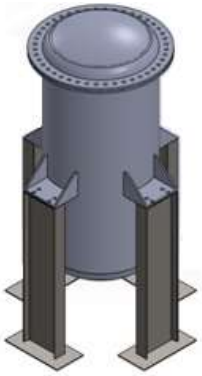


Figura 2. Diseño del Reactor Mecánico tipo Batch en SolidWorks

 ISSN 2007-8102

Cálculo del volumen y peso del reactor

Para realizar el cálculo del volumen interno del reactor (V_I) se utilizó la herramienta "propiedades físicas", que se encuentra dentro del menú "calcular" en SW, esto es debido a que el fondo del cuerpo del reactor es una tapa toriesférica y no se contaba con una ecuación que determinara el volumen interno del mismo. Con dicha herramienta se calculó en primera instancia el volumen del reactor (V_R), posteriormente el volumen total del reactor (V_T), para ello se llenó en SW el reactor (Figura 3) siendo éste el valor del V_T, al realizar nuevamente el cálculo se obtuvo el V_R, en consecuencia el volumen interno del reactor se determinó con la siguiente fórmula.

$$V_I = V_T - V_R$$

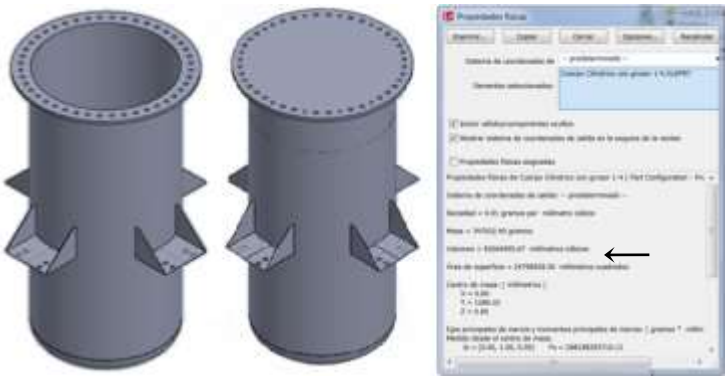


Figura 3. Cálculo de las propiedades físicas del reactor

El peso total del reactor, se calculó con la misma herramienta que se utilizó para determinar el volumen interno, para así obtener la masa en gramos de cada pieza y de la sumatoria de dichas masas resultar la masa total (M_T).

Peso del biodiésel y de la glicerina

Para el balance volumétrico se consideró utilizar el 90% del reactor para prevenir accidentes o derrames del producto, por lo tanto, el 10% estaba constituido por aire y queda expresado que el volumen total (VT) es igual al volumen de la glicerina (VG) más el volumen del biodiésel (VB).

$$V_T = V_G + V_B \qquad \text{o} \qquad V_T = \frac{M_G}{\rho_G} + \frac{M_B}{\rho_B}$$

En el balance general se sabe que la masa del biodiésel (M_B) más la masa de la glicerina (M_G) restando la masa del reaccionante (M_R) es igual a cero.

$$M_B + M_G - M_R = 0$$

El porcentaje de masa y volumen resultantes de la transesterificación se realizó mediante un estudio a escala de laboratorio, el balance de materia con reactivos y productos son mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Balance de materiales

	Grasa (g)	Alcohol(g)	Catalizador(g)	Glicerina(g)	Biodiésel(g)	Total(g)
Reactivos	300	208.98	3	0	0	511.98
Productos	0	0	3	167.98	344	511.98

Esta masa se utilizó para medir la presión ejercida sobre las paredes del reactor con la ecuación general de la hidrostática [Cengel y Cimbala, 2006] donde P es la presión ejercida sobre el fluido, P_{atm} es la presión atmosférica, M_1 y M_2 son la masa de las fases 1 y 2, ρ_1 y ρ_2 es la densidad de las fases 1 y 2. Por último, g es la constante de la gravitación.

$$P = P_{atm} + M_1 \rho_1 g + M_2 \rho_2 g$$

 ISSN 2007-8102

Simulación de esfuerzos

Al realizar el estudio, el programa crea una carpeta de sujeciones y cargas externas en el cual el software agrega un elemento en la carpeta para cada carga o restricción que se defina. A cada pieza se le colocaron diferentes restricciones y cargas. El tipo de mallado es generado por el software teniendo en cuenta una mezcla de elementos sólidos, de vaciado, de muelle y de contacto sobre la base de la geometría creada. El programa creó automáticamente diferentes tipos de mallas, en este caso se utilizó una malla mixta, ya que se tienen diferentes geometrías en el modelo. Se le asignó el material adecuado a cada componente y se verificó que las propiedades, las cargas y las restricciones fueran las adecuadas. La simulación se realizó dividiendo el reactor en 3 partes:

Soportes. Se involucró la fuerza ejercida hacia abajo, donde interviene el peso total del reactor manejado en Newton, éste se calculó con la suma de las masas totales del reactor (la masa de cada pieza del reactor y la masa del reaccionante que se calcula por medio del balance general de las masas del biodiésel y glicerina). Los soportes contaban con una sujeción en la parte inferior, lo cual no permite que éstos se muevan. En la Figura 4 se muestran con flechas color verde, la fuerza en la sujeción y la fuerza ejercida sobre los soportes con flechas color morado, en la parte superior.

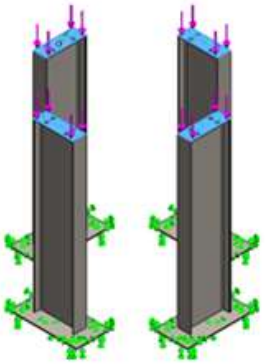


Figura 4. Fuerza ejercida en los soportes del reactor.

Pestañas para el soporte del reactor. Al igual que en los soportes del reactor, estas pestañas sostienen el cuerpo del reactor e interviene el peso total de éste sobre ellas, en la Figura 5 se muestra la dirección de la fuerza que se ejerce sobre las pestañas.

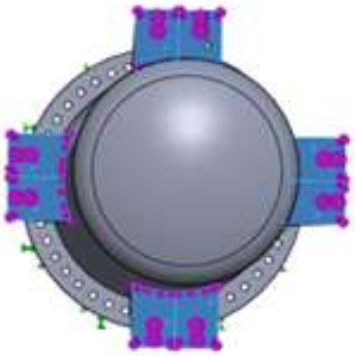


Figura 5. Carga externa del cuerpo cilíndrico

Presión de operación y diseño en el cuerpo del reactor. La carga externa fue la presión ejercida de adentro hacia afuera del reactor (flechas rojas), expresado en Kilopascales, este valor cambió dependiendo de la presión de operación y el espesor del material a utilizar (Figura 6).

 ISSN 2007-8102

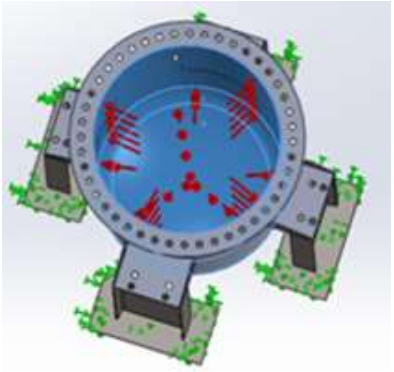


Figura 6 Presión en el reactor

Resultados y discusión

Valores del reactor

El cálculo del volumen interno del reactor se hizo mediante la aplicación de propiedades físicas de SW, obteniendo el volumen total del reactor (3.03340 m^3) y restando el volumen de éste (0.09306m^3), de la misma forma se obtuvo la masa de cada una de las piezas que componen al reactor (cuerpo cilíndrico, tapa toriesférica y empaquetadura).

Teniendo como base de cálculo el volumen del reactor se obtuvieron los volúmenes de operación para cada producto y el volumen de operación total. Con ayuda de las densidades de biodiésel (981.25 kg/m^3) y glicerina (986.86 kg/m^3) se obtuvo la masa reaccionante que actúa sobre el reactor, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Volúmenes y masas de operación del reactor

Datos del reactor	Valores
Volumen interno del reactor (m^3)	2.9403
Volumen de operación (90%) (m^3)	2.6463
Volumen de Biodiésel (m^3)	1.7730
Volumen de Glicerina (m^3)	0.8683
Masa de Biodiésel (kg)	1739.7542
Masa de Glicerina (kg)	856.8939
Masa total	2596.6481

Simulación de esfuerzos en el reactor

Para la simulación del reactor se tomó en consideración la Tensión 1 (Von Mises), que es un índice obtenido de la combinación de los esfuerzos o tensiones principales en un momento dado para determinar en qué punto ocurre el esfuerzo y provoca la falla. El criterio especifica que el material cede si la energía de distorsión alcanza un valor máximo, el cual es igual a dicha energía máxima encontrada en pruebas de tensión. Además, se considera el límite elástico que es la tensión máxima que un material puede soportar sin sufrir deformaciones.

El desplazamiento, habla del índice de error que tiene un material para que este exceda el límite elástico y pueda llegar a la fatiga. En las siguientes Figuras 7-9, se muestran con un gradiente de colores el desplazamiento de las fuerzas donde las tonalidades azules representan que el material no se ha deformado ya que el peso que está ejerciendo sobre los soportes es permisible y las tonalidades rojas o anaranjadas es que se presenta una posible deformación o ruptura, utilizando la trama URES de desplazamiento estático. La escala de deformación en la simulación es de 803.197 veces en todos los gráficos con la finalidad de hacer visibles los posibles puntos de deformación o ruptura que se presentarían.

 ISSN 2007-8102

Simulación de la presión de operación

Al simular con SolidWorks el uso de los diferentes espesores en el cuerpo del reactor para el análisis de la presión de operación, se midió la Tensión 1 (Von Mises) con una presión de 126 133.28 Pa. La esquematización muestra que en la placa de 5/8 in la coloración es completamente azul, por lo que el tanque no está sufriendo ningún tipo de cambio o deformación; con los valores de 1/2 y 3/8 de in, ya se presenta un ligero cambio de color en el cuerpo del reactor donde podría haber alguna tensión más fuerte; en la de 1/4 se presenta un mayor cambio en la coloración pero el reactor no llega a deformarse ya que no se presentan tonalidades roja o naranjas; en cambio con la placa de 1/8 in el reactor se deforma en la mayor parte del cuerpo y su coloración es roja y anaranjada (Figura 7).

En el desplazamiento se observan los diferentes índices de error de menor a mayor, en el de 5/8 in el índice fue de 0.0183759 cm, en 1/2 in fue 0.0189453 cm, en 3/8 de in fue 0.0198356 cm, en 1/4 de in 0.0240515 cm y por último 1/8 in donde el error fue mayor de 0.0240515 cm (Figura 7). Siendo estos los resultados, se observa que los 5 espesores soportarían la presión de operación sin ningún problema.

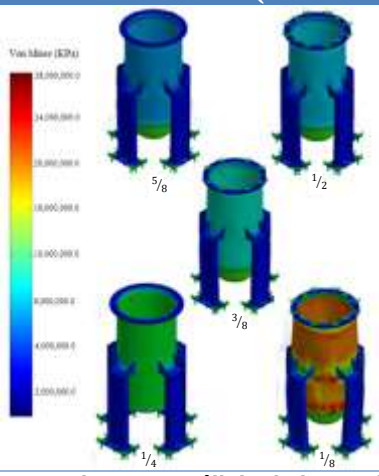
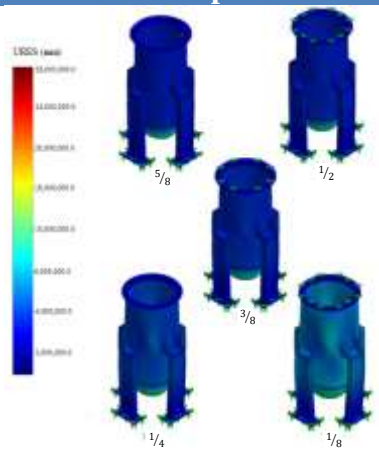
Gráfico de Tensión 1 (Von Mises)	Gráfico de Desplazamiento
	

Figura 7 Análisis de la tensión 1 y el desplazamiento en la presión de operación

Simulación de la presión de diseño.

En la Tensión 1 (Von Mises) se aumentó la presión a 30 PSI, siendo la presión de 332 975.40856 Pa y los resultados fueron que el espesor de 1/8 in es el más afectado como se muestra en la Figura 8, pero aun así los 5 espesores soportan las máximas condiciones de presión tomando en cuenta que 1/8 in tiene mayor riesgo de causar algún accidente, por los pequeños puntos rojos que se presentan.

En el desplazamiento, los índices de error fueron los siguientes: 5/8 in el índice fue de 0.08501 cm, en 1/2 in se encontró en 0.09323 cm, en 3/8 de in fue 0.10378 cm, en 1/4 de in 0.11666 cm y por último 1/8 in donde el error fue mayor de 0.12194 cm. Se concluye nuevamente que el grosor de 1/8 es el menos recomendado ya que las probabilidades de que se fracture o se dañe el reactor son mayores.

 ISSN 2007-8102

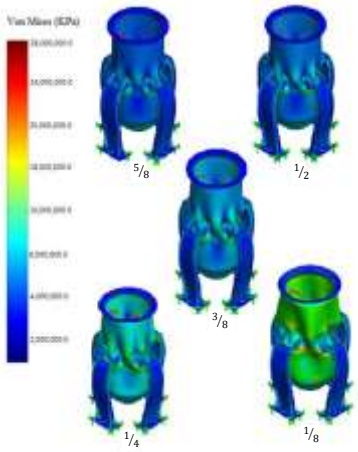
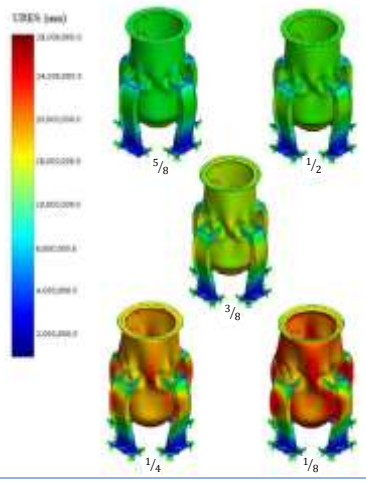
Gráfico de Tensión 1 (Von Mises)	Gráfico de Desplazamiento
	

Figura 8 Análisis de la tensión 1 y el desplazamiento en la presión de diseño

Simulación de las pestañas para el soporte del reactor

Al analizar con SolidWorks el uso de los diferentes espesores en las pestañas del reactor, se puede observar que en el caso de la Tensión 1 (Von Mises), para la placa de 5/8 in las posibilidades de que se fracturen son casi nulas a diferencia de la placa de 1/8 in, en ésta la coloración cambia ya que hay mayor posibilidad de falla (Figura 9). El mejor resultado se presenta en la placa con un grosor de 3/8, ya que la pequeña deformación que se puede presentar es en las orillas de la placa, pero no en la unión con el reactor.

En el error de desplazamiento, se observa que entre más delgado es el espesor de la pestaña, el índice de error aumentará y entre más gruesa sea el índice de error disminuirá. El espesor de 1/8 in es el que presenta el índice de error más alto siendo este de 9.0172 cm, por lo tanto, este espesor no es recomendado ya que puede ocasionar un accidentes. Se puede distinguir en la Figura 9 con color rojo, rosa y verde, el espesor de 1/4 in, teniendo un valor medio de error de 0.64659 cm junto con el espesor de 3/8 in coloración morado, marrón y verde por lo que ambos son permisibles, y por último el mínimo índice de error es la placa de 5/8 in con 0.1503 cm siendo ésta la placa más gruesa que se muestra de color azul rey y negro.

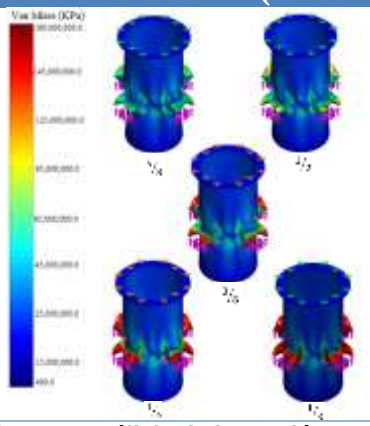
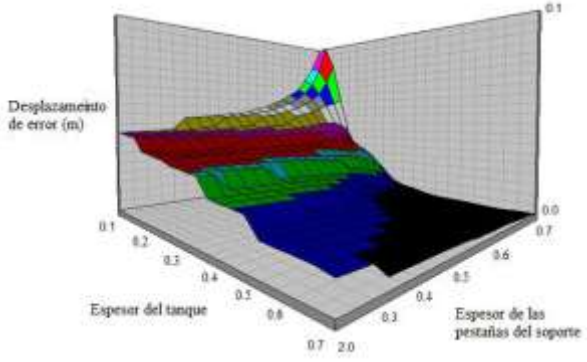
Gráfico de Tensión 1 (Von Mises)	Gráfico de Desplazamiento
	

Figura 9 Análisis de la tensión 1 y el desplazamiento en las pestañas para el soporte del reactor

 ISSN 2007-8102

Factor de Seguridad

El factor de seguridad es aquel que soporta una o más veces la presión del producto, si lo valores son mayores a uno cumplen con el factor de seguridad. Si los valores son menores a uno no tienen sobre dimensión. En este caso se busca un nivel de seguridad 6, es decir, verificar que soporte 6 veces la presión del reactor.

Los resultados obtenidos en el factor de seguridad fueron los mostrados en la Tabla 3, donde se observa que en la presión de operación los valores mínimos son entre 22 y 33, sin embargo, en la presión de diseño los valores son entre 9.2 y 5.9 el mínimo.

Para la presión de operación, los 5 espesores cumplen con el factor de seguridad ya que los valores deben de ser iguales o mayores a 6 para cumplirlo, pero se puede ver una clara disminución entre los espesores de 1/4 y 1/8. En el caso de la presión de diseño, el espesor de 1/8 no cumple con el valor mínimo requerido, únicamente alcanzó un valor de 5.9.

Tabla 3 Factor de Seguridad

Espesor (in)	Presión de Operación	Presión de Diseño
5/8	33	9.2
1/2	33	8.3
3/8	33	7.3
1/4	33	7.2
1/8	22	5.9

Conclusiones

Se determinó que el espesor de 1/8 no cumple con el factor de seguridad de nivel 6 para la presión de diseño y presenta un mayor desplazamiento (más de 9 cm), la distribución de esfuerzos se determinó por el método de elemento finito en SolidWorks, logrando determinar la interacción entre el espesor de la lámina de construcción y la lámina de pestañas de soporte, determinando que un grosor de 1/4 in para el diseño del reactor y en el caso de las pestañas del soporte un espesor de 3/8 in es el recomendable, cumpliendo con las normas internacionales NOM-020-STPS-2011 y en el Código ASME.

Referencias

1. Cengel Y.A., Cimbala J.M. (2006). Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones. McGraw-Hill.
2. Código, A. S. M. E., & Sección, V. I. I. I. (1998). Boiler and Pressure Vessel Code. Sección VIII, División I.
3. Mott, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Maquinas. 4ta Edición. México: Pearson Educación.
4. NOM, Norma Oficial Mexicana. 020-STPS-2011. Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.
5. Rebaza, J. A. M., 2011. Diseño de un recipiente a presión con un sistema de agitación para el procesamiento de biodiésel de 3 metros cúbicos de capacidad, Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Mecánica.

Simulación de la deshidrogenación de etilbenceno en un reactor tubular

B. E. García Rojas[1], A. M. A. Romero Pérez[1], A. Díaz Medina[2], N. Jardón Romero[1], F. Caballero[1]*
[1]Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza C. II UNAM, Batalla 5 de mayo s/n, Col. Ejército de Oriente, C.P. 09320, Iztapalapa CDMX, México.
[2] Div. De Ingeniería Química y Bioquímica Tecnológico de Estudios Superiores. de Ecatepec Av. tecnológico S/N, Valle de Anáhuac. CP. 55210. Ecatepec de Morelos EDOMEX. México.
**iqblanca@yahoo.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química.*

Resumen

Se determinó, por medio de simulación el comportamiento de la deshidrogenación de etilbenceno en un reactor tubular, a 1000 K. El problema se reduce a resolver dos ecuaciones diferenciales parciales (EDP) que representan los balances de materia y energía. Se implementó el método de las líneas, que consiste en segmentar una de las dos variables independientes: longitud y radio. En el presente caso el radio fue discretizado manteniendo la funcionalidad longitudinal, la sustitución mencionada redujo cada una de las EDP a un conjunto de 8 ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO), en total se obtuvieron 16 ecuaciones de naturaleza no lineal que se resolvieron de forma simultánea en el Software Embed™ (Solidthinking). Los resultados arrojan perfiles de conversión y temperatura que posteriormente fueron integrados para obtener los valores promedios. Al momento se obtuvo una conversión máxima del 57% debido a la endotermicidad de la reacción, que también presenta reversibilidad.

***Palabras clave**: Ecuaciones diferenciales parciales, reactor tubular no isotérmico, estireno, método de las líneas.*

Abstract

In this work, the behavior of the dehydrogenation of ethylbenzene in a tubular reactor at 1000 K was simulated. The issue is reduced to solving two partial differential equations (EDP) that represent the balance of matter and energy. The method of lines (MOL) was implemented, which consists of segmenting one of the two independent variable: length and radius. In this case the radius was discretized maintaining the longitudinal functionality, the mentioned substitution reduced each of the EDPs to a set of 8 equations Ordinary differentials (EDO), finally, 16 equations of a non-linear nature were obtained that were solved simultaneously in the Embed™ (Solidthinking) *Software, the results show a maximum conversion of 57% due to the endothermicity, reaction reversibility also influenced , and directly affects the yield of styrene formed under the aforementioned conditions.*

***Key words**: DPE, non-isothermal tubular reactor, styrene, Method of lines*

Introducción

El estireno es un hidrocarburo aromático líquido e incoloro que se evapora fácilmente y tiene un olor dulce. Se utiliza como materia prima para la producción de numerosos tipos de homopolímeros y copolímeros con propiedades excepcionales empleados en un amplio sector industrial [Sanz Tejedor, 2009]. Algunos ejemplos de aplicaciones donde se utiliza el estireno son:

- Envases, componentes de automoción y electrodomésticos.
- Aislantes en construcciones.
- Fabricación de neumáticos, mangueras, juguetes, suelas de zapatos.
- Láminas asfálticas.
- Componentes de ordenadores, celulares.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

El estireno se obtiene a escala comercial a través de varios procesos de producción, y los más importantes son los siguientes [Speight, 2002, Pérez y col. 2017]:

• La oxidación de etilbenceno para obtener el hidroperóxido, que luego reacciona con propileno para dar fenil-metil-carbinol (u alcohol metílico de bencilo) y óxido de propileno. El alcohol obtenido se deshidrata a estireno a temperaturas relativamente bajas (180 a 400 ° C) usando un gel de sílice ácido (SiO_2) o un catalizador de dióxido de titanio (TiO_2).

• Deshidrogenación catalítica de etilbenceno a alta temperatura (630 ° C) utilizando diversos óxidos metálicos como catalizadores, tales como óxidos de zinc, cromo o magnesio recubiertos con carbón activado, alúmina o bauxita. Constituye el proceso de producción más empleado aplicado a escala comercial para obtener estireno [Speight, 2002].

El proceso de deshidrogenación comienza cuando se precalientan la corriente líquida de etilbenceno desde la temperatura ambiente (25 ° C) a una temperatura de aproximadamente 136 ° C utilizando un intercambiador de calor de tubos y coraza. La corriente precalentada obtenida se mezcla luego con una corriente de reciclaje que funciona bajo condiciones isobáricas, de este modo la corriente de etilbenceno que sale del intercambiador se vaporiza completamente a una temperatura de aproximadamente 250 ° C. Los vapores obtenidos se envían a otro recipiente presurizado que funciona también en condiciones isobáricas (Steam Mixer), en el que se inyecta vapor sobrecalentado para aumentar la temperatura de la mezcla de vapor a la de la condición de reacción son 600 ° C. Posteriormente, la deshidrogenación catalítica de etilbenceno tiene lugar en un reactor catalítico, cilíndrico y tubular vertical, que opera en forma adiabática. La mezcla gaseosa que reacciona fluye dentro de los tubos sobre el lecho del catalizador compuesto por varios óxidos metálicos. En este proceso, el óxido de hierro (III) soportado sobre alúmina [Snyder y Subramaniam, 1994]; se inyecta vapor en la carcasa del reactor para mantener la temperatura de reacción en el rango solicitado (580 - 610 ° C). La temperatura de reacción no debe aumentarse a un valor superior a 610 ° C ya que se produciría la descomposición térmica de etilbenceno y estireno. A la salida del reactor, se obtiene una conversión del 60% de acuerdo a la simulación reportada por Walas [1991] aunque este autor utilizó el método de diferencias finitas
Basado en los antecedentes descritos el presente trabajo implementa el método de las líneas un procedimiento más rápido y eficiente que permita realizar, un conjunto de simulaciones de forma sistemática que permita un análisis que modifique todos los parámetros para favorecer la reacción.

Metodología

Realizando los balances de materia y energía en uno de los tubos que conforman el reactor se obtienen las siguientes expresiones:

$$\frac{\partial T}{\partial z} = \frac{k_E}{G c_p}\left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right] - \frac{\Delta H_r \rho r'}{G c_p} \quad (1)$$

$$\frac{\partial uC}{\partial z} = \frac{D_E}{u}\left[\frac{\partial^2 uC}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial uC}{\partial r}\right] - \rho r' \quad (2)$$

Las condiciones fronteras de la pared del tubo de radio R son:

$$r = R \qquad \frac{dT}{dr} = \frac{-U}{k_E}(T' - T) \qquad \text{y} \qquad \frac{dx}{dr} = 0 \qquad \text{C.F. 1}$$

 ISSN 2007-8102

En el centro del tubo se establecen:

$$r = 0 \qquad \frac{dT}{dr} = 0 \qquad \text{y} \qquad \frac{dx}{dr} = 0 \qquad \text{C.F. 2}$$

Mediante el empleo de la definición de conversión

$$x = \frac{u_0 C_0 - uC}{u_0 C_0} \tag{3}$$

Se obtiene:

$$\frac{\partial x}{\partial z} = \frac{D_E}{u}\left[\frac{\partial^2 x}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial x}{\partial r}\right] - \frac{\rho r'}{u_0 C_0} \tag{4}$$

El término de velocidad de reacción catalítica:

$$r' = 15100e^{-\frac{11000}{T}}\left[\frac{1-x}{11+x} - \frac{1.2x^2}{K(11+x)^2}\right] \tag{5}$$

El valor de 1.2 corresponde a la presión de operación de 1.2 atm., además:

$$K = 0.027e^{[0.021(T-773)]} \tag{6}$$

La doble funcionalidad tanto de x(z,r) como T(z,r) será sustituida por establecer ecuaciones fijas a determinados radios; esta discretización en una de las variables independientes, se conoce como el método de las líneas (Figura1).

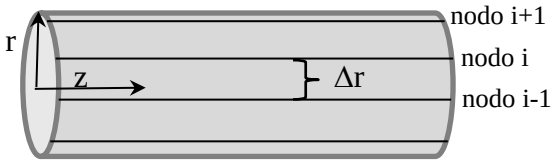


Figura 1. Discretización de la coordenada radial.

Una vez realizado el procedimiento las ecuaciones resultantes son:

$$\frac{dT_i}{dz} = A\left[\frac{T_{i+1} - 2T_i + T_{i-1}}{(\Delta r)^2} + \frac{1}{r_i}\frac{T_{i+1} - T_{i-1}}{2\Delta r}\right] - Br_i' \tag{7}$$

 ISSN 2007-8102

$$\frac{dx_i}{dz} = C\left[\frac{x_{i+1}-2x_i+x_{i-1}}{(\Delta r)^2} + \frac{1}{r_i}\frac{x_{i+1}-x_{i-1}}{2\Delta r}\right] - Dr_i' \quad (8)$$

Donde las constantes agrupan los parámetros de operación; para mayor detalle consultar la Tabla 1. Mientras que la discretización de las condiciones de frontera puede expresarse de la siguiente manera (considerando 10 nodos) [Osizik, 1968]:

Progresiva para r=0

$$0 = \frac{-3T_0 + 4T_1 - T_2}{2\Delta r}$$

Regresiva para r=R

$$\frac{U(T' - T_9)}{k_E} = \frac{T_7 - 4T_8 + 3T_9}{2\Delta r}$$

Definido el incremento del radio que se empleará durante el cálculo, se trabajó con 16 ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) generadas a partir de las ecuaciones 7 y 8, empleando el Software Embed™ (Solidthinking) con un incremento en la longitud del reactor tubular de 0.1 ft utilizando el método de integración Runge-Kutta de 4to orden.

Una vez establecidos los perfiles de conversión y temperatura se obtendrá el valor promedio en área transversal del tubo a partir de lo siguiente:

$$\frac{d\bar{T}}{dz} = \frac{\int_0^{2\pi}\int_0^R rT(r)drd\theta}{\int_0^{2\pi}\int_0^R rdrd\theta} \quad (9)$$

$$\frac{d\bar{x}}{dz} = \frac{\int_0^{2\pi}\int_0^R rx(r)drd\theta}{\int_0^{2\pi}\int_0^R rdrd\theta} \quad (10)$$

Tabla 1. Parámetros utilizados en la simulación.

Nomenclatura	Valor	Unidades
P – Presión de operación.	1.2	atm
k_E – Conductividad térmica de la cama.	0.26	$BTU/hr \cdot ft \cdot °F$
G – Flux másico del vapor.	500	$lb/hr \cdot ft^2$
Cp – Calor específico de la mezcla de reacción	0.52	$BTU/lb \cdot °F$
Cp_g – Calor específico del gas de combustión.	0.24	$BTU/lb \cdot °F$
ΔH – Entalpía de reacción del etilbenceno.	60000	BTU/lb_{mol}
T' – Temperatura de la chaqueta.	1000	K
a – Relación Δr U/ k_E. En la frontera de la chaqueta	0.5	--
Δr – Incremento del radio.	0.02083	ft

R – Radio del reactor.	1/6	ft
ρ – Densidad del catalizador.	90	lb_{cat}/ft^3
n_s – Número de moles del vapor.	10	mol
u_0c_0 – Flujo molar.	0.152	lb_{mol}/hr
A – Relación de k_E/Gc_p.	0.001	ft
B – Relación de $\Delta H\rho r'/\ Gc_p$.	11538.5	$hr \cdot lb_{cat} \cdot K/lb_{mol} \cdot ft$
C – Relación de $D_E\ /\ u$	0.0014	ft
D – Relación de $\rho r'\ /\ u_0c_0$.	51.6711	ft^{-1}

Fuente: Jenson y Jefreys [1963]

Considerando que durante el desarrollo del cálculo se discretizó el comportamiento de la temperatura y la conversión respecto al radio, la integral de las funciones rT(r) y rx(r) se pueden calcular respectivamente empleando la sumatoria:

$$\int_0^R rT(r)dr = \sum_{i=1}^{7}\left[(r_{i+1} - r_i)\left(\frac{r_{i+1}T_{i+1}+r_iT_i}{2}\right)\right] \quad (11)$$

$$\int_0^R rx(r)dr = \sum_{i=1}^{7}\left[(r_{i+1} - r_i)\left(\frac{r_{i+1}x_{i+1}+r_ix_i}{2}\right)\right] \quad (12)$$

Resultados y discusión

Perfil de temperatura y conversión a lo largo del reactor tubular.

La Figura 2 (a) y (b) muestra el perfil de temperaturas en dos y tres dimensiones respectivamente; en la Figura 1 (a) se observa cómo cambia el perfil de temperatura a lo largo del reactor tubular para diferentes posiciones radiales, es decir, cada línea de la gráfica es un valor de radio constante; así mismo, en la Figura 1 (b) se puede notar el comportamiento de la temperatura a lo largo del reactor tubular para cualquier posición radial. En esta figura la simulación muestra una reacción fuertemente endotérmica, pues a pesar de mantener una temperatura constante de 1000 K sobre la superficie del reactor tubular la temperatura disminuye tanto en el sentido radial como en el longitudinal. Los perfiles de temperatura que muestran el menor descenso son los que corresponden al del etilbenceno que se encuentra cerca de la superficie del reactor tubular ya que, como se puede observar, a pesar de que al inicio del reactor existe una disminución de la temperatura del etilbenceno ésta se mantiene prácticamente constante a partir una longitud de un 1 ft. En contraste, para aquellas posiciones radiales del etilbenceno que están más alejadas de la superficie el comportamiento de los perfiles de temperatura es monotónico descendente y tanto al inicio como al final del reactor son los que alcanzan una menor temperatura (aproximadamente una caída de temperatura (ΔT) de hasta 180 K).

La Figura 3 (a) y (b) muestra el porcentaje de conversión de la deshidrogenación del etilbenceno, en dos y tres dimensiones respectivamente; en la Figura 3 (a) se observa cómo cambia el porcentaje de conversión a lo largo del reactor tubular para diferentes posiciones radiales del etilbenceno; así mismo, en la Figura 3 (b) se pone de manifiesto el comportamiento del porcentaje de conversión a lo largo del reactor tubular para cualquier posición radial. De esta figura se puede notar que las mayores conversiones se alcanzan cerca de la superficie del reactor tubular y van disminuyendo conforme se aleja radialmente de esa superficie, mientras que de manera longitudinal la conversión más alta se alcanza al final del reactor.

 ISSN 2007-8102

Con respecto a la conversión a lo largo del reactor, se detecta una caída de ésta (Δx) desde el centro del tubo a la pared de 0.2, la razón de esta baja conversión obedece a la alta reversibilidad de la reacción, al observar la ecuación 5 es posible visualizar que el segundo término del lado derecho contiene a la constante de equilibrio en el denominador, con un valor pequeño de modo que la magnitud es una cantidad que compite con el primer término.

Al comparar los resultados del presente trabajo con los resultados por Walas [1991] se observan comportamientos muy cercanos con pequeñas diferencias, sin embargo, es preciso aclarar que debido a la simplificación en una dirección que se realiza con el método de las líneas, las C.F. 1 y C.F. 2 se aproximan con diferencias de tres puntos (ver apéndice), esto otorga mayor estabilidad y confiabilidad a los cálculos realizados.

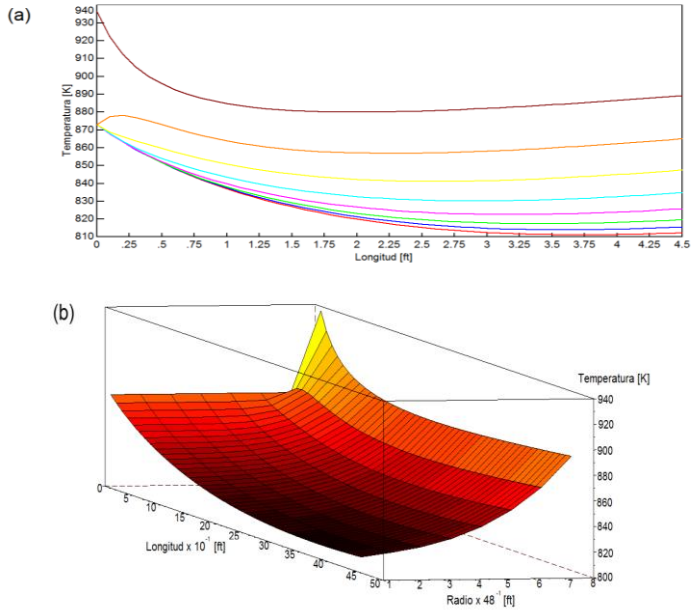
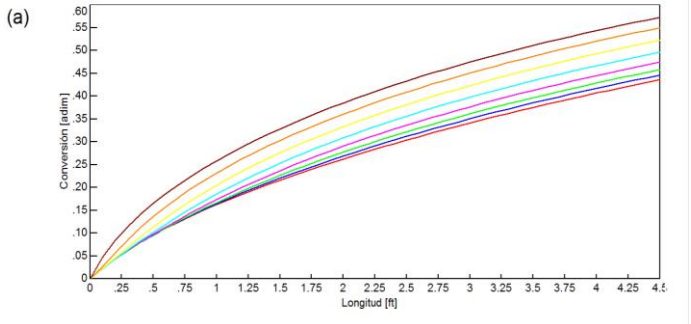


Figura 2. Gráficas del perfil de temperatura a lo largo del reactor tubular. (a) Gráfica 2D de temperatura y longitud. (b) Gráfica 3D de temperatura, longitud y radio.



 ISSN 2007-8102

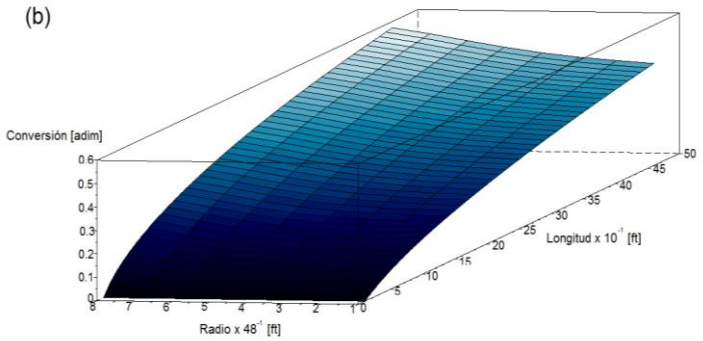


Figura 3. Gráficas del perfil de conversión a lo largo del reactor tubular. (a) Gráfica 2D de conversión y longitud. (b) Gráfica 3D de conversión, longitud y radio.

La Figura 4a y la Figura 4b presentan respectivamente la temperatura y la conversión transversal al flujo a las diferentes posiciones de la longitud del reactor tubular, se reitera la endotermicidad de la reacción pues es posible observar que hasta una longitud de tres pies la temperatura empieza a aumentar y lo hace de forma lenta. Por este motivo, la conversión promedio solo alcanza un valor de 50%.

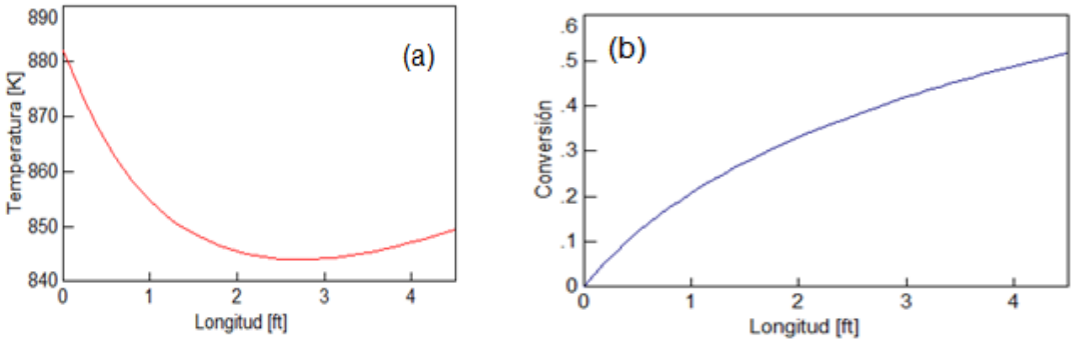


Figura 4. (a) Perfil de temperatura promedio y (b) conversión promedio dentro del reactor tubular

Trabajo a futuro

Con el código calibrado con la simulación de Walas [1991] está en posibilidad de modificar sus parámetros y de este modo realizar un análisis de sensibilidad, una simulación de control distribuido, así como la posibilidad de agregar una corriente de recirculación que logre mayores conversiones. Lo anterior también conlleva a establecer una simulación que incluya la separación de los efluentes del reactor y la recirculación del reactivo en exceso.

Conclusiones

Fue posible implementar el método de las líneas para este sistema de 2 EDP, al momento debemos realizar más simulaciones sobre todo cercanas a 600 K, ya mencionó Speight [2002] que a temperaturas mayores existe la posibilidad de descomposición de la sustancia, se realizó la simulación con los valores de Walas [1991] con la intensión de tener la certeza del cálculo realizado, es preciso, asimismo con la integración de diferencias finitas de tres puntos se aumentó la precisión del cálculo.

Agradecimientos

Los autores agradecen los recursos financieros otorgados para el desarrollo del presente trabajo, en particular a los programas UNAM-DGAPA-PAPIIT IA106518 y UNAM-DGAPA-PAPIIT TA100919).

Referencias

1. Osizik, N. (1968). Boundary value problems of heat conduction. *Dover publication Inc. New York*.
2. Pérez, A., Pérez, E. y Segura, R. (2017). Simulation of the Styrene Production Process Via Catalytic Dehydrogenation Of Ethylbenzene Using CHEMCAD® Process Simulator. Revista Tecnura, **21**(53), 15-31.
3. Snyder, J. & Subramaniam, B. (1994). A Novel Reverse Flow Strategy for Ethylbenzene Dehydrogenation in a Packed-Bed Reactor. *Chem. Eng. Sci.* **(49)** 5585-5601.
4. Speight, J. (2002). Chemical and Process Design Handbook. McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
5. Walas, S. (1991). Modeling With Differential Equations in Chemical Engineering, Butterworth-Heinemann. U.S.
6. Jenson, V.G. Jeffreys, G.V. (1963). Mathematical Methods in Chemical Engineering, London, New York, Academic Press.

Perfiles dinámicos de enfriamiento para la cristalización de estevia (Rebaudiósido A) mediante instrumentos virtuales

E. Bolaños Reynoso [1], A. G. Preciado Vargas[1], L. López Zamora[1], C. L. Ramos Moreno[1] y K. B. Sánchez[2] Sánchez[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz., México
[2]Instituto Tecnológico de Celaya, Av. García Cubas 1200, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato., México
**eusebio.itorizaba@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se experimentó en un cristalizador por lotes de vidrio de borosilicato, para inducir la nucleación y determinar la temperatura y concentración mediante adquisición de imágenes. Se diseñó una interfaz gráfica en LabVIEW 2017 que trabaja en conjunto con las funciones del módulo de comunicaciones de NI-Visa y la paquetería de funciones de JULABO para la automatización y control del cristalizador. Se incluyó una interfaz de perfil de temperatura la cual recibe y almacena datos de temperatura del interior del cristalizador, del agua que circula por la chaqueta y del baño térmico. Igualmente se realizaron los balances de materia y energía para la obtención de perfiles de temperatura para la cristalización de la mezcla Rebaudiósido A-Agua-Etanol.

***Palabras clave**: cristalización, enfriamiento, temperatura, rebaudiósido A.*

Abstract

It was experimented in a batch crystallizer of borosilicate glass, to induce nucleation and determine temperature and concentration by image acquisition. A graphical interface was designed in LabVIEW 2017 that works in conjunction with the functions of the NI-Visa communications module and the JULABO function package for the automation and control of the crystallizer. A temperature profile interface was included which receives and stores temperature data from inside the crystallizer, from the water that circulates through the jacket and from the thermal bath. Likewise, the material and energy balances were performed to obtain temperature profiles for the crystallization of the Rebaudioside mixture A-Water-Ethanol.

***Key words**: crystallization, cooling, temperature, rebaudioside A.*

Introducción

Durante los últimos años a nivel mundial, el uso de edulcorantes naturales y artificiales se ha incrementado debido al consumo de alimentos dulces, ante tal situación se requiere de estudios acerca de nuevos edulcorantes preferentemente de origen natural que satisfagan las necesidades de los consumidores. Tal es el caso de los glucósidos de esteviol provenientes de las hojas de la planta Stevia rebaudiana Bertoni. Uno de los glucósidos que se encuentra en mayor proporción en la planta es el Rebaudiósido A, tiene un poder endulzante 300 veces mayor que el azúcar comercial, aporta cero calorías, tiene sabor agradable, se puede obtener con pureza superior al 97% y está aprobado por el comité Mixto de Expertos FAO/OMS en Aditivos Alimenticios (JECFA) como un edulcorante de consumo seguro. Para realizar el estudio de la cristalización de nuevos productos edulcorantes (Estevia), se requiere de una planta piloto que permita adquirir y generar señales de manera adecuada para realizar el control e implementación de trayectorias programadas de temperatura, velocidad de agitación y densidad. La arquitectura de tarjetas programables Arduino representa una opción adecuada para la instrumentación de una planta piloto, ya que cuentan con numerosos puertos de comunicación análoga mediante PWM (0 – 5 v) y digital, lo que permite el empleo de múltiples sensores disponibles en el marcado de forma simultánea. Sin embargo, su programación y visualización no es la adecuada para ser empleada por un operador de la planta piloto, por lo que su acoplamiento con LabVIEW 2017 para el diseño de una interfaz gráfica mezcla los beneficios de ambos sistemas.

En este trabajo se diseña una interfaz gráfica para adquirir y almacenar datos de los perfiles de enfriamiento para la cristalización por lotes de la mezcla Rebaudiósido A – Agua – Etanol a través de una arquitectura Arduino y un

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

baño térmico de recirculación programable. Se presentan los balances de materia y energía realizados para la obtención de dichos perfiles.

Metodología

Materia prima: Rebaudiósido A
Consiste en un polvo cristalino color blanco con 95% de pureza (marca “stevia” Bonda), no presenta olor desagradable, fácilmente soluble en agua-etanol, de sabor dulce. Es de uso alimenticio y saludable, puede emplearse como endulzante en productos de panadería, lácteos, bebidas, repostería, etcétera. Tiene un contenido energético de 0 kcal y nulo contenido de proteínas, grasas, fibra dietética, colesterol y sodio.

Cristalizador por lotes de vidrio de borosilicato
Se empleó un cristalizador por lotes de vidrio con capacidad de 1 L tipo tanque con agitadores de acero inoxidable tipo propela y paleta plana y chaqueta para el control de temperatura con capacidad de 500 ml [1].

Baño de recirculación programable
Se utilizó un baño de recirculación programable con calefacción y refrigeración de líquidos en el tanque (termostático) modelo F34-MD marca JULABO. Cuenta con un control activo de refrigeración (ACC) donde el compresor de refrigeración se activa para todo el rango de temperaturas (-30 – 150 °C), maneja un volumen de 15 L, posee una desconexión automática en caso de perturbación y es controlado por medio de la computadora a través de un puerto de comunicación en línea RS232C.

Microscopio Primo Star iLED
Se utilizó un modelo 37081 de la marca Carls Zeiss tiene un diseño compacto. Cuenta con un módulo de iluminación de lámpara halógena, iluminación LED, indicadores de la intensidad luminosa en azul, platina de desplazamientos en cruz 75x30 para el manejo desde la derecha/izquierda con sujeta objetos, cuatro objetivos de un alto poder resolutivo con óptica corregida a infinito del tipo “Plan-ACHROMAT” con aumentos de 4x, 10x, 40x 100x/Oil (aplicaciones con aceite de inmersión) para campo claro, oscuro y contraste de fases en luz transmitida.

Refractómetro automático de ángulo crítico
Modelo ATR-ST de la marca SCHMIDT HAENSCH mide el índice de refracción (IR) de medios líquidos independientemente de la opacidad, viscosidad y color, consiste en un cabezal de medición colocado en la parte superior y una interfaz de usuario en la superficie frontal, en la configuración estándar muestra los resultados de índice de refracción, porcentaje de sustancia seca (°Brix y % glucosa) y temperatura.

Obtención de perfiles dinámicos de temperatura
Se realizaron dos corridas experimentales para las cuales se preparó una solución saturada de Rebaudiósido A – Etanol – Agua a 65/35 % v/v a 60°C. Por medio de un perfil de enfriamiento natural con cambios escalón de -10°C en la temperatura de la chaqueta. Así, la temperatura interior del cristalizador comenzó con 60°C, posteriormente disminuyó a 50°C, 40°C, respectivamente; hasta llegar a 10°, para la obtención de la temperatura dentro del cristalizador se colocaron sondas de temperatura digitales modelo DS18B20, los cuales registraban la temperatura con resolución de 0.06 °C. La velocidad de agitación se especifica al inicio de cada corrida (100rpm) y se mantiene constante durante todo el proceso [2].

Diseño de interfaz gráfica para obtención de perfiles dinámicos de temperatura
El proceso inicia con un ciclo que recibe datos boléanos los cuales dan paso al Case Estructure en el cual se ingresa la ruta donde serán almacenados los datos (Fecha, Hora, Tiempo transcurrido, Setpoint y Temp. Interna), posteriormente se tiene un ciclo que permite obtener los datos que serán almacenados, iniciando por la Fecha y Hora, posteriormente el Tiempo transcurrido, Setpoint y Temp. Interna, son enviados mediante un indicador numérico y se gráfica. Para la obtención del tiempo transcurrido se inicia en conjunto con el almacenamiento de datos mediante un Flat Sequence, pasa a un ciclo While Loop donde inicia el conteo del tiempo, el cual se toma en segundos. Iniciando desde un indicador boleano>> Conteo del tiempo>> para finalmente mostrarlo mediante un indicador numérico [3].

Resultados y discusión

Balance de materia para la obtención de perfiles dinámicos de enfriamiento para la cristalización del sistema Rebaudiósido A – Etanol - Agua

Los balances de materia y energía son requeridos para complementar la descripción del proceso de cristalización. Partiendo del balance de masa para el soluto en la fase continua está dado por:

$$\frac{d(V_C C)}{dt} = -\sum \varepsilon_k Q_k C_k - R \quad (1)$$

Donde Vc es el volumen libre de solidos o la fase continua, V es el volumen total de la solución, C es la concentración del soluto, ε es la fracción libre de solidos (Vc/V), Q es la velocidad de flujo volumétrico, el subíndice k indica la corriente y R es la velocidad global de transferencia de masa del soluto de la solución hacia los cristales [4].

Partiendo del balance de masa para el soluto en fase continua, sustituyendo la ε y considerando que tenemos un cristalizador tipo batch (por lotes) en donde no existen flujos entrando y saliendo del sistema, entonces la ecuación queda:

$$\frac{d(\varepsilon VC)}{dt} = -R \quad (2)$$

Para analizar el término que queda de lado derecho de la ecuación R (transferencia de soluto de la solución de cristales) se considera el balance de población realizado en (Bolaños Reynoso, 2000), de donde se obtuvo:

$$\frac{\partial(nV)}{\partial t} + V\frac{\partial(Gn)}{\partial L} = VB^0\delta(L - L_0) + V(B_e + B_c + B_a - D(L)) \quad (3)$$

De donde:

$$\alpha(L) = B_e + B_c + B_a - D(L) \quad (4)$$

Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

$$\mu_j = \int_0^\infty nL^j dL \quad (5)$$

$$B^0\delta(L - L_0) = B^0 \quad (6)$$

Después de sustituir estos términos y de utilizar la integración por partes, el balance de masa es:

$$\frac{d(\varepsilon VC)}{dt} = -\rho_c K_v h[3\int_0^\infty GnL^2 dL + B^0 L_0^3] \quad (7)$$

Para obtener la concentración del soluto por masa de solvente base, se efectúa el siguiente procedimiento:

$$h\frac{1}{V}\frac{d(\varepsilon VC)}{dt} = -\rho_c K_v h[3\int_0^\infty GnL^2 dL + B^0 L_0^3]\frac{1}{V}h \quad (8)$$

 ISSN 2007-8102

Obteniéndose:

$$\frac{d(C)}{dt} = -\rho_c K_v h[3\int_0^{\infty} GnL^2 dL + B^0 L_0^3] \quad (9)$$

Balance de energía

El balance de energía para el interior del cristalizador está dado por:

$$\frac{d}{dt}(U + KE + PE) = -\sum \rho_k Q_k (U_k + KE_k + PE_k) - H_{ext} + W \quad (10)$$

Donde U es la energía interna, KE y PE son las energías cinéticas y potencial, respectivamente; $\rho k \; y \; Qk$ son el flujo volumétrico y la densidad de la k corriente, respectivamente. $Hest$ es el calor neto removido (incorporando efectos del sistema de enfriamiento, entradas de energía debido al mezclado y perdidas a los alrededores); W es la velocidad neta de trabajo desempeñado por el fluido de transporte sobre el sistema.

Sustituyendo las ecuaciones de entalpía y trabajo en la ecuación anterior se tiene:

$$\frac{dH}{dt} = -\sum_k \rho_k Q_k H_K^*(T_k) - H_{ext} \quad (11)$$

Para el balance de energía del sistema de enfriamiento (agua en la chaqueta del cristalizador, se parte de un balance general de energía que a continuación se muestra:

$$\frac{[\boldsymbol{Acumulación\ de\ enrgía\ total}]}{\boldsymbol{tiempo}} = \frac{[\boldsymbol{Entrada\ de\ energía\ total}]}{\boldsymbol{tiempo}} - \frac{[\boldsymbol{Salida\ de\ energía\ total}]}{\boldsymbol{tiempo}} + \frac{[\boldsymbol{Energía\ suplida\ por\ el\ sistema}]}{\boldsymbol{tiempo}}$$

Finalmente el balance de energía para la chaqueta de enfriamiento queda como:

$$\rho_{ag} C\rho_{ag} V_{ag} \frac{d(T_{ag})}{dt} = \rho_{ag} C\rho_{ag} F_{agi}(T_{agi} - T_{ag}) + U_{G1} A_{T1}(T - T_{ag}) + U_{G2} A_{T2}(T_{amb} - T_{ag}) \quad (12)$$

Obtención de perfiles dinámicos de temperatura y diseño de interfaz gráfica

En la Figura 1 se puede observar cada uno de los componentes del panel de control de la interfaz gráfica para la obtención de perfiles dinámicos de temperatura. El proceso se inicia seleccionando los puertos COM (tanto del baño de recirculación (JULABO) como de las sondas digitales de temperatura el cual registra la temperatura dentro del cristalizador), los cuales se seleccionan en la pestaña de PROCESO. El puerto COM de Arduino ayudará a capturar la temperatura dentro del cristalizador, mientras que el puerto COM de JULABO ayudará a registrar la temperatura del agua de recirculación (la que circula por la chaqueta del cristalizador).

 ISSN 2007-8102

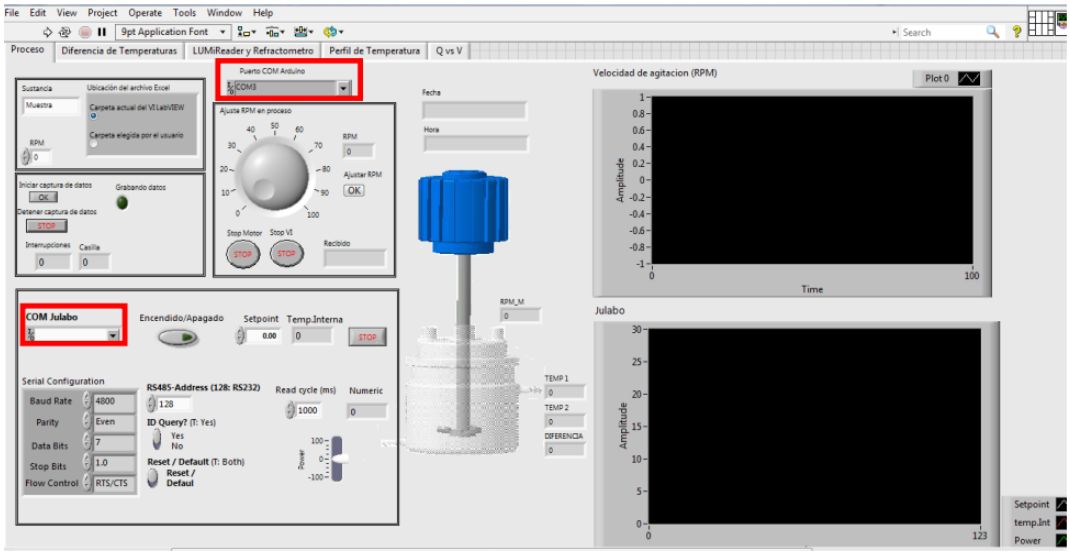


Figura 1. Selección de puertos COM para captura de datos

En la Figura 2 el gráfico que se muestra de lado derecho registra las temperaturas que son el setpoint (blanco), temperatura del baño de recirculación (interior de la chaqueta del cristalizador) (rojo), temperatura dentro del cristalizador (verde 1 punto y azul punto contrario) [5].

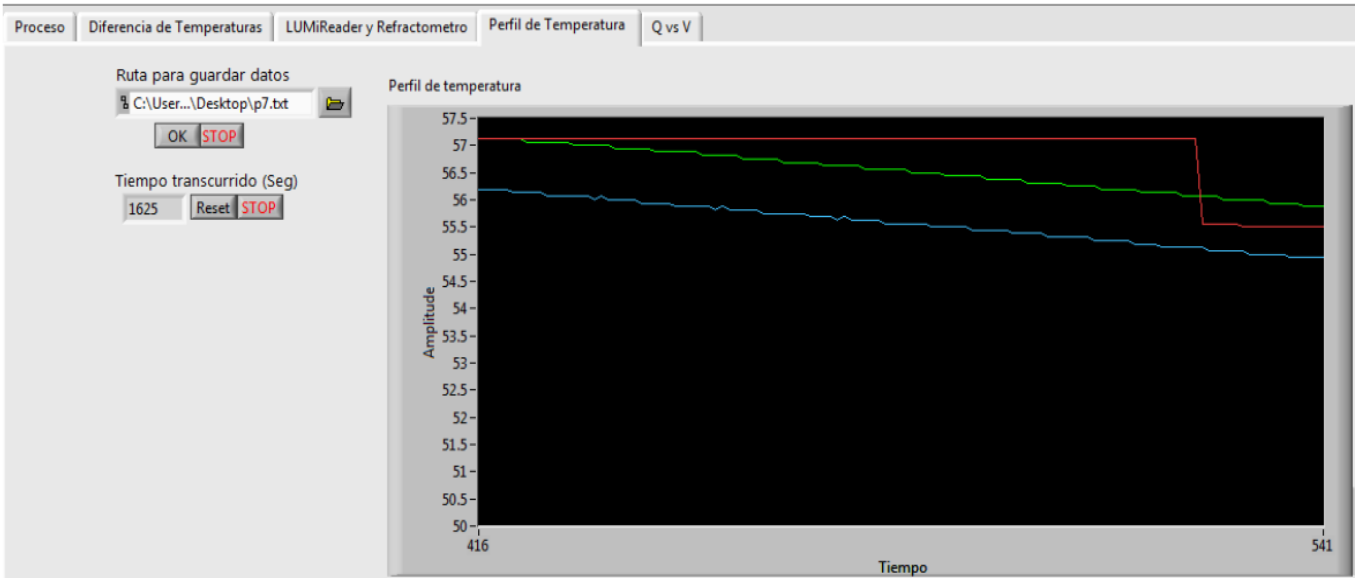


Figura 2. Interfaz gráfica para perfiles dinámicos de temperatura

Debido a que el proceso puede llegar a tardar más de 3hrs para bajar la temperatura de 60° a 10° con cambios escalón de -10° y los datos suelen ser demasiados, la gráfica va registrando los datos en tiempo real, para obtener un gráfico total de todo el proceso, una vez terminado el proceso y llegando a la temperatura deseada (10°), el programa guarda los datos en un documento de texto los cuales pueden ser exportados a Excel para realizar el gráfico del proceso como se muestra en la Figura 3.

 ISSN 2007-8102

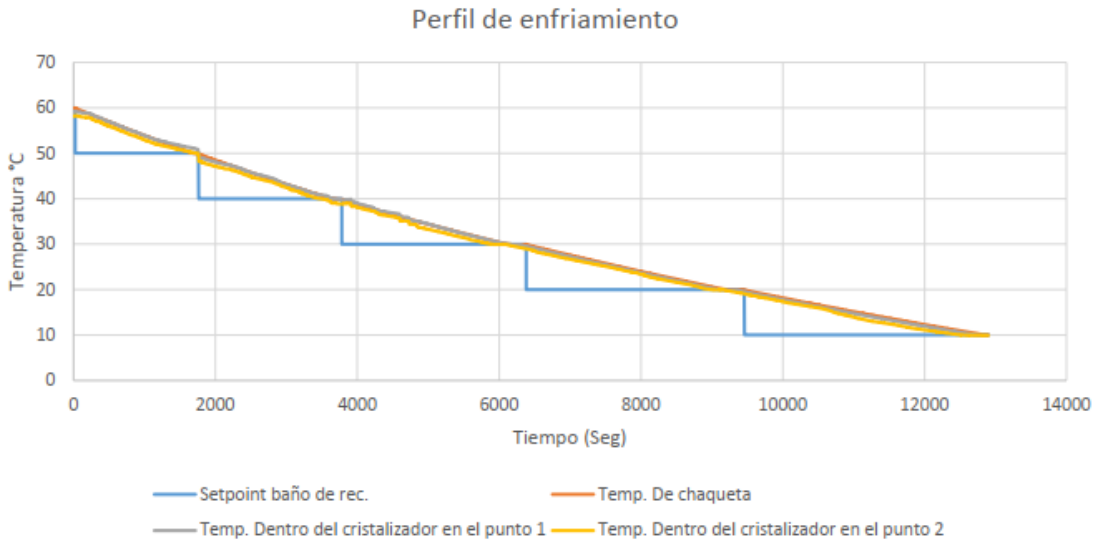


Figura 3. Gráfico realizado con los datos obtenidos de la interfaz

Características del producto cristalizado

Se obtuvo Rebaudiósido A cristalizado con morfología de aguja como se observa en la Figura 4 recuperando un promedio de 57% de soluto con características incoloras e inholoras.

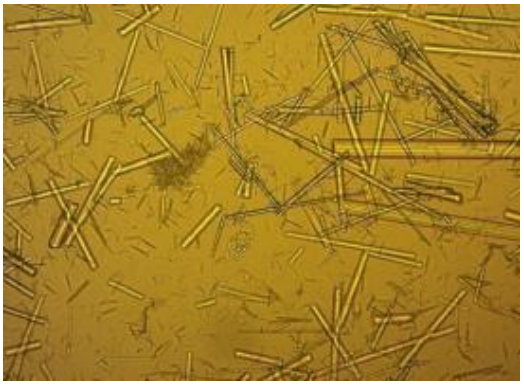


Figura 4. Micrografía de Rebaudiósido A cristalizado en solución etanol/agua

Trabajo a futuro

Programar la interfaz gráfica para que realice la gráfica de los datos almacenados y no solo la muestre en tiempo real, así como actualizar los equipos que realizan transferencia de datos mediante puertos RS-232 a equipos que realicen la trasferencia de datos mediante puertos USB para generar una conexión más rápida y eficiente.

Conclusiones

Con las corridas experimentales realizadas para la obtención de los perfiles dinámicos de temperatura, se estableció que el tiempo aproximado para una corrida es de 3-4 hrs para lograr el enfriamiento de 60 a 10°C y lograr la cristalización, de igual manera se logró obtener que la temperatura en donde se forma el mayor número de cristales es de 50°.

Referencias

1. Bolaños Reynoso, E. (2000). Tesis. Control y optimización de las condiciones de operación de cristalizadores batch por enfriamiento. Celaya, Mexico.

2. Bolaños R. E., Velázquez C. O., Antonio A. A., Pliego B. Y. (2009), Instrumentación Virtual para Uso de Perfiles de Concentración-Temperatura en un Cristalizador Batch por Enfriamiento, Coloquio de Investigación Multidisciplinaria (I.T. Orizaba), (ISBN 978-607-00-1687-5), 632-63.

3. Bolaños Reynoso E., Sánchez Sánchez K. B., Urrea García G. R., Ricardez Sandoval L. (2014), Dynamic Modeling and Optimization of Batch Crystallization of Sugar Cane under Uncertainty, Industrial and Engineering Chemistry Research, **(53)** 13180-13194.

4. Bolaños Reynoso E., Sánchez Sánchez K., López Zamora L., Ricardez Sandoval L. (2018), A study on empirical and mechanistic approaches for modeling cane sugar crystallization, Revista Mexicana de Ingeniería Química, **(17)** 389-406.

5. Sánchez Sánchez K. B., Bolaños Reynoso E., Urrea García J. R. (2017), Analysis of operating conditions for cane sugar batch crystallization based on MSZW coupled with mechanistic kinetic models, Revista Mexicana de Ingeniería Química, **(16)** 1031-1054.

Evaluación de esfuerzos en un tanque Imhoff por Método del Elemento Finito

*M. A. Tapia Estrada[1], N. Gutiérrez-Casiano[*1], E. Hernández-Aguilar[1], I. Sánchez Bazán[1], L. R. Melo González[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Oriente 6, Núm. 1009, Col. Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México
**nagutierrez@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El aumento de la población ha incrementado el volumen de aguas residuales urbanas por lo que plantas instaladas en los 90´s sobrepasaron su capacidad tal es el caso de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas formada por tanques Imhoff, para aumentar su capacidad se desea adaptar un proceso de electrocoagulación, no obstante, el peso de los electrodos somete a esfuerzos el tanque lo que podría derivar en fallas, fracturas y/o colapso posterior. Se realizó un estudio de esfuerzos por el método del elemento finito (MEF), evaluando diversas formas, materiales y cargas generadas por diferentes espesores de los electrodos empleados como soporte. Mediante un análisis estadístico de bloques incompletos, se encontró que el soporte para electrodos con menor esfuerzo y deformación son montenes de hierro con aislante. Las vigas de madera también son viables y aunque tienen mayor peso, no conducen la electricidad y no deforma el tanque Imhoff.

***Palabras clave**: tanque Imhoff, MEF, esfuerzos, electrodos*

Abstract

The population increase has increased the volume of urban wastewater so plants installed in the 90's exceeded its capacity such is the case of an urban wastewater treatment plant formed by Imhoff tanks to increase its capacity it is desired to adapt an electrocoagulation process, however, the weight of the electrodes stresses the tank which could lead to failures, fractures and / or subsequent collapse. An effort study was carried out by the finite element method (FEM), evaluating various forms, materials and charges generated by different thicknesses of the electrodes used as support. By means of a statistical analysis of incomplete blocks, it was found that the support for electrodes with less effort and deformation are iron mount with insulator. Wooden beams are also viable and although they have greater weight, they do not conduct electricity and do not deform the Imhoff tank.

***Key words**: Imhoff tank, FEM, stresses, electrodes.*

Introducción

El inventario nacional de PTAR doméstica, señala que existen de las 1593 plantas que operan en el país, únicamente 15 corresponden a plantas de tratamiento primario o sedimentación [Vázquez y López, 2011], desafortunadamente no todas operan correctamente este problema no sólo se ha presentado en México, por ejemplo, aproximadamente el 30 % de las plantas colombianas se encuentran fuera de operación o registran bajos niveles de eficiencia por razones de orden técnico [Chaux y Zambrano, 2011]. El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario para la remoción de sólidos suspendidos [Brotons, 2011]. Los tanques tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas [Villarroel, 2012], para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de criado y remoción de la arena.

En este tanque se usa un proceso anaerobio en el que se realiza la sedimentación de sólidos este tipo de tanque se utiliza para poblaciones menores a 5 mil habitantes [Alfonso, 2016], el proceso consiste en una sedimentación e los sólidos, seguida de una digestión anaerobia de la materia orgánica y de los lodos generados. Este tipo de tanque se construye en un tipo de concreto armado, con su forma cuadrangular o rectangular, en la Figura 1 se

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

muestra la cámara de gases y las cámaras de sedimentación, así como las zonas A, B y C en donde Palma [2018] instaló electrodos para el proceso de electrocoagulación.

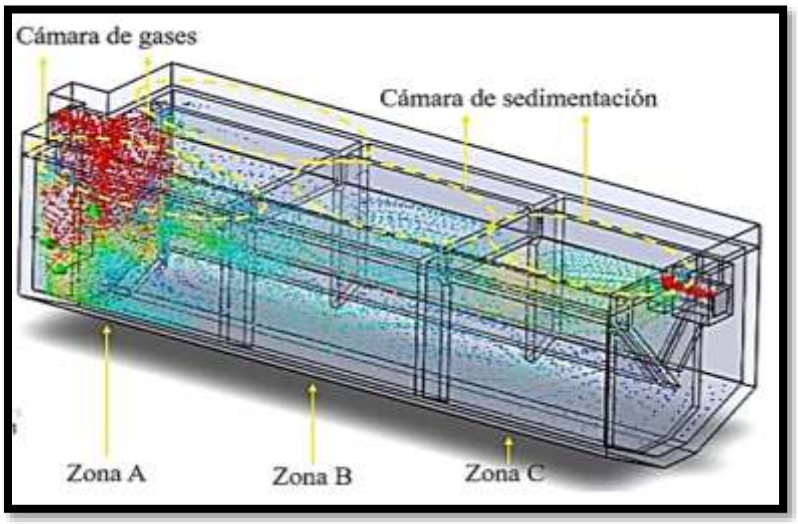


Figura 1 Zonas del tanque Imhoff

En el proceso de operación de los tanques Imhoff, las aguas residuales a tratar pasan a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos bajan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación para posteriormente pasar a la cámara de digestión por la ranura con traslape que existe en el fondo del sedimentador. Este traslape su función principal es impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, causado por la digestión, interfiera en el proceso de la sedimentación. Estas partículas o gases ascendentes, que no se pueden procesar en la digestión, se desvían a la cara de natas o área de ventilación.

Para obtener un proceso de remoción de contaminantes con mayor eficiencia en los tanques Imhoff es posible adaptar un proceso de electrocoagulación como el reportado por Palma [2018]. Para la adaptación de los electrodos colocó una placa como la mostrada en la sección 9 de la Figura 2.

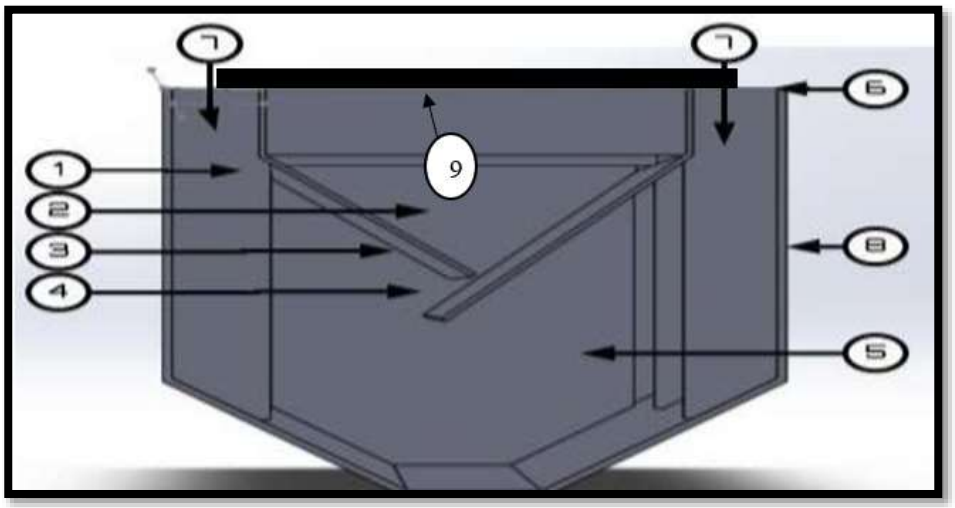


Figura 2 Secciones del tanque Imhoff 1) Lodos Flotantes, 2) Cámara de digestión, 3) Tabiques inclinados para desplazamiento, 4) Ranura para paso de lodos, 5) Cámara de digestión de lodos, 6) Caja de válvula de compuerta, 7) Carama de gases, 8) válvula compuesta, 9) Placa que sostiene electrodos.

El método del elemento finito (MEF) es una herramienta de cálculo que permite representar la totalidad de un medio continuo, agrupando partes con propiedades y características similares en elementos de tamaño variable. Este incremento de elementos representados en el modelo, y la variabilidad de su tamaño, permite el uso de ecuaciones diferenciales asociadas al problema en cuestión, reduciendo en gran medida la perdida de información al generar el modelo de cálculo. Es por esta que podemos afirmar que el método de los elementos finitos ha alcanzado una vital importancia con el desarrollo tecnológico, permitiendo por medio de software la optimización [Reséniz, 2011] significado un gran avance en el mundo de la ingeniería [Portabella, 2014].

Las aplicaciones van desde el análisis de esfuerzos y deformaciones en áreas de transferencia de calor, mecánica de fluidos, hidráulica, estructuras, etc., por lo tanto, en la solución de problemas de análisis de esfuerzos, se establece modelos que ayudan a resolver; si bien el modelo se puede llevar a cabo mediante un número bien definido de elementos o componentes, tal problema se denomina discreto. La base de esta herramienta de análisis es construir un prototipo por ensamblaje contiguos de subdivisiones en formas geométricas simples llamadas elementos finitos, es decir, un continuo es dividido en un número finito de elementos, este proceso es llamado discretización. Los elementos deben estar interconectados en puntos llamados nodos, que ayudan para aproximar la distribución o variación de desplazamientos reales sobre elemento fonito [Mora, 2016].

Metodología

Se realizó un estudio de los esfuerzos empleando el método del elemento finito (MEF), con la finalidad de evaluar las diversas formas de los soportes para electrodos, materiales para los soportes, así como las cargas generadas por diferentes espesores de los electrodos, dicho análisis se realizó mediante un análisis estadístico de bloques incompletos (Tabla 1).

Tabla 1 Diseño factorial de bloques incompletos

Material	Formas		
	Vigas	Montenes	Planchas
Madera	C1	-	C1
	C2	-	C2
	C3	-	C3
	C4	-	C4
	C5	-	C5
Concreto	C1	-	C1
	C2	-	C2
	C3	-	C3
	C4	-	C4
	C5	-	C5
Fierro	-	C1	C1
	-	C2	C2
	-	C3	C3
	-	C4	C4
	-	C5	C5

Diseño en SolidWorks

Se diseñó en el software *SolidWorks* cada una de las piezas utilizando la escala real tomando como referencia una planta de tratamiento de aguas residuales conformada por 3 tanques Imhoff colocados en serie, similar a la planta que se muestra en la Figura 3.

 ISSN 2007-8102



Figura 3 Tanque Imhoff

Se diseñaron las paredes de la cámara de digestión del tanque Imhoff la probeta A con un grosor de 0.15 m una altura de 2.48 m y un ángulo de 140° a la altura de 0.70 m con largo de 4.85 m. La probeta B tiene un grosor de 0.15 m, una altura de 2.8 m con ángulo de 140° a la altura de 0.15 m con un largo de 4.85 m (Figura 4) a escala real. Posteriormente, se fabricó una lámina de 2.425 m de largo por 4 metros de ancho con un grosor de 0.10 m colocándola a la mitad de los 4.85 m que mide de largo la cámara de digestión.

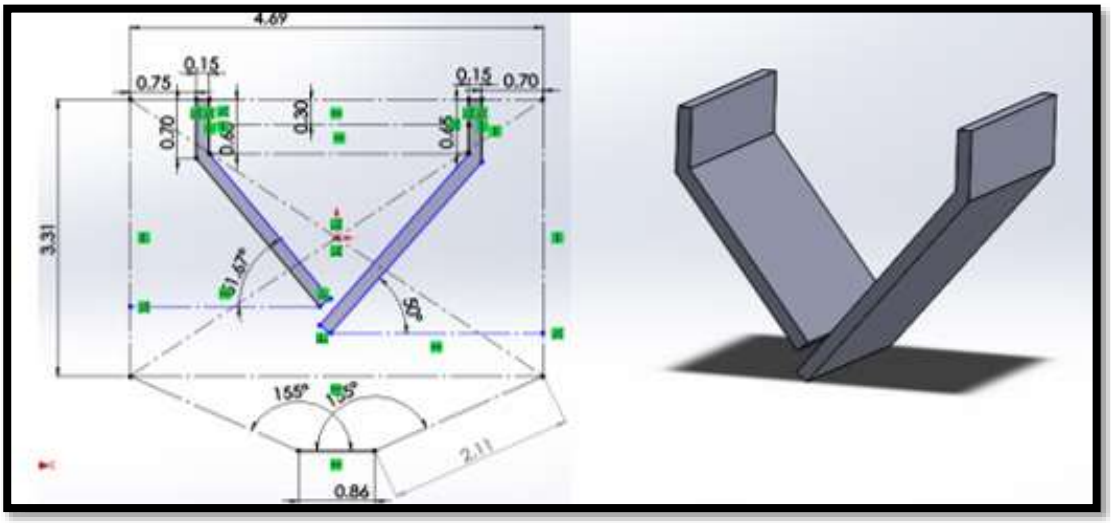


Figura 4 Diseño real de las paredes de la cámara de digestión

Determinación de esfuerzos por MEF

La determinación de esfuerzos se realizó por el método del elemento finito, ya que al ser una prueba no destructiva permitió hacer el estudio de compresión con el paquete de simulación *SolidWorks Simulation* Tensiones, se fijaron las paredes de cada probeta como se muestra en la Figura 5.

 ISSN 2007-8102

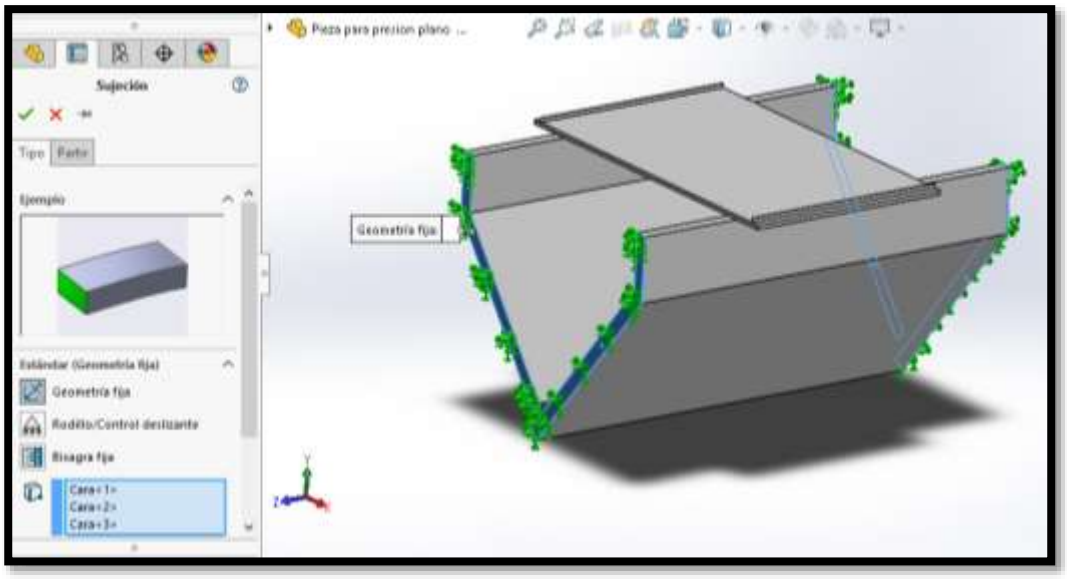


Figura 5 Fijación de paredes

La información proporcionada al software fue el tipo de material de los soportes para los electrodos los cuales fueron concreto (en forma de placas y vigas), madera (en forma de placas y vigas), y hierro (en forma de placas y montenes). Se introdujo el módulo elástico y la relación de poisson del concreto, las características de los espesores se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Características de los espesores de los electrodos

Espesor (m)	Volumen (m^3)	Masa (kg)	Fuerza (N)
0.005	0.18125	485.375	4761.5287
0.002	0.0725	195.75	1920.3075
0.001	0.03625	97.875	960.1537
0.0006	0.02175	58.725	376.0922
0.0003	0.01087	29.3625	288.0461

Resultados y discusión

Evaluación del efecto de la forma y material en la determinación de esfuerzos por medio de un diseño factorial de bloques incompletos

El análisis de varianza, muestra que el material no tiene un efecto significativo sobre la tensión. Por otro lado, la forma y la carga tienen valores de p menores a 0.05 por lo que existe un efecto significativo en las tensiones y en las deformaciones, de acuerdo a Reséniz [2011] las deformaciones excesivas pueden producir una estructura inestable o puede dejar de funcionar, al interferir con otros componentes.

La interacción forma y carga tiene un efecto significativo en las tensiones ejercidas sobre el tanque Imhoff y la combinación de los factores carga y material no tiene un efecto significativo con un nivel de confianza del 95% como se muestra en la Tabla 3. Es importante destacar el diseño factorial se ajustó con un 99.98% eso quiere decir que el modelo tiene una gran efectividad, por lo que el 0.02% es de factores que no se contaron en cuenta y representa un margen de error mínimo.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3 Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	GL
Modelo	24	1.22021E+19	5.08420E+17	5168.47	0.000	24
Lineal	8	9.34343E+18	1.16793E+18	11872.85	0.000	8
Formas	2	4.10982E+18	2.05491E+18	20889.65	0.000	2
Cargas	4	5.22648E+18	1.30662E+18	13282.75	0.000	4
Material	2	7.67939E+13	3.83970E+13	0.39	0.696	2
Interacciones de 2 términos	16	4.04767E+18	2.52979E+17	2571.72	0.000	16
Formas*Cargas	8	4.04021E+18	5.05026E+17	5133.96	0.000	8
Cargas*Material	8	4.14405E+14	5.18006E+13	0.53	0.800	8
Error	5	4.91848E+14	9.83697E+13			5
Total	29	1.22026E+19				29

En la Figura 6 se puede observar que la forma es el factor que tiene mayor efecto sobre las tensiones. En el caso de las placas que son estructuras continuas las cargas son absorbidas por el sólido por un efecto de flexión y de deformación transversal. Por otra parte, en las vigas se sabe que el esfuerzo axial esta desacoplado de la flexión en el caso de pequeñas deformaciones [Celigûeta, 2011]. El análisis, la carga presenta un menor efecto sobre la tensión sin dejar de ser significativo y finalmente la combinación de estos factores también es de importancia en los esfuerzos ejercidos sobre el tanque Imhoff. El material y la combinación entre material y cargas no contienen un efecto en el modelo y tienen un valor menor a 2.6. Además, Espinoza [2015] indica que las deformaciones se relacionan con los cambios en la forma de la estructura que generan las cargas aplicadas.

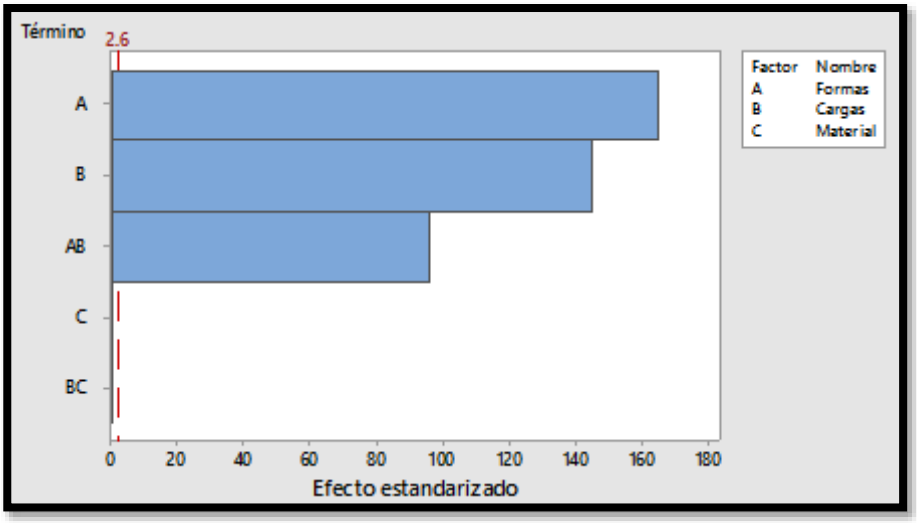


Figura 6 Diagrama de efectos estandarizados

En la Figura 7 podemos notar en la gráfica de efectos principales que el material no tiene un efecto sobre el modelo. La forma 1 (vigas) y la 2 (montenes) son los que tienen una mejor respuesta sobre el esfuerzo dado que en las vigas no ocurre un pandeo lateral [Kubde y Sangle, 2017] a diferencia de la forma 3 (placa) la cual está muy alejada de la media, esto se debe a que las placas no están diseñadas para soportar cargas perpendiculares a su plano, debido a esto si se desea utilizar placas se sugiere emplear placas con refuerzos diagonales [Sánchez

 ISSN 2007-8102

y col., 2017]. Los resultados obtenidos para la viga (800 MPa) difieren de los obtenidos por Reséniz [2011] quien obtuvo un esfuerzo máximo de 100 MPa, esto se debe a la instalación de la viga en el tanque Imhoff está soportada en 2 puntos, es por ello que resiste un mayor esfuerzo. Por último, al analizar las cargas se busca una menor carga es decir, que los electrodos de 0.0003 y 0.0006 (carga 1 y carga 2) son los que menor tensión ejercen sobre las placas y las paredes del tanque.

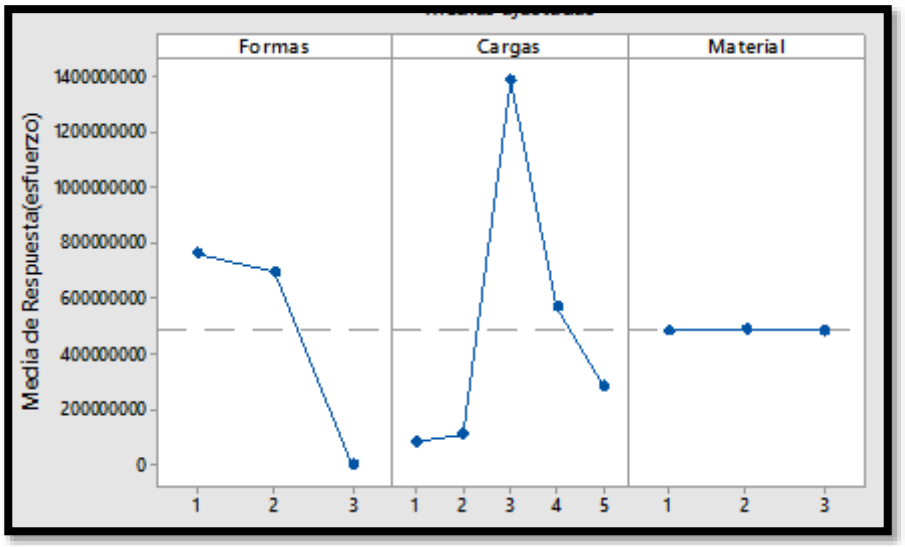


Figura 7 Efectos principales de Formas (placa, viga y monten), efecto de carga (0.0003, 0.0006, 0.001, 0.002 y 0.005) y efecto de material (madera, concreto y hierro)

Se realizó una gráfica de interacción entre cargas y forma, sobre el efecto que tienen estás en los esfuerzos (Figura 8) en la primera gráfica de formas y cargas la mejor media ajustada es la carga 1 la cual corresponde a la ejercida por un electrodo de 0.0003 m y la que tiene mayor carga es la 3 que consiste la medida de 0.005 m. En la segunda gráfica se observa como la combinación forma y material no tienen impacto en el modelo por lo que no se generó gráfica. Finalmente, la gráfica de cargas con material se pudo leer las 5 cargas afectan de la misma manera por lo que las gráficas quedaron superpuestas.

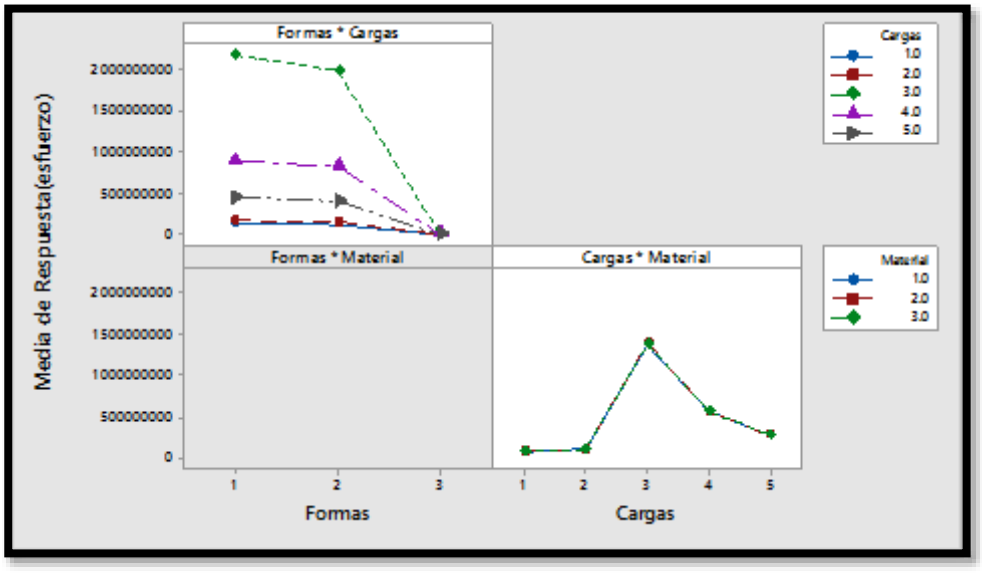


Figura 8. Gráfica de interacción para respuesta de esfuerzos Formas/Cargas, Formas/Material y Cargas/Material

Trabajo a futuro

Se propone realizar el modelo a escala y realizar el estudio con pruebas no destructivas y hacer una evaluación del error. Así como la búsqueda de otros materiales que permitan disminuir el esfuerzo y deformación.

Conclusiones

Al evaluar la cámara de digestión del tanque Imhoff por el MEF con tres diferentes materiales (concreto, hierro y madera), cinco diferentes cargas (0.0003, 0.0006, 0.001, 0.002 y 0.005) y tres formas (placa, viga y monten) donde todas las placas no son viables por la deformación que contiene en las palcas y en algunos casos en las paredes de la cámara de digestión.

Al emplear vigas (madera y concreto) se obtuvo estabilidad en el esfuerzo y una deformación reducida a comparación de las placas, la viga de madera es viable al no deformar el tanque Imhoff y no fracturarse. Sin embargo, si se deforman por lo que sería necesario incrementar el número de vigas. Por último y el más importante, el monten de hierro es el viable por el motivo que de las tres formas es el que su deformación es el menor y resiste una alta tensión ejercida por tal motivo se recomienda utilizar, la desventaja de este material es que requiere de un aislante por los electrodos que utilizaran energía eléctrica y al no utilizar un aislante puede producirse un arco eléctrico.

Referencias

1. Alfonso, M. (2016). Evaluación del tanque Imhoff en el tratamiento de las aguas residuales en el municipio de Colmenar, Málaga. *Aporte Santiaguino.* **(2)** 237-252.
2. Brotons, M. (2011). La maximización del beneficio en las empresas depuradoras de aguas residuales - el caso de Valencia (España). *Estudios Gerenciales.* **(120)** 147-164.
3. Celigûeta, L. (2011). Método de los elementos finitos para análisis estructural. (Cuarta ed.). Madrid: Unicopia.
4. Chaux F. and Zambrano A. (2011). Wastewater treatment by anaerobic reactors of vertical parallel plates in acrylic. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, **(2)** 159-169.
5. Espinoza H. (2015). *Análisis por elemento finito del crecimiento de grieta por fatiga en la soldadura longitudinal de una tubería API 5L gr de acero al carbono de 20",* Universidad Nacional experimental politécnica "Antonio José de Sucre", Venezuela.
6. Kubde, P. and Sangle, K. (2017). Ampliación del método da resistencia directa para dimensionar paredes de marco de acero. *Alconpat.* **(2)** 172-185.
7. Mora B. (2016). *Evaluación del efecto que tiene la forma y el material de probetas diseñadas y construidas para la derminación de esfuerzos por fotoelasticidad bidemensional*, Universidad Veracruzana, Orizaba.
8. Palma P. (2018). *Efecto de electrocoagulación con ánodo de aluminio y cátodo de hierro en un tanque Imhoff para el tratamiento de aguas residuales rurales* , Universidad Veracruzana, Orizaba.
9. Portabella, C. (2014). *Un procedimiento para cálculo de estructuras por el método de elementos finitos con errores prefijado utilizando refinamiento de malla adaptativo.* UPC, Barcelona.
10. Reséniz, C. (2011). *Evaluación del campo de esfuerzos residuales en cilindros sometidos a presión interna, aplicando el método de elemento finito.* Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica, Ciudad de México.
11. Sánchez, M., Capote, G. and Carrillo, J. (2017). Experimental and numerical evaluation of the mechanical behavior of diagonally reinforced plates subjected to the effect of residual thermal stresses. *Ingeniería e Investigación.* **(3)** 124-132.
12. Vázquez G. and López O. (2011). Evaluación técnica de un tanque Imhoff para el tratamiento de aguas residuales en centro, Tabasco. *Unacartecnociencia.* **(1)** 32-47.
13. Villarroel C. (2012). *Tratamiento de aguas residuales*, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Evaluación de la operación de una bomba de calor experimental

E. V. Torres González[1], R. Lugo Leyte[1], H. D. Lugo Méndez[2], A. Torres Aldaco[1], S. Castro Hernández[1]*
[1]Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No. 186, Colonia Vicentina, C. P. 09340, Iztapalapa, CDMX, México
[2]Departamento de Procesos y Tecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa, Av. Vasco de Quiroga No. 4871, Colonia Santa Fé, 05348, Cuajimalpa, CDMX, México

**etorres@xanum.uam.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Las bombas de calor, enfriadores de aire y los refrigeradores tienen diferentes usos, pero con los mismos principios de operación. La evaluación del desempeño de estos equipos está directamente relacionada con la eficiencia y el consumo de energía. Es importante estudiarlos con el fin de identificar su mejor coeficiente de operación. En este trabajo se realiza un análisis termodinámico al enfriador de aire/bomba de calor experimental TQ PLINT TE94 con R22. Se muestra que, para la bomba de calor, el COP bajo se debe al aumento de la diferencia de temperaturas entre el refrigerante y los fluidos externos (agua y aire); sin embargo, estas pérdidas son inevitables. Para una potencia de 1.52 kW, el enfriador tiene un COP de 0.633, el efecto de enfriamiento es de 2/3 la potencia suministrada; y la bomba de calor tiene un efecto de calentamiento de dos veces este consumo, con un COP de 1.95.

***Palabras clave**: Bomba de calor, Coeficiente de operación, Refrigerante.*

Abstract

Heat pumps, air coolers and refrigerators have different uses, but with the same operating principles. The evaluation of the performance of these equipment is directly related to efficiency and energy consumption. It is important to study them in order to identify their best operating coefficient. In this work a thermodynamic analysis of the air cooler / experimental heat pump TQ PLINT TE94 with R22 is performed. It is shown that, for the heat pump, the low COP is due to the increase in the temperature difference between the refrigerant and the external fluids (water and air); However, these losses are inevitable. For a power of 1.52 kW, the cooler has a COP of 0.633, the cooling effect is 2/3 the power supplied; and the heat pump has a heating effect of twice this consumption, with a COP of 1.95.

***Key words**: Heat pump, COP, Refrigerant.*

Introducción

Las bombas de calor comerciales basadas en el ciclo de compresión de vapor se utilizan en numerosas aplicaciones de diversas industrias, una de las principales aplicaciones de la bomba de calor es proporcionar calefacción y enfriamiento a un determinado espacio. El espacio puede variar desde un tamaño pequeño, como el espacio dentro de un vehículo, hasta uno de mayor tamaño en donde el calor se transfiere de un cuarto a otro. Aunque la aplicación de la tecnología de bomba de calor para calefacción/enfriamiento no es nueva, todavía se desarrollan nuevas aplicaciones. Por ejemplo, la calefacción y el enfriamiento, así como la provisión de agua caliente en una casa se pueden llevar a cabo simultáneamente [1].

Con relación a su función y necesidades operativas, las bombas de calor pueden calentar y enfriar casas o edificios y se pueden dividir en cuatro categorías principales: (1) bombas de calor solo para calefacción, que proporcionan calefacción y/o calentamiento de agua; (2) bombas de calor para calefacción y enfriamiento, que proporcionan tanto calefacción como enfriamiento; (3) sistemas integrados de bomba de calor, que

 ISSN 2007-8102

proporcionan calefacción, enfriamiento, calentamiento de agua y, a veces, recuperación de calor del aire de escape; y (4) calentadores de agua con bomba de calor, totalmente dedicados al calentamiento de agua [2].

Por otra parte, el desempeño de las bombas de calor se ve afectado por diferentes factores, tales como las propiedades físicas y térmicas de la fuente o sumidero de calor, así como del tipo de refrigerante utilizado. Además, el desempeño de cada uno de los componentes tiene un papel importante en el coeficiente de operación de las bombas de calor. Existen muchos estudios e investigaciones que se centran en el desempeño y las condiciones de operación de los componentes de las bombas de calor, la mayoría se centra en el desempeño de un componente de la bomba de calor y sus efectos en el coeficiente de operación, es decir, éstos investigan la interacción entre los componentes y todo el sistema de bomba de calor [3]. En este trabajo se realiza un analisis energético al equipo experimental que funciona como bomba de calor y enfriador de aire TQ-Plint TE94, en el cual, se observan los efectos que ocasiona el variar el flujo de agua suministrada.

Metodología

El sistema TQ PLINT TE94 consta de dos unidades separadas, el acondicionador de aire y la consola de control. Las dos unidades están conectadas por termopares y tuberías de agua. El acondicionador de aire es completamente autónomo y consiste en un sistema de refrigeración sellado herméticamente, un compresor, un intercambiador de calor de refrigerante a agua, un intercambiador de calor de refrigerante a aire, una válvula reversible, un ventilador, un colector de condensado y controles eléctricos. El aire a acondicionar circula en el intercambiador de calor que contiene el refrigerante, en seguida es impulsado por un ventilador, y finalmente el flujo de aire se descarga a un conducto circular. Cuando el aire se enfría y la humedad relativa es lo suficientemente alta, la humedad se deposita en el intercambiador de calor y se drena a un recipiente de medición. Por otro lado, el equipo cuenta con un intercambiador de agua, el cual, se utiliza como fuente o sumidero según sea el caso de estudio.

La consola de control lleva todos los interruptores, un medidor de potencia y un indicador de temperatura. También tiene un caudalímetro para medir la cantidad de agua que pasa a través del acondicionador, un manómetro inclinado y un tubo Pitot-estático para medir el flujo de aire y un calentador de inmersión. Este último es a veces necesario cuando el acondicionador está funcionando como una bomba de calor que extrae calor del agua circulante, si la temperatura del agua a la entrada del acondicionador cae por debajo de los 10ºC, hay una probabilidad de congelación. Los instrumentos de medición contenidos en el equipo son un medidor de potencia para registrar la entrada de energía eléctrica al compresor y ventilador; un indicador de temperatura; un higrómetro para medir la humedad relativa del aire que entra y sale del sistema: un caudalímetro de agua de enfriamiento; un vaso colector graduado para condensado; y termopares.

Cuando el equipo está funcionando como una bomba de calor, éste extrae la energía del agua circulante y la suministra al aire. En el circuito hermético, el compresor hace circular refrigerante bajo presión y a alta temperatura, enseguida pasa a través del condensador a presión constante, en el cual, hay intercambio de calor del refrigerante al aire y el refrigerante se condensa en el proceso. El refrigerante luego pasa a través de la válvula de estrangulamiento a entalpía constante, donde se reduce la presión y temperatura, finalmente el refrigerante pasa a través del evaporador absorbiendo el calor del agua circulante y regresando al compresor, como se muestra en la Figura 1.

Cuando el equipo actúa como enfriador, la dirección del flujo ahora se invierte, el refrigerante pasa del compresor al intercambiador de calor de refrigerante a agua, es decir, pasa al condensador a presión constante, donde el refrigerante cede el calor al agua, enseguida pasa a través de la válvula de estrangulamiento, en la cual el refrigerante disminuye su presión y temperatura a entalpía constante, finalmente el refrigerante pasa a través del evaporador extrayendo el calor del aire y regresando al compresor. En este caso, el aire algunas veces se enfriará por debajo del punto de rocío y se depositará el condensado en el vaso colector graduado, la Figura 2 muestra el diagrama esquemático del enfriador de aire.

 ISSN 2007-8102

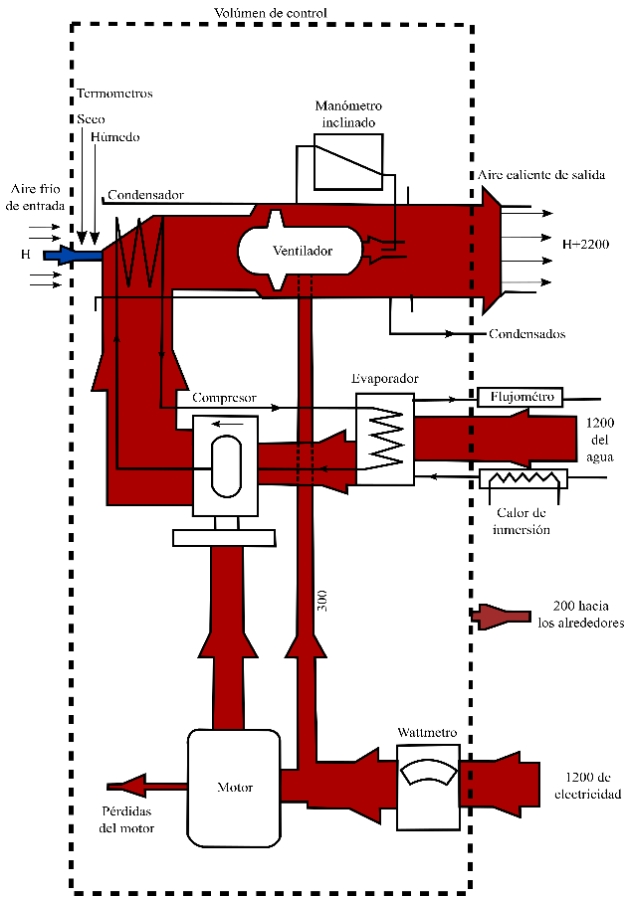


Figura 1. Diagrama esquemático de la bomba de calor.

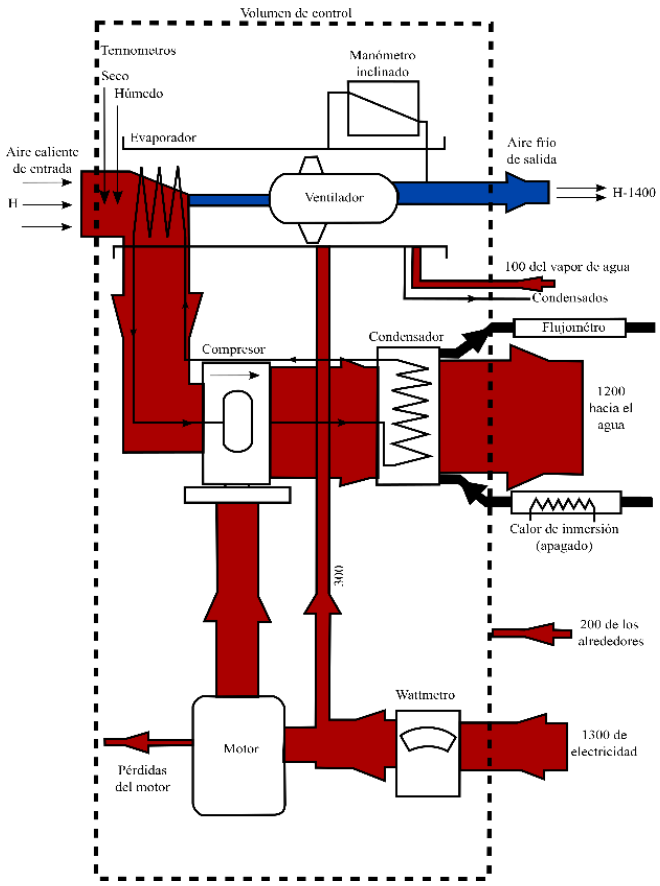


Figura 2. Diagrama esquemático del enfriador de aire.

Datos técnicos:

- Aire acondicionado de alto nivel Versatemp tipo vH250.
- Suministro de potencia al aire acondicionado 1.5 kW.
- Suministro de potencia al calentador de inmersión 2 kW.
- Flujo de agua de enfriamiento máximo 5 L / min.
- Caudal de aire nominal 9 m^3 / min.
- Capacidad nominal de calefacción / refrigeración de 1.8 a 3.5 kW.

Instrucciones de operación

Por lo general, el acondicionador de aire se describe como un enfriador cuando extrae calor del aire circundante y lo rechaza al agua, y como una bomba de calor cuando transfiere calor en la dirección inversa, desde la circulación de agua al aire. Sin embargo, en ambos casos funciona como un motor de calor invertido o una bomba de calor, ya que el efecto final es transferir calor de un depósito a otro, normalmente a una temperatura más alta, mediante el consumo de trabajo mecánico.

El coeficiente de operación, *COP,* de una bomba de calor, se expresa como:

$$COP_H = \frac{\dot{q}_L}{\dot{w}} \quad (1)$$

Y cuando opera como un enfriador:

$$COP_R = \frac{\dot{q}_H}{\dot{w}} \quad (2)$$

Estas expresiones también se aplican a una máquina real que opera entre los mismos límites de temperatura, pero los valores numéricos serán menores que los correspondientes al motor reversible ideal para el cual,

$$\left(COP_H\right)_{\max} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \quad (3)$$

$$\left(COP_R\right)_{\max} = \frac{T_H}{T_L - T_H} \quad (4)$$

Se debe tener en cuenta que para todos los casos

$$COP_H = COP_R + 1 \quad (5)$$

Estas expresiones indican que, a medida que se reduce la diferencia de temperatura entre la fuente fría y el sumidero caliente, el coeficiente de operación debería aumentar; una potencia determinada permite la transferencia de un flujo de calor desde la temperatura más baja a la más alta.

En un sistema real, como el que se estudia en este trabajo, el coeficiente de operación es menor al ideal por varias razones, de las cuales las más importantes son por pérdidas eléctricas y mecánicas en el motor y compresor; la irreversibilidad del ciclo de enfriamiento en sí; la necesidad de diferencias de temperatura entre el refrigerante y el aire, y entre el refrigerante y el agua, y como resultado el ciclo del refrigerante opera entre límites de temperatura más amplios que los aplicables al agua y al aire que forman la fuente y el sumidero; y las pérdidas eléctricas y mecánicas en el ventilador.
En la Figura 4, se muestran los diversos flujos de energía a través del sistema. A continuación, se muestra las expresiones para determinar la energía de los diversos flujos:
-Entalpía del aire seco a la entrada del acondicionador

$$\dot{Q}_1 = \dot{m}_1 c_p T_1 \quad (6)$$

-Entalpía del vapor de agua a la entrada del acondicionador

$$\dot{Q}_2 = \omega \dot{m}_1 h_v \quad (7)$$

Donde h_v es la entalpia del vapor saturado a temperatura de entrada del agua.
-Entalpía del aire seco a la salida del acondicionador

$$\dot{Q}_3 = \dot{m}_1 c_p T_2 \quad (8)$$

-Entalpía del vapor de agua a la salida del acondicionador

$$\dot{Q}_4 = h_v\left(\omega \dot{m}_1 - \dot{m}_2\right) \quad (9)$$

-Entalpía del condensado

$$\dot{Q}_5 = \dot{m}_2 h_w \quad (10)$$

donde h_w es la entalpía de líquido comprimido a la temperatura ambiente.
-Entalpía del agua circulante en la entrada

$$\dot{Q}_6 = \dot{m}_3 c_w T_3 \quad (11)$$

donde c_w es el calor específico del agua.
-Entalpía del agua circulante a la salida

$$\dot{Q}_7 = \dot{m}_3 c_w T_4 \quad (12)$$

-Pérdidas: $\dot{Q}_8$

-Entrada de potencia eléctrica al ventilador: $\dot{E}_F$
La ecuación de flujo de energía para el sistema se puede escribir como sigue:

$$\left(\dot{Q}_6 - \dot{Q}_7\right) + \left(\dot{E}_c - \dot{E}_F\right) = \left(\dot{Q}_3 + \dot{Q}_4 + \dot{Q}_5\right) - \left(\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2\right) + \dot{Q}_8 \quad (13)$$

El primer término representa el calor suministrado al sistema desde el agua en circulación, y el segundo representa la entrada de energía eléctrica.

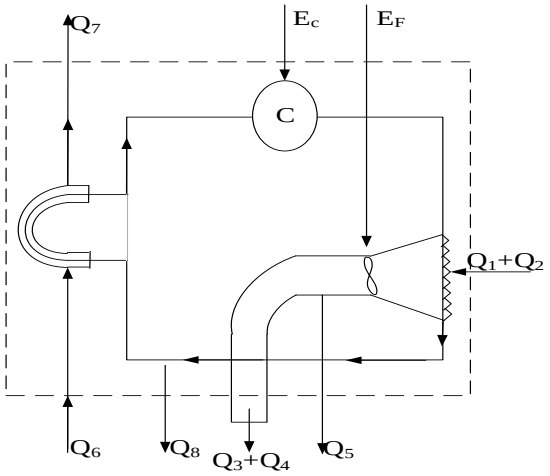


Figura 4. Balance de energía en el sistema.

La suma algebraica de estos términos se equipará con el aumento de la entalpía del aire y el vapor de agua que pasa por el sistema, junto con las pérdidas. La ecuación se aplica por igual, con los cambios de señal apropiados, cuando la máquina está funcionando como enfriador. Cuando se opera como una bomba de calor, el coeficiente de operación se puede definir de dos maneras diferentes. El coeficiente de operación real externo es:

$$\left(COP_H\right)_E = \frac{\left(\dot{Q}_3+\dot{Q}_4+\dot{Q}_5\right)-\left(\dot{Q}_1+\dot{Q}_2\right)}{\left(\dot{E}_c+\dot{E}_F\right)} \tag{14}$$

El valor correspondiente para una bomba ideal que opera entre las mismas temperaturas medias es:

$$\left(COP_H\right)_{\max} = \frac{\frac{1}{2}\left(T_1+T_2\right)}{\frac{1}{2}\left(T_1+T_2\right)-\frac{1}{2}\left(T_3+T_4\right)} \tag{15}$$

El coeficiente de operación de la bomba de calor básica no es idéntico al coeficiente de operación general, ya que la energía suministrada al ventilador circulante no se carga a la bomba de calor propiamente dicha y aparece en el aire de descarga en el que están sumergidos el ventilador y el motor. Esto conduce a un coeficiente de operación interno:

$$\left(COP_H\right)_I = \frac{\left(\dot{Q}_3+\dot{Q}_4+\dot{Q}_5\right)-\dot{E}_F-\left(\dot{Q}_1+\dot{Q}_2\right)}{\left(\dot{E}_c\right)} \tag{16}$$

Esto se puede comparar con un coeficiente de operación ideal basado en la diferencia de temperatura a través del circuito de la bomba de calor:

$$\left(COP_H\right)_I = \frac{T_{10}}{T_{10}-T_8} \tag{17}$$

De manera similar, se pueden reconocer dos criterios diferentes cuando el sistema está funcionando como enfriador:

$$\left(COP_R\right)_E = \frac{\left(\dot{Q}_1+\dot{Q}_2\right)-\left(\dot{Q}_3+\dot{Q}_4+\dot{Q}_5\right)}{\left(\dot{E}_c+\dot{E}_F\right)} \tag{18}$$

en comparación con el ideal

$$\left(COP_R\right)_{\max} = \frac{\frac{1}{2}\left(T_1 + T_2\right)}{\frac{1}{2}\left(T_3 + T_4\right) - \frac{1}{2}\left(T_1 + T_2\right)} \tag{19}$$

$$\left(COP_R\right)_I = \frac{\left(\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2\right) + \dot{E}_F - \left(\dot{Q}_3 + \dot{Q}_4 + \dot{Q}_5\right)}{\dot{E}_c} \tag{20}$$

en comparación con el ideal

$$\left(COP_R\right)_{\max} = \frac{T_{10}}{T_8 - T_{10}} \tag{21}$$

El flujo de masa se determina mediante la siguiente expresión:

$$\dot{m}_1 = 0.00105\sqrt{\frac{H_1 P_a}{T_2}} \tag{22}$$

donde H_1 es la presión en mmH_2O (1 mmH_2O = 9.81 N/m^2), y P_a es la presión atmosférica.

La humedad específica del aire que ingresa al acondicionador está relacionada con la humedad relativa φ medida por el higrómetro digital:

$$\omega = 0.622\left(\frac{\phi P_{sat}}{P_a - \phi P_{sat}}\right) \tag{23}$$

donde P_{sat} y P_a son la presión de saturación y la presión atmosférica a la temperatura de entrada del aire en el acondicionador.

Resultados y discusión

Para evaluar los modos de operación del sistema TQ PLINT TE94, enfriador de aire y bomba de calor, se realizan variaciones del flujo volumétrico de agua en el intercambiador de calor del agua de enfriamiento con el refrigerante R22.

En la Figura 5 se muestra el diagrama presión – entalpía del enfriador de aire en el circuito del refrigerante R22, para un flujo volumétrico de agua de 2 L/min y 6 L/min. El efecto de enfriamiento, h_1-h_4, es mayor para un flujo de 6 L/min, entonces, un aumento del flujo de agua de 2 L/min a 6 L/min ocasiona un aumento del 2.97% en el efecto de enfriamiento. Mientras que, el trabajo suministrado en el compresor, h_2-h_1, es menor con el flujo volumétrico de agua de 6 L/min, de tal manera que, cuando el flujo de agua se incrementa de 2 L/min a 6 L/min, se tiene una disminución del 5.68% en el trabajo del compresor. Entonces, con relación al efecto de enfriamiento y el trabajo de compresión, el coeficiente de operación del circuito refrigerante es mayor cuando el flujo de agua es 6 L/min. En la Figura 6 se muestra el diagrama presión – entalpía de la bomba de calor en el ciclo del refrigerante R22, para un flujo volumétrico de agua de 2 L/min y 6 L/min. El efecto de calentamiento, h_2-h_3, es mayor en un flujo de 2 L/min, es decir, para un incremento en el flujo volumétrico del agua desde 2 L/min a 6 L/min, el efecto de calentamiento tiene una disminución del 2.64%. Además, el trabajo suministrado en el compresor, h_2-h_1, es menor con el flujo volumétrico de agua de 2 L/min, de tal manera que, un incremento del flujo de 2 L/min a 6 L/min causa un aumento del 14.11% en el trabajo del compresor. Entonces, con relación al efecto de calentamiento y el trabajo de compresión, el mayor coeficiente de operación del circuito refrigerante se encuentra a un flujo de agua de 2 L/min.

En la Figura 7 se muestra el comportamiento de las potencias suministradas al enfriador de aire en función del flujo volumétrico del agua. Si el flujo de agua aumenta de 2 L/min a 8 L/min, la potencia total suministrada al enfriador de aire presenta una disminución del 6.19%, debido a la potencia del ventilador que tiene una disminución del 19.68%, a pesar que la potencia del compresor aumenta 2.63%. Además, los comportamientos de la potencia del compresor y el flujo másico del refrigerante son semejantes, de tal manera que, la menor potencia del compresor se encuentra en el flujo de agua de 4 L/min, con 680 W, debido a que también tiene el menor flujo másico de refrigerante con 12.49 kg/s.

 ISSN 2007-8102

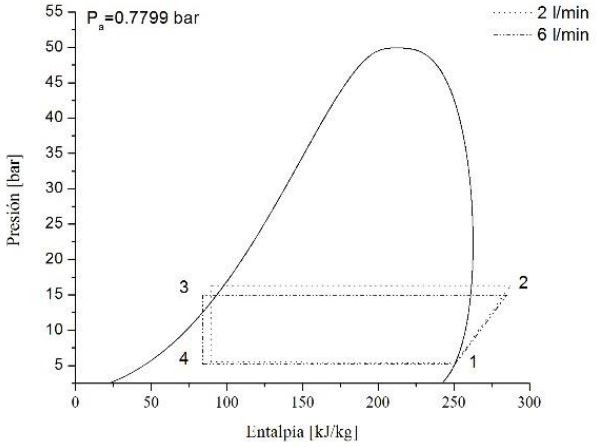


Figura 5. Diagrama presión-entalpía del enfriador de aire, para diferentes flujos volumétricos de agua.

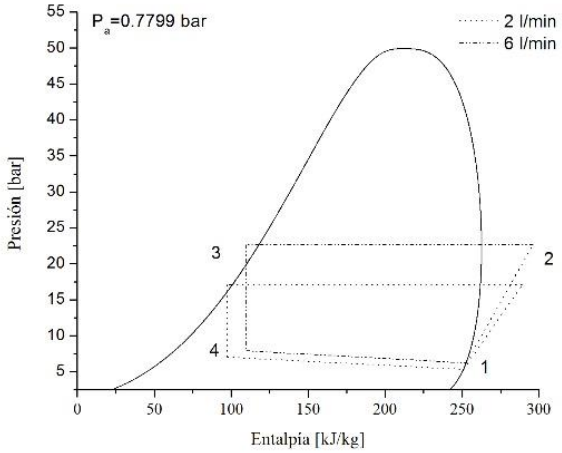


Figura 6. Diagrama presión-entalpía de la bomba de calor, para diferentes flujos volumétricos de agua.

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de las potencias suministradas a la bomba de calor con relación al flujo volumétrico del agua. Cuando el flujo volumétrico aumenta de 2 L/min a 8 L/min, la potencia total suministrada a la bomba de calor tiene un incremento del 10.48%, debido a que la potencia del ventilador presenta un incremento del 24.79%, sin embargo, para el rango de 4 L/min a 8L/min, se tiene una disminución del 3.47% en la potencia del compresor. Además, el comportamiento de la potencia del compresor es contrario a la del flujo másico de refrigerante, es decir, cuando la potencia del compresor aumenta, el flujo de refrigerante disminuye y viceversa. Entonces, la menor potencia del compresor se encuentra en el flujo de agua de 2 L/min, con 877 W, debido al menor trabajo de compresión con 38.04 kJ/kg (como muestra la Figura 6), a pesar que el flujo de refrigerante a esa condición no sea el menor.

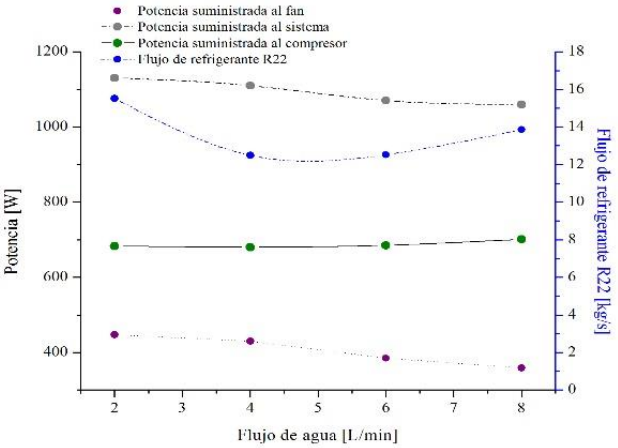


Figura 7. Potencias suministradas al compresor y ventilador en función del flujo de agua, para el enfriador.

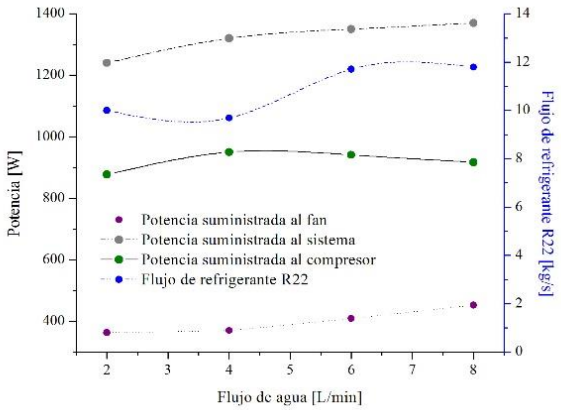


Figura 8. Potencias suministradas al compresor y ventilador en función del flujo de agua, para la BC.

En la Figura 9 se muestran los diferentes coeficientes de operación del enfriador de aire para el rango estudiado del flujo volumétrico de agua, de 2 L/min a 8 L/min. Los coeficientes de operación externos son menores a los coeficientes de operación internos, debido a que los primeros consideran a la potencia del ventilador junto con la potencia del compresor como entradas requeridas, sin embargo, para los COP's reales (interno y externo), el comportamiento es similar, es decir, sus curvas de comportamiento son casi paralelas. Además, se tiene que los coeficientes de operación ideal interno, real interno y real externo presentan los mayores valores en un flujo volumétrico de agua de 4 L/min, con 9.17, 4.35 y 2.28 respectivamente, esta situación es debida a los menores valores de la potencia suministrada en el compresor y del flujo másico de refrigerante (como se muestra en la Figura 7). Mientras que el mayor coeficiente de operación ideal externo se encuentra en un flujo de 6 L/min, con un valor de 15.16. En la Figura 10 se muestran los diferentes coeficientes de operación de la bomba de calor

con respecto al flujo volumétrico de agua. Al igual que el enfriador de aire, los coeficientes de operación externos son menores a los coeficientes de operación internos, así como los COP's reales (interno y externo) tienen comportamientos similares y se encuentran muy cercanos, por ejemplo, para un flujo de agua de 6 L/min, la diferencia entre el COP interno y COP externo es de 0.3. Además, los mayores COP´s reales (interno y externo) se encuentran a un flujo volumétrico de 8 L/min, con 2.10 y 1.73 respectivamente. Por otra parte, para un flujo de 4 L/min, el COP ideal externo es 87.2% mayor que el COP real externo; el COP ideal interno es 78.7% mayor que el COP real interno; y el COP real interno es 13.36% mayor con respecto al COP real externo.

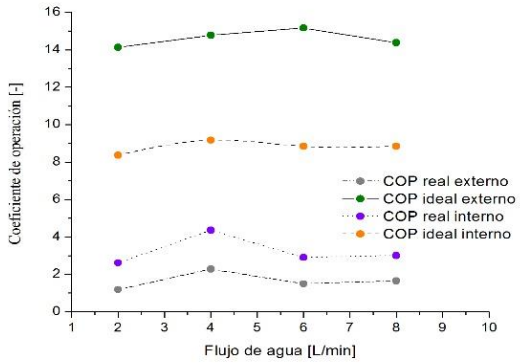


Figura 9. Coeficientes de operación del enfriador de aire en función del flujo volumétrico del agua

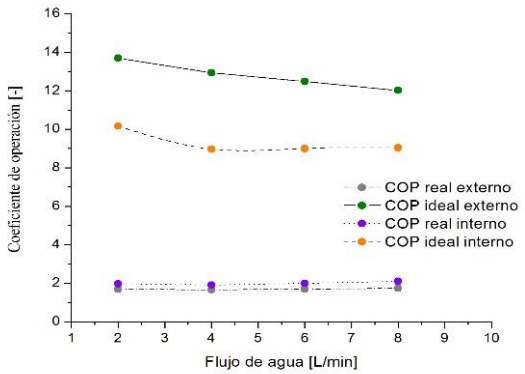


Figura 10. Coeficientes de operación de la bomba de calor en función del flujo volumétrico del agua.

Trabajo a futuro

Un trabajo posible sobre este tema es realizar un análisis exergoeconómico al sistema de bomba de calor.

Conclusiones

En este trabajo se realizó un análisis energético al equipo experimental TQ-Plint TE94 que funciona como bomba de calor y enfriador de aire, así como se realizó un análisis paramétrico variando el flujo volumétrico de agua que entra al intercambiador agua – refrigerante en 2, 4, 6 y 8 L/min. Además, se presenta una metodología simple para realizar el análisis energético y determinar el COP del sistema. Para la evaluación del desempeño se utiliza un COP interno y uno externo, es decir, el externo considera la potencia suministrada al ventilador, mientras que el interno no. Para el modo de operación como enfriador de aire, el aumento del flujo de agua en el intercambiador de agua-refrigerante favorece al aumento del efecto de calentamiento y a la disminución del trabajo suministrado al compresor. Caso contrario sucede con el modo de operación como bomba de calor, es decir, una disminución del flujo de agua en el intercambiador de calor favorece al aumento del efecto de enfriamiento, así como a la disminución del trabajo suministrado al compresor. A pesar que en los datos técnicos establecen un flujo máximo de agua de 5 L/min, es posible sobre pasar este límite si se considera que el agua de entrada al intercambiador agua-refrigerante este dentro del rango de 10 a 20 °C, ya que si se sobrepasa esta temperatura entra en automático el rele-térmico, el sobre pasar estos límites, cuando se usa como bomba de calor, ocasionaría congelamiento si es menor a 10 °C ya sea como enfriador de aire o como bomba de calor y sobrepasar los 20 °C ocasiona que el aire que sale del sistema aumente la temperatura arriba de los 50 °C, por lo tanto, provocaría el sobre calentamiento del sistema, por lo que el rele-térmico entra en automático como medida de protección hasta que el sistema se enfrié.

Referencias

1. Chua, K. J.; Chou, S. K.; Yang, W. M. (2010). Advances in heat pump systems: A review. *Applied Energy* **87**, 3611-3624.
2. Saloux, E.; Sorin, M.; Teyssedou, A. (2018). Assessing the exergy performance of heat pump systems without using refrigerant thermodynamic properties. *International Journal of Refrigeration* **98**, 1-9.
3. Felten, B.; Weber, C. (2018). The value(s) of flexible heat pumps–Assessment of technical and economic Conditions. *Applied Energy* **228**, 1292-1319.
4. Çakır, U.; Çomaklı, K. (2016). Exergetic interrelation between a heat pump and components. *Applied Thermal Engineering* **105**, 659–668.

Optimización de una doble emulsión vía choque-térmico utilizando el diseño de experimentos (DoE)

E. Hernández Ramírez[1], N. de La Fuente Maldonado[2], M. A. Méndez de la Cruz[1], D. J. López Cano[1]*
[1]DIDCA, Centro de Síntesis, Evaluación y Caracterización, Av. Ing. Eduardo molina 1720, Gustavo A. Madero, C.P. 07440, México D.F., México
[2]ESIQIE, Instituto Politécnico Nacional, Av. Politécnico s/n Col. Zacatenco, C.P. 07738, México D.F., México
**csicaev@sicaev.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El presente trabajo data sobre el análisis de factores que afectan el procedimiento de fabricación de una doble emulsión vía choque-térmico utilizando la metodología de diseño de experimentos (DoE). Los factores evaluados fueron temperatura, velocidad de agitación, tiempo de agitación, velocidad de adición, orden de adición y condición de adición. Los resultados indican que es posible obtener una doble emulsión en una sola etapa. La temperatura de la fase oleosa; a 100 °C y el tiempo de agitación; a 120 s. resultan ser clave para este proceso si se adiciona la parte caliente a la parte fría de forma rápida. La metodología DoE permite optimizar los parámetros de procedimiento de fabricación de una doble emulsión en una sola etapa a través del tamaño de partícula de las fases oleosas en la acuosa como variable respuesta.

***Palabras clave**: Doble emulsión, diseño de experimentos, método choque-térmico.*

Abstract

The present work is to analyze the factors that affect the manufacturing process of a double emulsion via thermal shock by using the methodology of design of experiments (DoE). The factors evaluated were temperature, stirring speed, stirring time, addition rate, and addition order and addition condition. The results indicate that it is possible to obtain a double emulsion in a single stage. The temperature of the oil phase; at 100 °C and the stirring time; to 120 s. turn out to be key factors for this process if the hot part is added to the cold part quickly. The DoE methodology allows the establishment of process parameters for the production of a double emulsion in a single stage trough particle size of the oil phases in the aqueous one as response variable.

***Key words**: Double-emulsion, design of experiments, thermal-shock methodology.*

Introducción

Hoy en día, las emulsiones son ampliamente utilizadas en diversas áreas industriales. Más específicamente, las emulsiones de cera han sido muy utilizadas en industrias como; cosmética, petroquímica, alimentos, madera, papel, entre otras. Dependiendo de la fase dispersa, las emulsiones pueden ser clasificadas como una emulsión O/W (oleoso en agua) o W/O (agua en oleoso). Por otra parte, se han desarrollado diversos métodos para la fabricación de dobles emulsiones, las cuales, principalmente son clasificadas como; W/O/W o O/W/O. Uno de los puntos clave para conseguir la estabilidad de estas emulsiones de cera es el tipo de surfactante utilizado, sin embargo, no es el único, diversos factores en conjunto son responsables de una buena estabilidad, tal como la temperatura, la velocidad de agitación, el tiempo de agitación, el orden de adición, la velocidad de agitación, entre otros [Rodríguez y col., 2006], [Rosdi y col., 2018], [Ghosh y col., 2015], [Ficheux y col., 1998]. Debido a que son muchos los factores a tomar en cuenta, diversos autores han utilizado el diseño de experimentos (DoE) para investigar el efecto de los parámetros y composición de una emulsión sobre su estabilidad. Por ejemplo, Petersen y col., [2014] reportan cómo el efecto de la presión utilizada durante la homogenización de activos es minimizado por la presencia de polisacáridos. Singh y col., [2011] describen las numerosas ventajas que el DoE puede tener sobre una metodología de prueba y error durante el desarrollo de un sistema de administración de medicamentos basado en micro/nanopartículas. Algunos otros autores como Badawi y col., [2014] demuestran como el desarrollo

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

de emulsiones a través del método “electro-spining” no puede ser optimizado de factor en factor, pero sí a través de un diseño de experimentos que optimiza varios factores a la vez.

El uso de dobles emulsiones también ha mostrado relevancia en la aplicación industrial, sin embargo, el método de producción a escala aún no es perfectamente dominado. Se han reportado varios métodos de fabricación de dobles emulsiones, los cuales permiten realizar una doble emulsión en un sólo paso, sin embargo, aún se encuentra en la etapa de prototipo [Lu y col., 2017], [Lao y col., 2009]. Pays y col., [2002] demostraron los mecanismos de formación y liberación de una fase oleosa hacia una fase acuosa de una doble emulsión, los cuales, resultan ser claves para controlar esta liberación, y así mismo, la implementación en diversas áreas de aplicación [Cornell, 2002]. Hoy en día, no se cuenta con mucha información sobre la aplicación de las metodologías de diseño de experimentos enfocado a la fabricación de dobles emulsiones. Este trabajo está enfocado a la evaluación de diversos factores a través de la metodología de diseño de experimentos que permitan la formación de dobles emulsiones en una sola etapa de fabricación. Una fase acuosa y dos diferentes fases oleosas son utilizadas; agua, cera y solvente hidrocarburo, respectivamente.

Metodología

Materiales

Todos los materiales utilizados en este trabajo fueron amablemente proporcionados por la empresa Fusoni S.A. de C.V. bajo convenio de confidencialidad. Sin embargo, estos materiales pueden ser enunciados de acuerdo a la siguiente nomenclatura; Fase oleosa 1 (Cera, FO1), Fase oleosa 2 (Solvente hidrocarburo, FO2), Surfactante 1 (S1), Surfactante 2 (S2) y Fase acuosa 1 (FA1). Para medir el tamaño de partícula obtenido se utilizó un microscopio Amscope equipado con una cámara digital (5 megapixeles, USB 2.0), el histograma de distribución se obtiene a través del software Amscope 2.1 (no mostrados en este trabajo). Para la fabricación de las emulsiones se utiliza un agitador *Coframo* de velocidad variable (0 – 3600 rpm), se utilizó una propela tipo marino para todos los experimentos realizados.

Procedimiento

El proceso de emulsificación utilizada en este trabajo es vía choque-térmico. Típicamente, durante un choque térmico se calienta una fase (acuosa u oleosa) y se adiciona a una segunda fase (acuosa u oleosa) bajo agitación durante un tiempo establecido. Para la obtención de una emulsión doble, seis factores han sido considerados, tales como; temperatura, velocidad de agitación, tiempo de agitación, velocidad de adición, orden de adición y condición de adición. Además, se utiliza un modelo del tipo 2^{k-p} fraccionado, con un número total de 64 corridas, fraccionado a 16 corridas de acuerdo con la resolución y fraccionamiento del tipo IV y ¼, respectivamente. La respuesta buscada para cada experimento es el tamaño de partícula. Los experimentos fueron diseñados utilizando la metodología DoE y analizados a través del método 2^{k-p} y ANOVA ($\alpha = 0.05$) utilizando el software MINITAB-17. Diagramas de Pareto son construidos para identificar los parámetros más influyentes en la obtención de una doble emulsión.

Resultados y discusión

El gráfico de Pareto de efectos es utilizado para identificar los factores más importantes que afectan a la respuesta [Bohloul y col., 2014]. La Figura 1 muestra el diagrama de Pareto para la respuesta establecida, en él, se puede observar que trabaja limpiamente, es decir, los factores; condición de adición, temperatura y tiempo de agitación presentan efectos más significativos en comparación con los demás, no obstante, estas no son potenciales. Para el proceso de fabricación de una doble emulsión, los factores agitación y orden de adición se muestran despreciables siempre y cuando se requiera una sola etapa de fabricación.

La Tabla 1 enlista los resultados obtenidos de acuerdo con el diseño de experimentos planteado. La respuesta (W/S), es una relación entre el tamaño observado de partícula de cera y solvente hidrocarburo utilizados como fase oleosa.

 ISSN 2007-8102

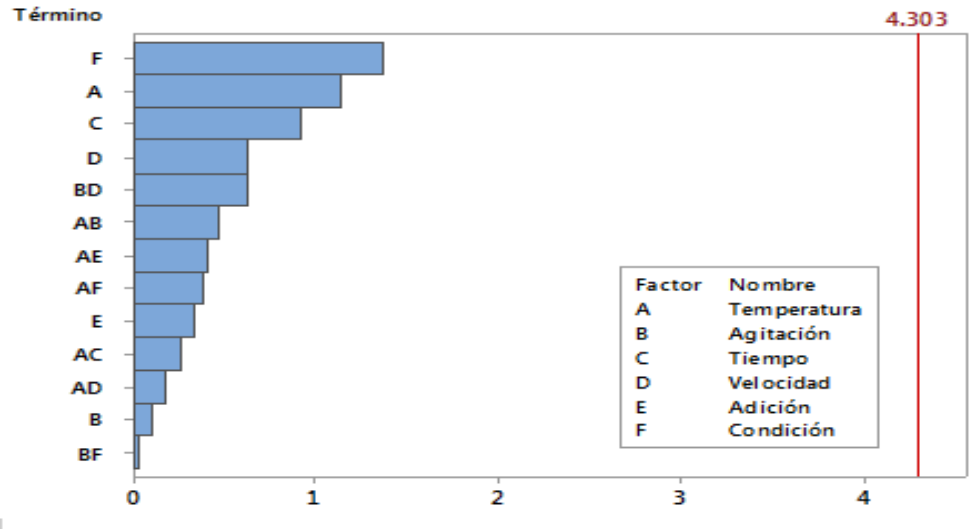


Figura 1. Gráfico de Pareto de efectos para la relación W/S como respuesta.

Tabla 1. Resultados experimentales de acuerdo con el diseño de experimentos.

Orden Corrida	Temperatura (°C)	Agitación (rpm)	Tiempo (s)	Velocidad	Adición	Condición	Tamaño (W/S)
1	100	1000	120	Lenta	W/O	F/C	0.2413
2	130	1000	120	Lenta	O/W	F/C	0.3409
3	100	1500	120	Lenta	O/W	C/C	0.3684
4	130	1500	120	Lenta	W/O	C/C	0.5135
5	100	1000	300	Lenta	O/W	C/C	0.4761
6	130	1000	300	Lenta	W/O	C/C	0.4615
7	100	1500	300	Lenta	W/O	F/C	0.3771
8	130	1500	300	Lenta	O/W	F/C	0.3953
9	100	1000	120	Rápida	W/O	C/C	0.3214
10	130	1000	120	Rápida	O/W	C/C	0.4418
11	100	1500	120	Rápida	O/W	F/C	0.3414
12	130	1500	120	Rápida	W/O	F/C	0.2433
13	100	1000	300	Rápida	O/W	F/C	0.2718
14	130	1000	300	Rápida	W/O	F/C	0.4848
15	100	1500	300	Rápida	W/O	C/C	0.3207
16	130	1500	300	Rápida	O/W	C/C	0.4666

La Figura 2 muestra los efectos principales para la relación W/S como respuesta. Tres efectos positivos principales son corroborados; temperatura, condición de adición, y tiempo de agitación. Además, se observa que la velocidad de adición puede tener un gran efecto negativo. Este efecto negativo podría indicar que la velocidad de adición de los componentes de formulación puede revertir la emulsión W/O a O/W o incluso romper la doble emulsión W/O/W.

 ISSN 2007-8102

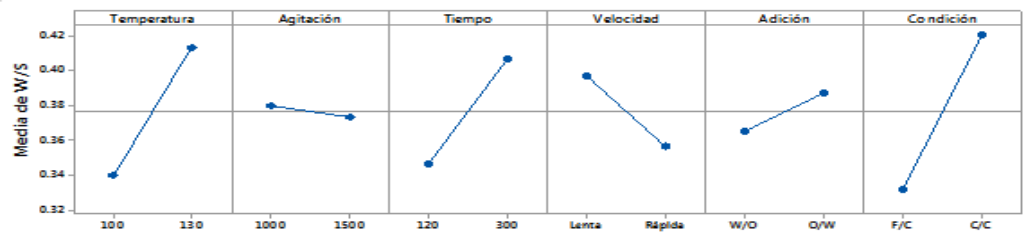


Figura 2. Gráfico de efectos principales para la relación W/S como respuesta.

La Figura 3 muestra las micrografías obtenidas de la matriz experimental generada a través del método fraccionado 2^{k-p} (Tabla 1). No todos los experimentos realizados presentan un comportamiento de doble emulsión, y esto se debe específicamente a las condiciones de proceso de fabricación. Por ejemplo, la muestra 1, 5, 6, 9, 12 y 13 presentan un comportamiento de doble emulsión, los demás experimentos muestran el comportamiento típico de una emulsión simple.

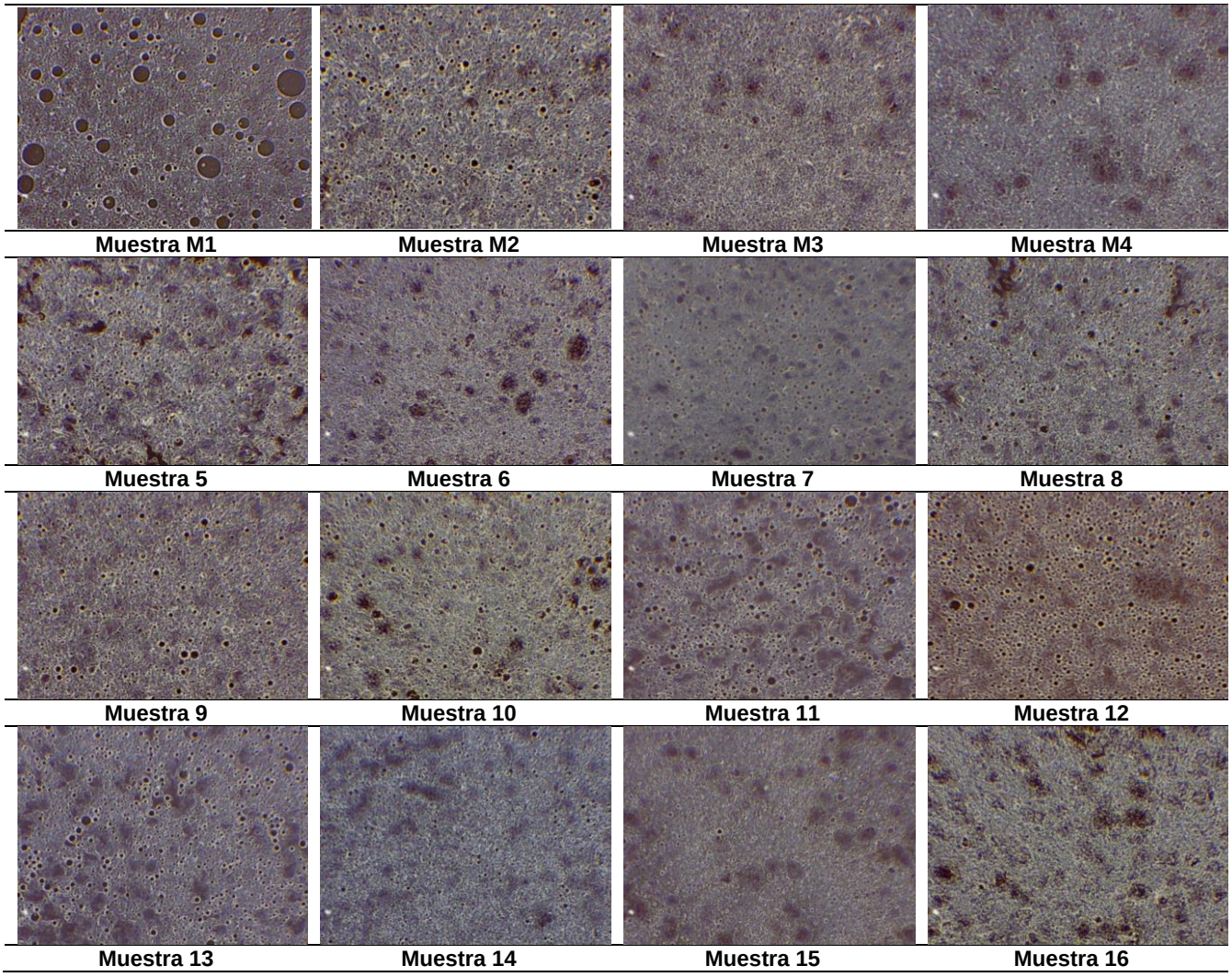


Figura 3. Micrografías realizadas a muestras de diseño de experimentos (Magnificación 75 X).

Para el proceso de fabricación de una doble emulsión, se debe adicionar la parte fría a la parte caliente manteniendo un tiempo de agitación de 120 s., es decir, este debe ser muy breve después de realizar el choque

 ISSN 2007-8102

térmico. Otra alternativa es realizar todo el proceso en caliente, sin embargo, se debe cuidar que el procedimiento respete dos factores, este debe ser agitado a bajas revoluciones por minuto (1000 r.p.m.) y utilizar la menor temperatura permisible (100 °C).

Existe una amplia información acerca de muchos parámetros clave para la fabricación de emulsiones estables y homogéneas, de los cuales, velocidad de agitación, tiempo de agitación y temperatura son destacables [Khan y col., 2011], [Kokal and Al-Juraid, 1999], [Nour y col., 2006]. La Figura 4 muestra los resultados obtenidos para la respuesta W/S. Un valor de relación W/S menor a 0.3 nos indica que el tamaño de partícula de la fase oleosa 1 es menor, lo cual, favorece la formación de una doble emulsión. En este caso, esta condición se cumple bajo parámetros de fabricación a 100 °C, 1500 rpm y 150 s., para la temperatura de la parte caliente, velocidad de agitación y tiempo de agitación, respectivamente. Por otra parte, la variable respuesta no puede seguir siendo optimizada debido a que los factores no pueden cambiar de nivel a un valor más bajo, ya que existen limitaciones de proceso, como la temperatura mínima de fundición de la fase oleosa 1.

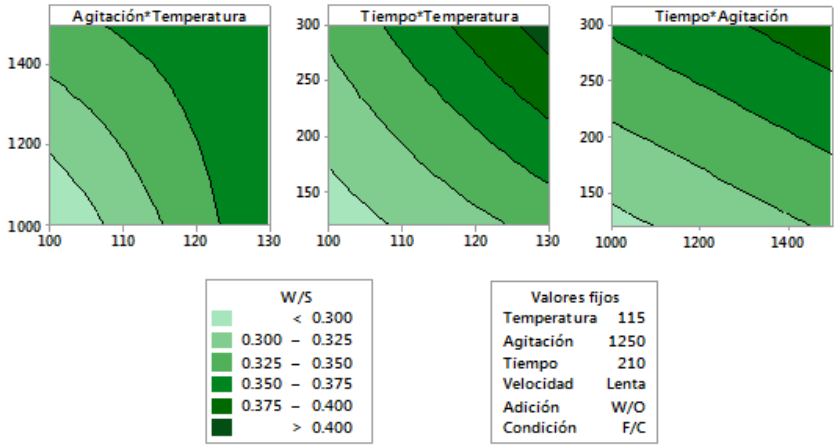


Figura 4. Gráfica de contorno de diferentes factores para la relación W/S como respuesta.

La Figura 5 muestra los resultados de la optimización realizada. Se observa que, tanto la temperatura de operación como el tiempo de agitación afectan negativamente la respuesta W/S conforme se incrementa su valor, 130 °C y 300 s., respectivamente. Estos dos factores resultan ser clave cuando se adiciona la parte fría a la parte caliente, como se indica en el diagrama de Pareto (Figura 1).

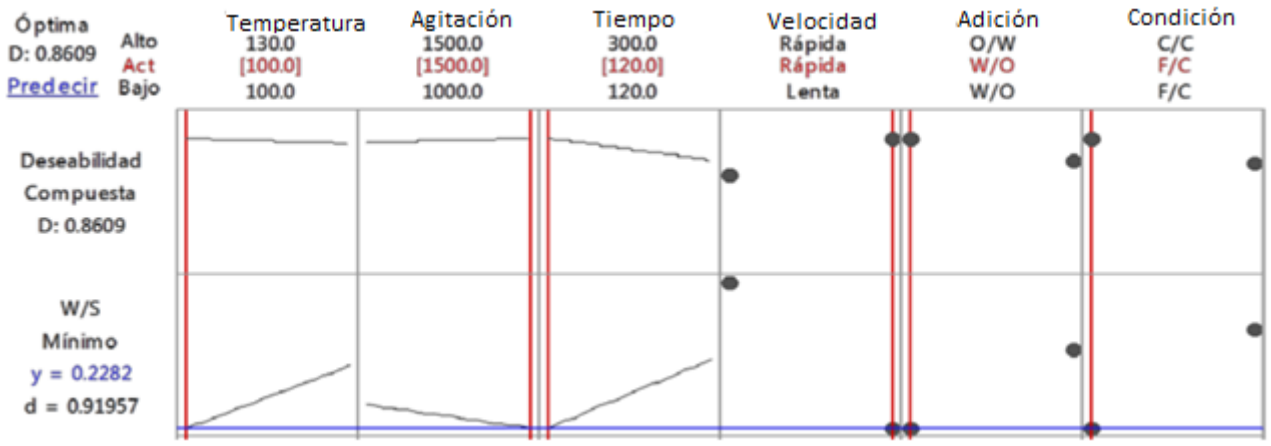


Figura 5. Resultados de optimización de respuesta W/S.

 ISSN 2007-8102

De acuerdo con los resultados obtenidos, un experimento más y su repetición son realizados. Las condiciones de operación son las siguientes; temperatura de operación = 100 °C, velocidad de agitación = 1500 r.p.m, tiempo de agitación = 120 s., velocidad de adición de componentes = rápida, orden de adición = fase acuosa a la parte oleosa y condición de adición = parte fría adicionada a parte caliente.

La Figura 6 muestra las micrografías obtenidas a partir de dos muestras fabricadas con los factores encontrados para una relación W/S optimizada. En ellas, se observa la perfecta formación de una doble emulsión. Los histogramas de distribución (no mostrados aquí) indican tamaños de partículas de entre 1- 2 μm para FO1 y entre 15 y 20 μm para FO2.

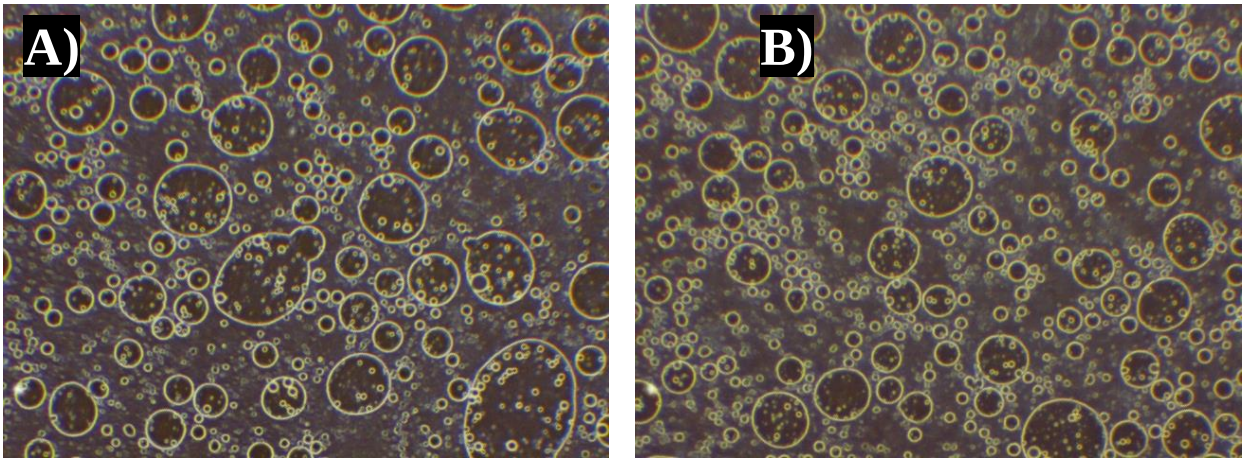


Figura 6. Micrografías de emulsión doble resultante utilizando condiciones de fabricación para una relación W/S optimizada. A) Muestra 1, B) repetición.

Durante el análisis de varianza no se encontraron efectos significativos o potenciales, y esto no se debe a que el proceso tenga una alta variación, tampoco por que los factores no sean principales responsables de la variación de la variable respuesta [Qureshi y col., 2018], sino tal vez, porque estos factores fueron muy estrechos, de forma que la diferencia entre lo que pasa en un nivel y otro es imperceptible para la variable respuesta, como lo evidenciado por Nourafkan y col. [2007]. Estos resultados son soportados por las gráficas de contorno (Figura 4). Por otra parte, estos factores no pueden ser ampliados debido a las complicaciones físicas del proceso de emulsificación vía choque-térmico y a que uno de los objetivos es simplificar el proceso de fabricación de doble emulsión.

Es evidente que el proceso de emulsificación vía choque-térmico en un sólo paso no siempre da como resultado una doble emulsión (Figura 3), sin embargo, es posible conseguirlo siguiendo un proceso bien controlado, de acuerdo a los resultados en este trabajo. Este proceso puede ser dictado de acuerdo a los resultados de un diseño optimizado de experimentos, y los niveles de los factores establecidos dependerán del tipo de fases a emulsionar.

Trabajo a futuro

El escalamiento de emulsiones es hoy en día un tema no trivial, debido a que una de las principales limitaciones es el consumo energético. Diferentes procedimientos de emulsificación son utilizados a nivel industrial. Este método, describe el proceso para la fabricación de una doble emulsión, en la cual, diversos factores deben ser controlados. El trabajo a futuro será escalar este procedimientos a volumen aún a nivel laboratorio, y posteriormente a nivel planta piloto.

Conclusiones

Las condiciones de emulsificación doble fueron satisfactoriamente determinadas a través del diseño de experimentos. Estas condiciones permiten la fabricación de una doble emulsión en un sólo paso vía choque térmico considerando la relación W/S como variable de respuesta a ser minimizada. Para obtener una doble emulsión, se debe emulsificar a 100 °C (parte caliente) bajo 120 s. de agitación a 1500 r.p.m., adicionando la parte fría a la caliente de forma rápida.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro SICAEV (Proyecto CSV-0041) por el financiamiento recibido para la realización de este trabajo. También, Edgar Hernández agradece a Fusoni S.A. de C.V. por las materias primas proporcionadas.

Referencias

1. Rodríguez V. M. A.; Tejera G. R. and Cabrerizo V. M. A. (2006). Influence of Oil Content in Paraffins on the Behavior of Wax Emulsions: Wetting and Rheology. *J. Dispers. Sci. Technol.* **(27)** 155–163.
2. Rosdi M. R. H.; Ariffin A. and Z. A. M. Ishak. (2018). Optimizing homogenization parameters for improving ethylene vinyl acetate emulsion stability in pour point depressant application*. J. King Saud Univ. - Eng. Sci.* **(30)** 105–115.
3. Ghosh S.; Pradhan M.; Patel T.; Haj-shafiei S. and Rousseau D. (2015). Long-term stability of crystal-stabilized water-in-oil emulsions. *J. Colloid Interface Sci.* **(460)** 247–257.
4. Ficheux M. F.; Bonakdar L.; Leal-Calderon F. and Bibette J. (1998). Some Stability Criteria for Double Emulsions. *Langmuir*. **(14)** 2702–2706.
5. Petersen K. and Steckel H. (2014). A DOE Approach to Investigate the Influence of Process-Parameters and Composition on the Stability of Emulsions Stabilized by Marine Polysaccharides Prepared by High-Pressure Homogenization. *J. Dispers. Sci. Technol*. **(35)** 789–798.
6. Singh B.; Bhatowa R.; Tripathi CB. and Kapil R. (2011). Developing micro-/nanoparticulate drug delivery systems using ‘design of experiments. *Int. J. Pharm. Investig*. **(1)** 75.
7. Badawi M. A. and El-Khordagui L. K. (2014). A quality by design approach to optimization of emulsions for electrospinning using factorial and D-optimal designs. *Eur. J. Pharm. Sci.* **(58)** 44–54.
8. Lu P.; Wu L. and Liu X. (2017). Visualization Study of Oil-in-Water-in-Oil (O/W/O) Double Emulsion Formation in a Simple and Robust Co-Flowing Microfluidic Device. *Micromachines*. **(8)** 268.
9. Lao K. L.; Wang J. H. and Lee G. B. (2009). A microfluidic platform for formation of double-emulsion droplets. *Microfluid. Nanofluidics*. **(7)** 709–719.
10. Pays K.; Giermanska K. J.; Pouligny B.; Bibette J. and Leal C. F. (2002). Double emulsions: how does release occur. *J. Control. Release*. **(79)** 193–205.
11. Cornell J. A. (2002). Experiments with Mixtures. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
12. Bahloul L.; Ismail F.; Samar M. E-H. and Meradi H. (2014). Removal of AY99 from an Aqueous Solution Using an Emulsified Liquid Membrane. Application of Plackett-burman Design. *Energy Procedia*. **(50)** 1008–1016.
13. Khan B. A.; Akhtar N.; Khan H. M. S.; Waseem K.; Mahmood T; Rasul A.; Iqbal M. and Khan H. (2011). Basics of pharmaceutical emulsions: A review*. African J. Pharm. Pharmacol*. **(5)** 25.
14. Kokal S. and Al-Juraid J. (1999). Quantification of Various Factors Affecting Emulsion Stability: Watercut, Temperature, Shear, Asphaltene Content, Demulsifier Dosage and Mixing Different Crudes. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*.
15. Nour A. H. and Yunus R. M. (2006). “Stability Investigation of Water-in-Crude Oil Emulsion. *J. Appl. Sci.* **(6)** 2895–2900.
16. Qureshi R. F.; Qureshi K.; Bhatti I. and Khatri Z. (2018). Statistical Modeling for Stability of Emulsion Liquid Membrane for the Removal of Anionic Dyes from Textile Wastewater. *Mehran Univ. Res. J. Eng. Technol*. **(37)** 631–638.
17. Nourafkan E.; Gao H.; Hu Z. and Wen D. (2017). Formulation optimization of reverse microemulsions using design of experiments for nanoparticles synthesis. *Chem. Eng. Res. Des*. **(125)** 367–384.

Optimización de hidrólisis de borra de café para la sacarificación en la producción de bioetanol

A. M. Garcia Granobles[1], A. Mora Ortega[1], J. Soriano Santos[2], H. Rodríguez Carmona[1], M. B. Arce Vazquez[1]*
[1]División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, Ecatepec de Morelos, C.P. 55210, Estado de. México, México
[2]Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, 09340, México D. F., México México.
**mariaarce@tese.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Actualmente se generan hasta 22,300 ton/año de Borra de café (BC), la cual puede ser aprovechada como materia prima para la obtención de biocombustibles. En el presente trabajo se tiene por objeto caracterizar la BC y combinar diversas etapas de hidrólisis para optimizar el proceso de sacarificación: pre-tratamiento, hidrólisis enzimática e hidrolisis ácida. Al realizar la caracterización química de la BC, se observa que, está compuesta por 32±3.7% de agua, 10.3±2.1% de proteína, 1.6±0.1% de cenizas, 70.8% de celulosa, holocelulosas y pentosanos es del 28% y 18%, respectivamente. Al tratar la BC con NaOH 0.1N y $CaSO_4$, seguido de una hidrólisis a 121ºC con H_2SO_4 al 8%(p/v) durante 160min, se obtiene hasta $39.29\pm2x10^{-1}$ gG/g. Al hidrolizar con enzimas Driselase$_{TM}$, hemicelulasas y pectinasas, previamente inmovilizadas, se obtiene hasta 61.7±3.7 gG/mL, con la recuperación total de enzimas para su reproceso. Los licores obtenidos, pueden ser usados para producir bioetanol mediante una fermentación.

***Palabras clave**: Hidrólisis enzimatica, Hidrólisis química, Sacarificación, Borra de café.*

Abstract

Currently, up to 22,300 tons/year of Borra de café (BC) are generated, which can be used as raw material for obtaining biofuels. The object of this work is to characterize the BC and combine various stages of hydrolysis to optimize the saccharification process: pre-treatment, enzymatic hydrolysis and acid hydrolysis. When performing the chemical characterization of BC, it is observed that it is composed of 32±3.7% of water, 10.3±2.1% of protein, 1.6±0.1% of ashes, 70.8% of cellulose, holocelluloses and pentosan is 28% and 18%, respectively. By treating the BC with 0.1N NaOH and $CaSO_4$, followed by hydrolysis at 121°C with 8% H_2SO_4 (w/v) for 160min, up to $39.29\pm2x10^{-1}$ gG/g is obtained. When hydrolyzing with enzymes: DriselaseTM, hemicellulases and pectinases, previously immobilized, up to 61.7±3.7 gG/mL is obtained, with the total recovery of enzymes for reprocessing. The liquors obtained can be used to produce bioethanol by fermentation.

***Key words**: Enzymatic hydrolysis, Chemical hydrolysis, Saccharification, Coffee residue.*

Introducción

A nivel mundial se ha observado un incremento de consumo de petróleo de 1.9 millones de barriles por día (b/d), que es el doble de lo visto en 2014, lo que ha provocado el agotamiento de los combustibles fósiles. La prospectiva energética global considera la inclusión de energías alternas a partir de fuentes renovables como la biomasa lignocelulósica (BL) [Sharma y col., 2019]. La BL es la fuente más abundante en la tierra ya que es un material que se puede obtener de la madera de árboles, arbustos, de los desechos agrícolas y de residuos de cultivos, con una producción anual total de aproximadamente 10-50 mil millones de toneladas métricas, por lo que resulta rentable y amigable con el medio ambiente.

La composición principal de la BL es de celulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ (30-50%), hemicelulosa $(C_5H_8O_4)_m$ (15-35%) y lignina $[C_9H_{10}O_3 (OCH_3)$ 0.9-1.7] x (10-20%) [Bhutto y col., 2017]. La celulosa tiene como base en su estructura, subunidades D-glucosa unidas por enlaces glucosídicos β-1,4, y funciona como estructura en la pared celular, la

mayoría se encuentra como cadenas de polisacáridos, que forman microfibrillas de celulosa. Las microfibrillas de celulosa están unidas por enlaces de puente hidrógeno, tanto inter como intramoleculares, que dan lugar a una estructura rígida cristalina (forma Iα y forma Iβ) o amorfa. Las hemicelulosas son un polímero que presenta ramificaciones de una mezcla heterogénea de hexosas, como la manosa, glucosa y galactosa, pentosas como la xilosa y arabinosa, así como de ácidos galacturónico y glucorónico. Esta mezcla de azúcares está unida por enlaces glucosidicos β-1,4 y a veces por enlaces glucosídicos β-1,3, la concentración de cada uno dependerá de el tipo de BL. Las hemicelulosas permiten unir la celulosa y la lignina mediante una red de microfibrillas que contienen básicamente pentosas y hexosas. La lignina es considerada un heterobiopolímero amorfo complejo, hidrofobico, que consta de unidades de fenilpropano unidas por enlaces C-C y aril-éter. Está formado por acoplamiento oxidativo de tres monolignoles a saber: alcohol trans-p-coumarico, alcohol transconiferil, y alcohol trans-sinapílico [Burton y Fincher, 2014].

A nivel estructural de la BL, cuando la pared celular contiene celulosa con alto grado de polimerización y lignina con unidades de fenilpropanoide, se considera un material lignocelulósico altamente recalcitrante. Estos materiales son estructuralmente muy estables, lo que dificulta el proceso de hidrólisis. Hay varios estudios que proponen pretratamientos que faciliten la separación de las estructuras de celulosa, hemicelulosa y lignina, estos incluyen métodos físicos, químicos, biológicos, y/o su combinación, que den como resultado el acceso libre a los fragmentos de sus unidades base.

Los pretratamientos biológicos representan una técnica rentable que requiere de poca energía, no genera subproductos contaminantes, lo que hace que sean procesos amigables con el medio ambiente. Aunque, el tratamiento biológico ha sido menos investigado debido a la baja importancia industrial y un progreso tecnológico limitado, por otro, lado ha surgido un creciente interés académico en el uso de microorganismos como bacterias y hongos para el pretratamiento de la BL. La selección apropiada de consorcios microbianos con diversa composición enzimática y actividad hidrolítica eficiente es una tarea desafiante. Los pretratamientos químicos, son procesos que incluyen generalmente hidrólisis alcalina o ácida. El uso de bases, propician reacciones donde da lugar a la solvatación y saponificación, dando lugar a una expansión de la estructura que facilita la accesibilidad de las enzimas, sin embargo, en altas concentraciones se presenta una descomposición indeseable de polímeros. Por otro lado, el uso de ácido a temperatura ambiente, se utiliza para mejorar la digestibilidad anaerobia, ya que solubiliza la hemicelulosa y con el uso de temperaturas altas, la hidrólisis rompe las estructuras simultáneamente, acelerando los tiempos de reacción.

Los pretartamientos inciden en la biodegrabilidad de la BL y la facilidad con la que ocurre, se relaciona con la fuente de la BL y su composición, específicamente, la cristalinidad de la celulosa, el área superficial y el contenido de lignina [Piñeros et al., 2010]. Derivado de lo anterior, se buscan fuentes que presenten contenidos bajos de lignina y estructuras no lineales de celulosa. La BL obtenida de residuos agroalimentarios, es una materia prima recomendada para utilizar en la producción de biocombustibles, ya que ha pasado por un procesamiento tecnológico, ya sea físico, térmico, químico o combinación de algunos, con lo que consecuentemente ha disminuido considerablemente la rigidez de sus enlaces estructurales y en su mayoría la cantidad de lignina es mínima.

La borra de café (BC) se genera en las fábricas de producción de café soluble y cuando se prepara la bebida a partir del grano tostado y molido, representa el 10% del peso del fruto fresco y se estima una producción de hasta 22,300 T/año [Agudelo, 2002]. La BC, es un residuo que ha pasado por diversos procesamientos tecnológicos tales como el despulpado, desmucilaginado, secado, trillado, torrefacción y preparación de la bebida. En cada una de estas etapas, se acumulan residuos que se han aprovechado ampliamente para la obtención de diversos energéticos como son, la producción de biogás de hasta 25L por Kg de pulpa fresca [Sasse, 1984], la producción de 58.37 mL de bioetanol por cada Kg de mucilago fresco [Rodríguez, 2007] y una capacidad calórica de 17.9 MJ por cada Kg de Cisco obtenido en el proceso de trilla [Roa y col., 1999] y empleado como combustible directo, mientras que la BC es el último de los residuos en el proceso de la industrialización del café, el cual hasta el momento se a utilizado como energético de uso directo con una capacidad calórica de 29.01 MJ/Kg de BC seca, sin embargo al haber pasado por cada uno de las etapas de industrialización es una materia prima que tiene potencial para obtener azúcares fermentables que pueden usarse en procesos fermentativos para la producción de bioetanol. En la presente investigación se propone utilizar la borra de café, como una fuente alterna de materia prima para la generación de energéticos mediante la combinación de hidrólisis química y enzimática para la optimización de la liberación de azúcares fermentables. En este trabajo, se estudia la composición química de la

 ISSN 2007-8102

BC, así como los efectos de las condiciones de hidrólisis ácida y enzimática de la relación masa/[H_2SO_4]/enzima, sobre la depolimerización de los azúcares base de la celulosa y hemicelulosa de la BC.

Metodología

Materiales

Se utilizo BC recolectada de 10 cafeterías de la zona de Ecatepec, ácido sulfúrico de J. T. Baker grado reactivo analítico, las enzimas utilizadas en la hidrólisis fueron adquiridas de Sigma-Aldrich.

Caracterización química

Se determinó el contenido de humedad por el método No. 14004 y se determinó el contenido de cenizas por el método No. 14006 de acuerdo con lo establecido por la A.O.A.C. [Official Methods of Analysis, 2000], en el cual se utilizó de una mufla de 600°C. Se realizó la preparación de las muestras con la metodología de extraíbles con solventes orgánicos y agua de la metodología oficial TAPPI (T 204 cm 1997, T 207 cm 1999), mediante el uso de dos equipos Soxhlet de capacidad de 250 mL. Se realizó la determinación de proteína cruda por Kjeldahl, método No. 2.049 por la A.O.A.C., mediante el uso de un digestor LABCONCO y un microdestilador DMK-650. Se determinó el contenido de lignina Klason utilizando la metodología oficial TAPPI (T 222 om 1998), mediante el uso de un sistema específico para la filtración de la lignina, holocelulosa, pentosanos (UM 236 1939, T223 cm 1984), α-celulosa (T 9m-54 1954).

Tratamiento de la BC

La metodología general que se siguió para la obtención de azúcares libres se muestra en la figura 1., donde se distinguen las etapas de acondicionamiento, pre-tratamiento y de hidrólisis.

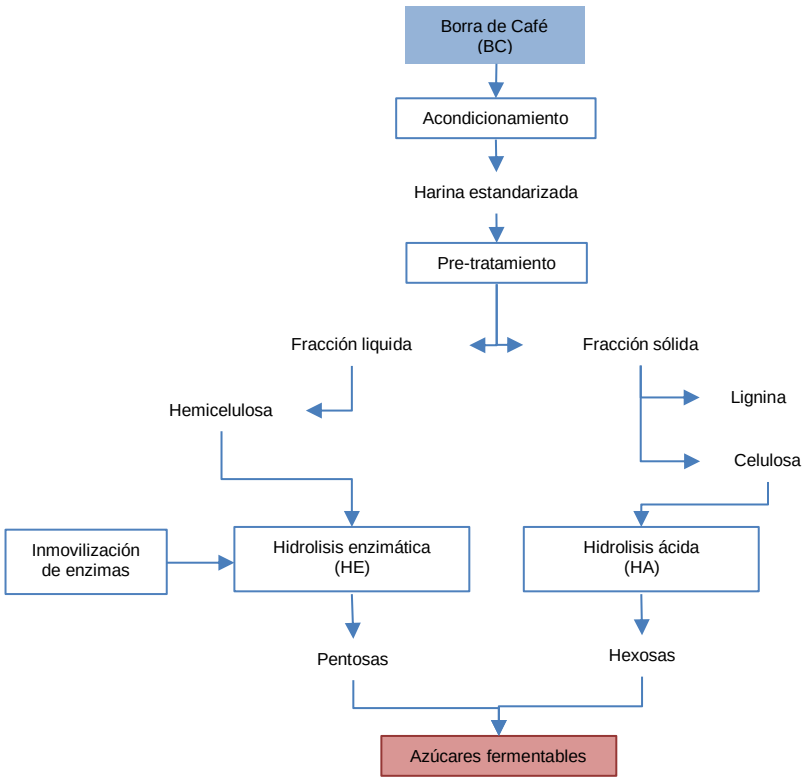


Figura 1. Diagrama general para la extracción de azúcares fermentables a partir de borra de café.

 ISSN 2007-8102

Acondicionamiento de la BC

Se quita el exceso de agua de la BC recolectada mediante un secado en estufa a 70ºC, durante 6 h. Posteriormente se reduce y homogeniza el tamaño de partícula durante la molienda en un molino Braun KSM2, seguido de un tamizado que se realizó en un tamiz MONTINOX 0165 con una abertura de malla de 420 micrones (malla N0. 40), la harina estandarizada se desengrasa con acetona (5 mL/g) en agitación constante a temperatura ambiente durante 16 h (3 repeticiones), seguida de filtración al vacío en una campana de extracción y se almacena a 4ºC.

Pre-tratamiento de la BC

Se coloca harina estandarizada de BC en un matraz de 1L y se adiciona NaOH 0.1N, en relación 1:10 (p/v), con agitación constante durante 15 min. Posteriormente, se le agrega 0.816 de $CaSO_4$ a la mezcla y se deja reposar durante 4h. Se adiciona HCl 0.05N hasta llegar a un pH de 7 y se filtra. Las dos fracciones, liquida y sólida, se conservan a 4ºC hasta su uso.

Hidrólisis ácida

Para realizar optimización de la hidrólisis ácida, se realiza un diseño de experimentos factorial 2_3, teniendo como factores la concentración de H_2SO_4 (3, 6 y 8 % p/v) y el tiempo de reacción (80, 120 y 160 min). La reacción se llevo acabo en tubos de ensaye con un sellado hermético, colocando 0.5 g de la fracción sólida y la solución del ácido en una relación 1:10, manteniendo condiciones isotérmicas de 121°C con 15 psi de presión. Los hidrolizados resultantes se neutralizan con solución de $CaCO_3$ 0.1N y se centrifugan a 3000 rpm. Los residuos sólidos se desechan mientras que los licores se conservan en congelación. Los datos que se obtienen se analizan mediante el software StatGraphics Centurion versión de prueba.

Inmovilización de enzimas

Se realiza una disolución de 2.5 g de alginato de sodio en un vaso precipitado con 60 mL de agua destilada en ebullición con agitación constante, posteriormente se deja enfriar hasta alcanzar 38°C ± 1ºC. Se diluye 1 mL de cada enzima en 20 mL de agua destilada, manteniendo la temperatura a 38ºC. Se mezclan las dos soluciones en agitación constante. Se forman las esferas con el uso de una jeringa de 25 mL de y una aguja N° 21 dejando gotear la solución enzima-alginato sobre 250 mL de una solución a 10ºC de $CaCl_2$ al 1.5% (p/v), la cual se mantendrá en constante agitación durante 2h, posteriormente se lavan con agua destilada y se almacenan a 4 °C en un buffer de acetato de pH de 4.5 y una concentración de sacarosa al 2% (p/v).

Hidrólisis enzimática

Se comparan dos tratamientos para la optimización de las condiciones de hidrólisis enzimática. Se toma una muestra de 200 mL de la fracción liquida y se adiciona a 300 mL de buffer de fosfato de sodio 0.1M, pH 6. Para el primer tratamiento se adiciona 1% de Endo-1-4-β-D-glucanosa y Cellobiohydrolasa [producto Sigma®], manteniendo la temperatura a 45ºC en agitación constante durante 4h. Pasado el periodo de incubación se adiciona el 1% de Hemicelulasa y pectinasa [producto Sigma®], incubando a 37ºC durante 2h en agitación constante. En el segundo tratamiento se adiciona Driselase™, incubando a 50ºC durante 4 h, posteriormente se adiciona 1% de Hemicelulasa y pectinasa incubando a 37ºC durante 2h en agitación constante. En cada ensayo se utiliza enzimas inmovilizadas y como control enzimas sin inmovilizar.

Cuantificación de azúcares reductores

La liberación de azúcares en las fracciones se estimó mediante la cuantificación de azúcares reductores, los cuales se cuantificaron por el método del DNS según Miller (1959), con algunas modificaciones. Se mezcla 0.5 mL del reactivo del DNS con 0.5 mL de la muestra, se agita la mezcla en vortex Genie 2, se lleva a ebullición durante 5 minutos en baño maría, se enfría a temperatura ambiente y se adiciona 5 mL de agua destilada y se agita vigorosamente, se deja reposar durante 15 min y se mide la absorbencia a 540 nm. Se realiza una curva patrón de glucosa.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Caracterización química de la BC

La caracterización química de la BC se muestra en la Tabla 1, donde se observa un contenido de humedad de 32% ± 3.7. La cantidad de agua que se tiene en las BC recolectada es derivada de la elaboración de bebidas, por lo que es importante disminuir hasta llegar a no mas de 10% para evitar el crecimiento de microorganismos. Por otro lado, el contenido de proteína fue de 10.3 ±2.1, lo que indica que hay probabilidad de actividad proteolítica. El contenido de minerales fue de 1.6% ± 0.1. Los valores obtenidos se encuentran del rango de lo reportado por Urribarrí [2014].

Tabla 1. Caracterización química de BC

Análisis		BC g/100g	RA* g/100g	OM** g/100g
Humedad		32±3.7	ND	ND
Proteína		10.3±2.1	ND	ND
Cenizas		1.6±0.1	10.0±0.2	1.5
Extraíbles	Etanol-benceno	27.3±0.2	11.5±0.4	ND
	Etanol	5.5±0.17	3.9±0.1	2
	Agua	32.1±0.4	8.5±0.3	2.6
	Lignina	13.5±1.26	7.5±0.6	16.3
	Holocelulosas	28.6±0.12	38.5±2.3	73
	α-celulosa**	70.8±2.15	22.4	64.8
	Pentosanos	18.19±0.7	7.9±0.08	28.7

**Arce y col., 2014*
***Cordoba y col., 2010*
****α-celulosa se determinó a partir de la holocelulosa*
BC Borra de café
RA Rastrojo de Amaranto
OM Olote de maíz
ND no detectado

Los extraíbles en los diferentes solventes es aproximadamente el 50% de la BC. En comparación con otros residuos agroalimentarios, se extrae el doble que con el rastrojo de amaranto [Arce y col., 2014], ya que de este material se pueden extraer otros compuestos de interés Dentro de los compuestos que se extraen en con solventes orgánicos son las grasas, que pueden utilizarse en otros procesos alternos para la obtención de biodiesel y polifenoles. Los compuestos polares que se extraen de la BC son principalmente taninos, pigmentos, entre otros.

En la BC se determino hasta un 70.8% de celulosa, el cual representa el componente en mayor proporción, el cuál es semejante a lo reportado en el olote de maíz por Cordoba [2010], que es utilizado para la producción de energéticos. El contenido de celulosa en la BC es 3 veces mas que lo que presenta el RA. El contenido de holocelulosas y pentosanos es del 28% y 18% respectivamente. Por otro lado, el contenido de lignina en la BC es del 13.5%. De los resultados obtenidos se observa que la BC es un material que contiene un alto porcentaje de azúcares en sus componentes estructurales, lo que hace que la BC sea un material lignocelulósico apto para la extracción de azúcares fermentables.

Perdidas en el proceso de acondicionamiento de la BC

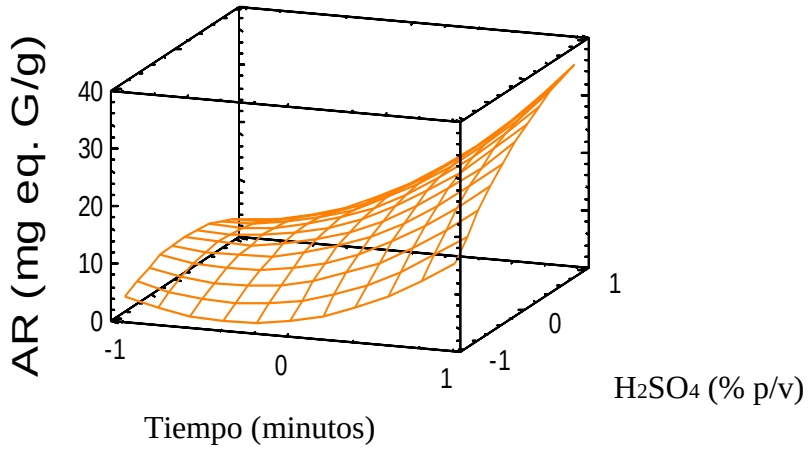
Se observa que durante el acondicionamiento se tiene un 1.2%±0.4 de perdida de BC durante la molienda y hasta un 7.4% en el tamizado. En el desengrasado se pierde hasta un 36.1%. Las perdidas por acondicionamiento en su mayoría se deben a la solubilidad de compuestos hidrofóbicos como son pigmentos y algunos polifenoles. El

 ISSN 2007-8102

proceso de acondicionamiento es un paso en donde se reporta la mayor cantidad de perdidas (35-80%), al utilizar la BC que ya ha pasado por algún procesamiento, las perdidas disminuyen considerablemente.

Hidrólisis ácida

Se observo que la liberación de azúcares fermentables mediante la hidrólisis ácida se relaciona directamente la concentración de H_2SO_4 y el tiempo de reacción que se estudia en el presente trabajo, como se muestra en la Figura 2. Donde se tiene un máximo de 39,29±2 x10 $^{-01}$ g glucosa/g BC, cuando se opera durante 160 min y se utiliza una concentración de 8% de H_2SO_4.



Tiempo: -1=80min, 0=120min, 1=160min H_2SO_4: -1=3%, 0=6%, 1=8% (p/v)

Figura 2. Liberación de azúcares de la hidrólisis de la fracción sólida de la BC.

Con los resultados obtenidos se puede asegurar la linealidad del tiempo con la concentración de ácido, el cual se describe con el modelo matemático AR = 39.29 + 2,142*t + 4,509*[H_2SO_4] - 22,7952*t_2 + 0,547*t*[H_2SO_4]-23,3837*[H_2SO_4]$_2$, obtenido de la optimización en el software StatGraphics centurión, versión de prueba. La liberación de los azúcares se lleva acabo del rompimiento de la matriz de la celulosa de la BC. En diversos trabajos de investigación utilizan esta metodología para reducir los tiempos de reacción, que comparados con hidrólisis básica llegan a ser hasta el triple de lo propuesto en esta investigación. Los resultados obtenidos son aproximadamente 10 veces mas que lo reportado por Albarracín y col. [2015], donde se realiza la hidrólisis con 8% de H_2SO_4 durante 6h sobre paja obteniendo 0.41 g de G/g.

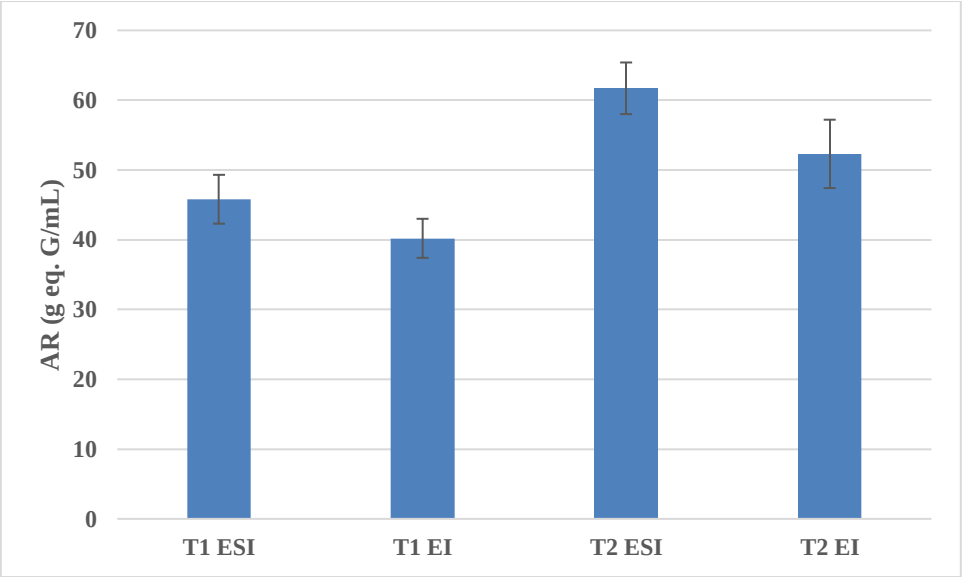
Hidrólisis enzimática

Los resultados de la hidrólisis enzimática del tratamiento 1 se presentan en la Fig. 3, en donde se genera hasta 45.8 ± 3.5 g de glucosa/mL mientras que el tratamiento 2 genera un máximo de 61.7 ± 3.7 g de glucosa/mL. Durante el proceso convencional de hidrolisis enzimática se pierde el complejo enzimático dentro de el medio de reacción, encareciendo el proceso. Diversos autores buscan métodos de recuperación de enzimas, en el presente estudio se probó el uso de enzimas inmovilizadas, y se observó qué, al utilizarlas, hay una disminución en el rendimiento de azúcares liberados de las hemicelulosas que no es significativo, por lo que al inmovilizarlas se pueden recuperar al 100% y se pueden reutilizar en posteriores procesos.

El tratamiento 2, presenta una diferencia significativa de hasta aproximadamente 35% sobre el tratamiento 1, lo que puede estar relacionado con que el complejo enzimático Driselase$_{TM}$, contiene hemicelulasas específicas con

 ISSN 2007-8102

afinidad por los sitios activos de la matriz de las hemicelulosas de la BC, que permiten liberar con facilidad los azúcares fermentables, mientras que en el tratamiento 1 la especificidad de las enzimas es menor. En comparación con lo obtenido por Bonilla y col., 2015, se observa un rendimiento de 5 g/L a partir de cascara de banano, la diferencia significactiva se debe a que los autores proponen una hidrólisis, donde se utiliza directamente el hongo (*Trichoderma ressei*) que en presencia de el material integro, produce enzimas lignocelulolíticas que degradan lentamente el marial lignocelulosico, ya que existen barreras que impiden que la enzima consiga llegar al sitio activo fácilmente. Por lo que los procesos propuestos en este trabajo son útiles para aumentar el rendimiento de los azúcares fermentables.



T1=Tratamiento 1, T=Tratamiento 2, ESI= Enzimas sin inmovilizar, EI= Enzimas inmovilizadas

Figura 3. Liberación de azúcares de la hidrólisis de la fracción líquida de la BC.

Trabajo a futuro

Se deberá continuar con el estudio sobre los parámetros cinéticos de la fermentación, usando como sustrato a los licores obtenidos de la hidrólisis ácida y la enzimática de la BC, para la producción de bioetanol, con la finalidad de estudiar los rendimientos, condiciones de operación, entre otras, así como la caracterización de el biocombustible y su poder calórico.

Conclusiones

Mediante la caracterización química, se observó que la BC tiene un contenido de 28.6% de hemicelulosa y hasta 70.8% de celulosa, por lo que se puede considerar que es BL rica en azúcares, por lo tanto, puede ser utilizada como materia prima para la liberación de azúcares. Los resultados prueban que, mediante la implementación del proceso secuencial, que comprende un pretratamiento con NaOH 0.1N, un filtrado, una hidrólisis ácida de la fracción sólida y una hidrólisis enzimática sobre la fracción líquida, se obtiene una optimización de sacarificación sobre la BC para obtener licores fermentables de hasta 39,29±2,0E-01 g glucosa/g y 61,7±3.7g glucosa/mL, respectivamente, para cada fracción. Los licores fermentables pueden ser utilizados para la producción de bioetanol y así coadyuvar en el déficit de combustibles energéticos.

Agradecimientos

Para la realización de la presente investigación se contó con el financiamiento del Tecnológico Nacional de Mexico (TecNM) mediante el proyecto 94r9n8 (4655) derivado de la Convocatoria 2018-2: Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en los Programas Educativos de los Institutos Tecnológicos Federales, Descentralizados y Centros, así como del financiamiento del PRODEP derivado de la convocatoria de incorporación de NPTC 2018.

Referencias

1. Albarracín, K. G., Jaramillo, L. I., and Albuja, M. (2015). Obtención de bioetanol anhidro a partir de paja (Stipa ichu). Revista Politécnica, **36(2**), 109.
2. Agudelo A., R.A. (2002). Obtención de etanol a partir de la borra de café. Ed. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería y arquitectura. (**1**) 1-120.
3. Bhutto, A. W., Qureshi, K., Harijan, K., Abro, R., Abbas, T., Bazmi, and Yu, G. (2017). Insight into progress in pre-treatment of lignocellulosic biomass. Energy, (**122**) 724-745
4. Bonilla, H. R., Gómez, O. T., and Dávila, K. D. (2015). Hidrólisis enzimática de residuos agroindustriales del banano para la obtención de jarabe glucosado aplicando tres pretratamientos. Industrial Data, (**18**), 101-107.
5. Burton, R. A., & Fincher, G. B. (2014). Plant cell wall engineering: applications in biofuel production and improved human health. Current opinion in biotechnology, (**26**) 79-84.
6. Miller, G.L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Analytical Chemistry. (**31**) 426-428.
7. Micán, M. L. M., Paéz, A. I., Aguilar, J. S., and García, D. Z. (2017). Producción de bioetanol a partir de diferentes mezclas de los residuos orgánicos generados en una empresa alimentos. Revista de Investigación, (**10**), 47-60.
8. Piñeros, Y., Otalvaro, A., Campos, A., Cortés, W. and Proaños, J. (2010). Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz. Ed. Universidad de Bogotá Jorge Toledo Lozano, Bogotá DC, (**1**) 35.
9. Roa, G.; Oliveros, C.E.; Álvarez, J.; Ramírez, C.A.; Sanz, J.R.; Dávila, M.T.; Álvarez, J.R.; Zambrano, D.A.; Puerta, G.I.; Rodríguez, N. (1999). Beneficio Ecológico del café. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 300.
10. Rodríguez V., N. (2007). Balance energético en la producción de etanol a partir de la pulpa y el mucílago de café y poder calorífico de los subproductos del proceso del cultivo de café. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental. (**1**) 7-10.
11. Sasse, L. (1984). La planta biogás. Bosquejo y detalle de plantas sencillas. Braunschwlig, Fredr. Vieweg & Sohn. (**665**) 1-252.
12. Sharma, H. K., Xu, C., and Qin, W. (2019). Biological Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Biofuels and Bioproducts: An Overview. Waste and Biomass Valorization. 10(**2**) 235-251.
13. Technical Association of the Pulp and Paper Industry.
14. Urribarrí, A., Zabala, A., Sánchez, J., Arenas, E., Chandler, C., Rincón, and Mazzarri, C. A. (2014). Evaluación del potencial de la borra de café como materia prima para la producción de biodiesel. Multiciencias, (**14**), 129-139

Estudio del proceso de fermentación alcohólica mediante la adición de una sal orgánica

L. López Zamora[1], D. Rivera Martínez[1] , E. Bolaños Reynoso[1],M.G. Aguilar Uscanga[2]
[1]Departamento de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata. C.P. 94320, Orizaba Veracruz. México
[2]Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando Hogar, Veracruz, Ver. 91897, México
**llopezz02@yahoo.com.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El sorgo dulce es una materia prima atractiva para la producción de etanol, logrando ser una fuente de energía renovable para sustituir los combustibles fósiles. El objetivo de este trabajo fue maximizar la producción de etanol empleando la levadura *S. Cerevisiae ITV-01,* analizando el estudio cinético sobre la influencia del consumo del sustrato y la generación de producto por medio de la adición de un complejo orgánico (Urea) a diferentes cargas variando la concentración celular inicial a partir de un diseño factorial 2^2 con tres puntos centrales, el sustrato se suplementó con las siguientes sales inorgánicas KH_2PO_4 (2.92 g/L), $MgSO_4$.$7H_2O$ (0.75 g/L) y extracto de levadura (2 g/L). Se generó una concentración máxima de etanol en el jugo de sorgo dulce (JSD) de 58.30 g/L a las 18 h, con urea (3 g/L) y concentración celular ($3x10^6$ cell/mL) obteniendo una productividad de Q= 3.23 g/Lh, un rendimiento etanol/sustrato Yp/s= 0.40 g/g.

***Palabras clave**: Fermentación, sales orgánicas, etanol, diseño factorial*

Abstract

Sweet sorghum is an attractive raw material for ethanol production, making it a renewable energy source to replace fossil fuels. The objective of this work was to maximize ethanol production using S. Cerevisiae ITV-01 yeast, analyzing the kinetic study on the influence of substrate consumption and product generation through the addition of an organic complex (Urea) to different loads varying the initial cell concentration from a factorial design 2^2 with three central points, the substrate was supplemented with the following inorganic salts KH_2PO_4 (2.92 g/L), $MgSO_4$.$7H_2O$ (0.75 g/L) and yeast extract (2 g/L). A maximum concentration of ethanol in the sweet sorghum juice (JSD) of 58.30 g/L was generated at 18 h, with urea (3 g/L) and cell concentration (3x106 cell/mL) obtaining a productivity of Q = 3.23 g/Lh, a yield ethanol/substrate Yp/s = 0.40 g/g

***Key words**: Fermentation, organic salt, ethanol, factorial design*

Introducción

El bioetanol es una energía alternativa para sustituir los combustibles fósiles. Su producción se puede lograr a través de procesos de fermentación microbiana a partir de muchos residuos agrícolas que se producen localmente, son baratos y abundantes, el cual puede aliviar la crisis energética mundial debido que contiene 35% O_2, por lo cual reduce emisiones de hidrocarburos, monóxidos de carbono y oxinitruro [Thani y col 2017]. Dicho alcohol constituye alrededor del 90% del biocombustible producido a escala mundial [Bueno y col. 2009].

La reacción biológica que sucede para llevar a cabo la producción de etanol, que permite transformar los azúcares en alcohol y dióxido de carbono se representa mediante la siguiente reacción [Montes y col. 2017]:

$$\text{Glucosa } (C_6H_{12}O_6) \longrightarrow \text{Etanol } (2C_2H_5OH) + \text{Dióxido de carbono } (2CO_2)$$

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

La *Saccharomyces cerevisiae*, es una de las especies de levadura usada con más frecuencia. El rendimiento teórico estequiométrico para la transformación de glucosa en etanol es 0.511 g de etanol y 0.489 g de CO_2 por un gramo de glucosa [Vázquez y Dacosta, 2007].

El bioetanol de segunda generación se produce a partir de una biomasa que es neutra en carbono o negativa en términos de su impacto en las concentraciones de CO_2 en la atmósfera. Es más probable que los materiales lignocelulósicos sean un sustrato renovable sustancial para la producción de bioetanol sin competir con la producción de alimentos y con la alimentación animal [Pandiyan y col. 2018].

El jugo de sorgo dulce (JSD) se ha ocupado como sustrato para la obtención de etanol, debido a su alto contenido de nutrientes, el cual está alcanzando importancia a nivel mundial y es definido como un cultivo bioenergético promisorio, por su gran producción de masa verde, mínimos requerimientos generales y su tolerancia a enfermedades además de sequías e inundaciones que puede suplementar el uso de la caña de azúcar en la producción de etanol [Bueno y col. 2009]. El jugo que se obtiene de los tallos está compuesto básicamente por sacarosa, glucosa y fructuosa, cuyas proporciones dependen de la variedad, temporada de cosecha, etapa de madurez y las condiciones climáticas. Los azúcares simples en el jugo de sorgo dulce representan de 53 a 85% de sacarosa, de 9 a 33% de glucosa y de 6 a 21% de fructuosa. Los sólidos que se encuentran en el tallo del sorgo cuya composición de humedad se encuentra alrededor del 73% se dividen en carbohidratos estructurales y no estructurales. La composición de los carbohidratos estructurales, está dada por celulosa, hemicelulosa y lignina, que representan 12% del peso del tallo pudiendo ser hidrolizados y utilizados como sustrato para la producción de etanol [Chuck y col. 2011].

En términos generales la fermentación se puede definir como un proceso de biotransformación en el que se llevan a cabo cambios químicos en un sustrato orgánico por la acción de enzimas sintetizadas por microorganismos conocidos como catalizadores bioquímicos o biocatalizadores, en este caso capaces de convertir las hexosas del mosto en etanol cuando las condiciones son anaeróbicas [Agrowaste, 2013].

Para la fermentación alcohólica además del mosto se requiere un biocatalizador que sea capaz de afectar enzimáticamente determinados grupos químicos del sustrato. Los sustratos orgánicos sobre los que actúan los microorganismos tienen un doble papel: primero como fuente de nutrientes para dicho biocatalizador y el segundo como fuente de energía. Se logra la transformación de los azúcares en alcohol mediante transformaciones bioquímicas por la acción de levaduras, esto se debe bajo condiciones de crecimiento anaeróbico mediante la compleja vía de Embden-Meyerhof-Parnas, a través de esta vía, el piruvato producido durante el catabolismo es procesado por la piruvato descarboxilasa a acetaldehído y CO_2, se produce entonces el etanol a partir de acetaldehído mediante la reducción por la enzima alcohol deshidrogenasa [Agrowaste, 2013].

Se ha demostrado que el nitrógeno es uno de las micronutrientes más importantes para mantener el metabolismo de las levaduras. El nitrógeno es un elemento fundamental para la síntesis de aminoácidos, proteínas, y otros metabolitos fundamentales en la fisiología de las levaduras. Los iones amonio pueden ser aportados por el cloruro amónico, nitrato amónico, fosfato amónico, sulfato de amonio, urea, peptona u otros derivados proteínicos solubles**.** Estas formas de nitrógeno orgánico son conocidas como nitrógeno asimilable por las levadura (NAL, o YAN por sus siglas en inglés) [Uribe, 2007].

El objetivo de esta investigación fue maximizar la producción de etanol, mediante la adición de una sal orgánica aplicando un método de superficie de respuesta (MSR)

Metodología

Materiales

Se empleó jugo de sorgo dulce proporcionado por el Instituto Tecnológico de Veracruz de la variedad “RB Cañero”. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* ITV-01y urea marca Marbe.

Condiciones de precultivo

EL precultivo fue llevado a cabo en un matraz de 250 mL con un medio líquido de 100 mL enriquecido con sales orgánicas (KH_2PO_4, 5 g/L; $(NH_4)_2SO_4$, 2 g/L; $MgSO_4.7H_2O$, 0.4 g/L) y extracto de levadura 1 g/L. Manteniéndolo con una agitación de 200 rpm, 30 ºC durante 12 h.

Condiciones de cultivo

Las cinéticas de fermentación alcohólica se realizaron en matraces de 250 mL con un volumen de operación de 160 mL de azúcares fermentables a 30 ºC, 200 rpm durante 18 h, para realizar las cinéticas se aplicó un diseño de experimento 2^2 con tres puntos centrales, siendo las variables independientes la urea (3, 4.5 y 6 g/L) y la concentración celular ($3x10^6$, $6x10^6$ y $9x10^6$ Cell/mL). Los datos experimentales fueron evaluados a partir del análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de P=0.001, empleando el software estadístico NCSS Minitab 18

Metodos analiticos

La determinación de biomasa se realizó mediante análisis de densidad óptica (DO) evaluada a una longitud de onda de 620 nm mediante un espectrofotómetro (Thermo Spectronic Genesys 20, USA) empleando celdas de cuarzo con una trayectoria óptica de 10 mm, realizando las diluciones necesarias para obtener lecturas de absorbancias por debajo de 0.8, que posteriormente se llevó a una correlación mediante un polinomio de primer orden reportando la biomasa generada en g/L.

La cuantificación de azúcares fermentables y etanol se realizaron mediante un HPLC (Waters 600 TSP Specta System, Water, Milford MA, USA) usando una columna Shodex SH 1011 (8 x 300 mm), a 55 °C, con una fase móvil de ácido sulfúrico 5 mM, a una tasa de flujo de 0.6 mL min^{-1} y un detector de índice de refracción a 50 °C (Water 2414, TSP Refracto Monitor V, Waters, Milford MA, USA).

Resultados y discusión

Determinación de azúcares y pH

El JSD variedad RB-Cañero presentó un alto contenido de azúcares fermentables 150 g/L, encontrándose en el rango reportado por Partida [2017]. El pH del jugo obtenido fue de 5, este valor se encuentra dentro de los valores ideales para los procesos de fermentación, ya que para la obtención de etanol mediante *S. cerevisiae* ITV-01 los mejores resultados obtenidos para producir etanol con menores concentraciones residuales de azúcares se encuentran en un rango de pH de 3.5-5.5 reportado por Ortiz [2010)], siendo el pH de 5.5 el más óptimo para la levadura.

Producción de etanol

El efecto de las condiciones de validación se evaluaron con una concentración de urea de 3 g/L y la concentración inicial de inoculo $3x10^6$ cell/mL en la producción de etanol generó una cinética producto-sustrato (Figura 1) que alcanzó una concentración de etanol de 58.30 g/L. Khalit y col. [2015] realizaron un estudio de producción de etanol a partir de cepas de *S. Cerevisiae* en JSD alcanzando una concentración de etanol de 48.8 g/L siendo 16.30 % menor a la concentración de alcohol obtenido por este trabajo

Las condiciones de maximización generaron un consumo de sustrato del 100% en la cinética, con una concentración inicial de azúcares fermentables de 148 g/L, permitiendo generar una máxima concentración de biomasa de 11.70 g/L cuyo comportamiento cinético se muestra en la Figura 2 y una concentración celular de $2.01x10^8$ cell/mL ocurrida a las 12 h del proceso de fermentación**,** tiempo en el que se alcanza el mayor consumo de sustrato de 56.33% como se observa en la Figura 3.

 ISSN 2007-8102

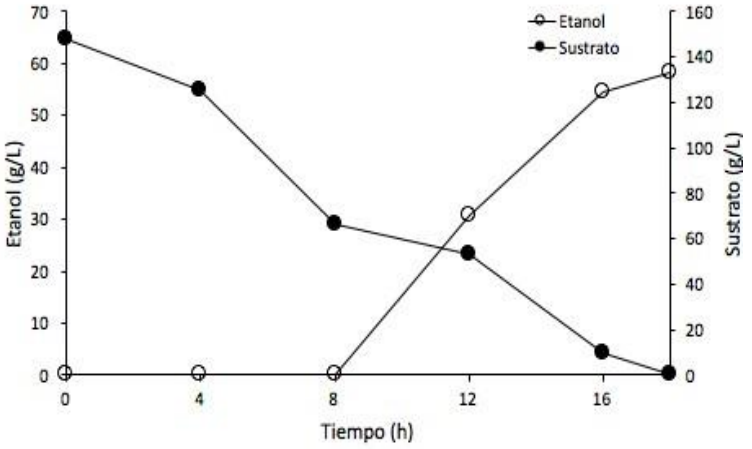


Figura 1. Cinética: suplementado por urea (3 g/L), KH_2PO_4 (2.92 g/L), $MgSO_4.7H_2O$ (0.75 g/L) y extracto de levadura (2 g/L)

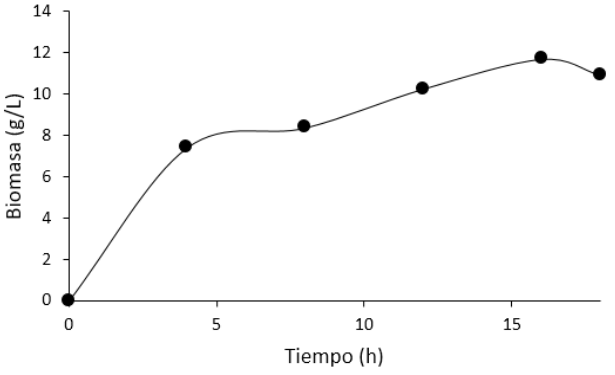


Figura 2. Comportamiento cinético de biomasa en JSD

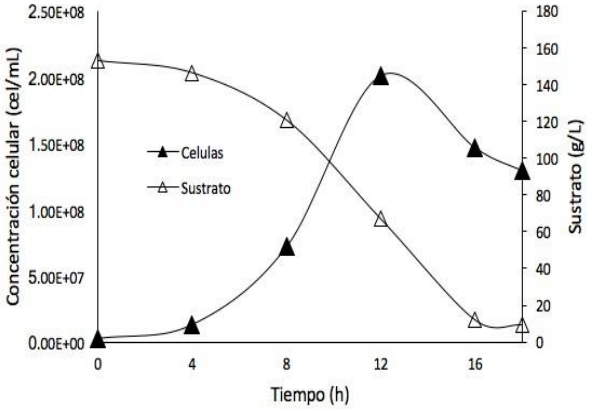


Figura 3. Cinética de consumo de sustrato y crecimiento celular durante el proceso de fermentación

Respecto a la formación de inhibidores la cinética, se formó glicerol alcanzando una concentración máxima de 7.75 g/L presente a la hora 16 (Figura 4). Wijaya y col. [2018] obtuvieron una concentración de glicerol de 12.40 g/L en cultivos de JSD a partir de cepas *S. Cerevisiae*, siendo 60 % mayor a la concentración de glicerol obtenido en este trabajo.

 ISSN 2007-8102

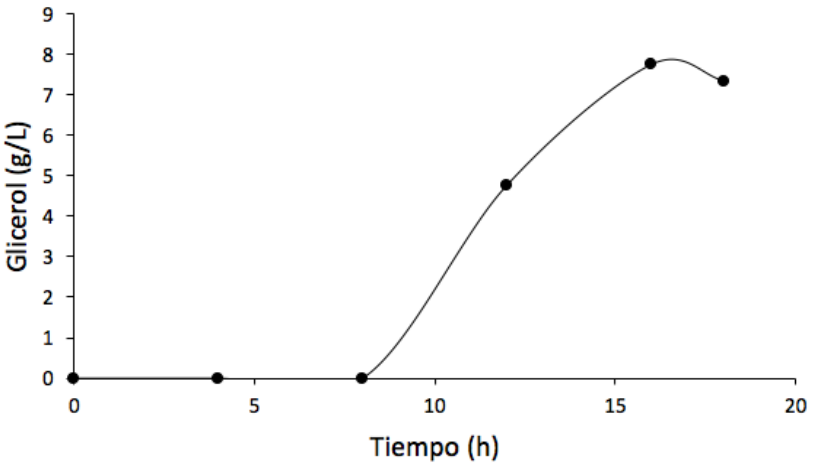


Figura 4. Cinética de formación de glicerol en cinética de validación

Los parámetros de la cinética de máxima producción de etanol, obtuvo una productividad de Q=3.23 g/Lh que supera en un 49.53% al valor reportado por Partida [2017] quien obtuvo una Q=2.16 g/Lh y a Ratnavathi y col. [2010] con una Q=1.25 g/Lh , mientras que el rendimiento etanol/sustrato (Yp/s) de este trabajo fue de 0.40 g/g superando en un 2.56% al valor reportado por Ortiz (2010) de Yp/s=0.39 g/g y en 8.1% a Wijaya y col. [2018] quien obtuvo Yp/s= 0.37g/g.

Análisis de contornos

Se localizaron dos áreas máximas de obtención de etanol a partir del gráfico de contornos (Figura 5) se puede observar que la máxima producción de etanol ocurre en un intervalo de 3 a 3.37 g/L de urea mientras que la concentración de células va de $3x10^6$ a $3.66x10^6$ cell/mL alcanzando y asegurando una producción de etanol de 58.30 g/L siendo 2.84% mayor a la concentración de la segunda región máxima en un intervalo de 5.37 a 6 g/L de urea y $7.73x10^6$ a $9x10^6$ cell/mL con una concentración de etanol de 56.69 g/L, esto puede ser debido a que menor sea la concentración celular inicial, las levaduras tiene mayor aprovechamiento de reproducción en su fase exponencial a partir del abundante sustrato disponible**.**

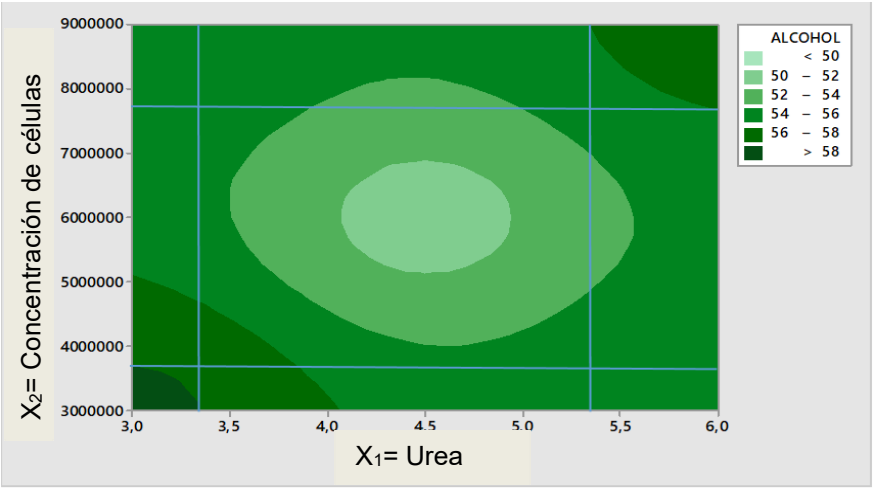


Figura 5. Gráfico de contornos: tendencia de optimización de las regiones de experimentación de diseño de 2^2 con tres puntos centrales para la producción de etanol

 ISSN 2007-8102

Análisis de gráficos de superficie de respuesta (GSR)
La maximización de la producción de etanol se encuentra en las regiones experimentales de los niveles bajos de la superficie de respuesta (Figura 6) (GSR) permitiendo localizar a la máxima producción de etanol se obtiene con una concentración de urea de 3 g/L y una concentración de células de $3x10^6$ cell/mL, además se observó que el aumento progresivo de la concentración de ambos factores minimizaron la producción de etanol como ocurre en los puntos centrales**.**

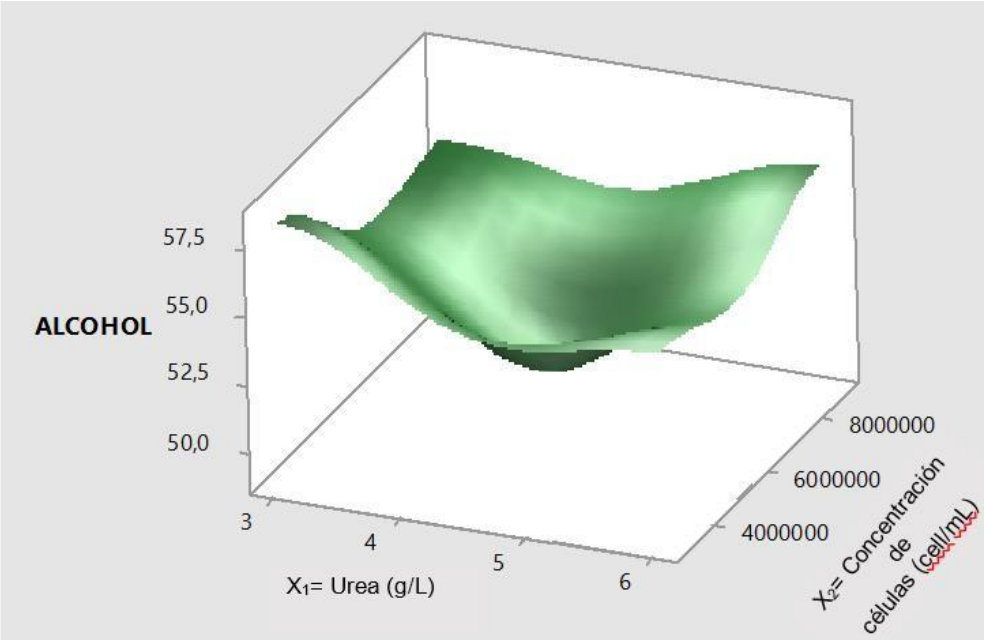


Figura 6 GSR de la producción de etanol a partir de 2^2 con tres puntos centrales

Yue y col. [2012], sugieren que la utilización de urea como fuente de nitrógeno tiene una gran influencia sobre el etanol puesto que cambia el metabolismo del carbono en comparación con otras sales como lo es $(NH_4)_2SO_4$ debido a que la urea propicia una mayor concentración celular y una mejor tolerancia al alcohol formado, sin embargo a concentraciones i-niciales altas del complejo orgánico dan como resultado una producción de etanol muy baja.

Deesuth y col. [2015] realizaron estudios en cultivos de JSD con concentraciones de nitrógeno de 9 g/L para la obtención de etanol, pero no encontró efectos significativos al aumentar la carga amoniacal, obteniendo una producción máxima de etanol de 47.7 g/L, con lo cual se confirma que en altas concentraciones de nitrógeno inhiben la producción de etanol al igual que la concentración celular.

Conclusiones

Concentraciones altas de urea y cargas grandes de inóculo no favorecieron la producción de etanol. La maximización de la producción de etanol se alcanzó considerando los niveles bajos de experimentación para ambos factores (urea= 3 g/L y concentración de células= 3x106 cell/mL), obteniendose una concentración máxima de etanol de 58.30 g/L a las 18 h, con una productividad de Q= 3.23 g/Lh un rendimiento etanol sustrato Yp/s=0.40 y una eficiencia de fermentación del 78 %.

Agradecimientos

A la Dra. María Guadalupe Aguilar Uscanga del laboratorio de bioingeniería del Instituto Tecnológico de Veracruz por la accesibilidad a sus instalaciones para poder llevar a cabo pruebas experimentales.

Referencias

1. Agrowaste., (2013). Fermentación alcohólica-bioetanol. *Informe Técnico*.
2. Bueno G., Cordovés M., Delgado D., (2009). Sorgo dulce: sus potencialidades productivas. *Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, **43(3)**, 15-21.
3. Chuck H.C., Pérez C.E., Heredia O.E., Serna S.S.O., (2011). Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *RMIQ*.**10(3)**, 529-549
4. Deesuth O., Laopaiboon P., Klarit P., Laopaiboon L., (2015). Improvement of ethanol production from sweet sorghum juice under high gravity and very high gravity conditions: effects of nutriente supplementation and aeration. *Industrial Crops and Products*. **74(15)**, 95-102
5. Khalil S.R.A, Abdelhafez A.A., Amer E.A.M., (2015). Evaluation of bioethanol production from juice and bagasse of some sweet sorghum varieties. *Annals of Agricultural Sciences*. **60(2)**, 317-324
6. Montes G.N., Salinas G. J.R., González J.A. Loredo P.R., Días P.G., (2010). Guía técnica de producción de sorgo dulce sorghum bicolor (L.) moench en Tamaulipas. *Guía Técnica de SAGARPA*. **49**,1-8
7. Ortiz M.B., Carvajal Z.O., Torrestiana S.B., Aguilar U.M.G., (2010). Kinetic study on ethanol production using saccharomyces cerevisiae ITV-01 yeas isolated from sugar cane molasses. *J Chem Technol Biotechnol*. **85**, 1361-1367
8. Pandiyan K., Singh A., Singh S., Kumar S.A., Nain L., (2018). Technological interventions for utilization of crop residues and weedy biomass for second generation bio-ethanol production. *Renewable Energy*. **132,** 723-741
9. Partida S.G., (2017). Producción de etanol a partir de jugo y bagazo de sorgo dulce (*Sorgum bicolor* (L.) *Moench*) mejorado genéticamente. *Tesis de Doctorado*. Instituto Tecnológico de Veracruz.
10. Ratnavathi C.V., Suresh K., Kumar B.S.V., Pallavi M., Komola V.V., Seetharma N., (2010). Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. *Biomass and Bioenergy*. **34(7)**, 947-952
11. Thani A., Laopaiboon P., Laopaiboon L., (2017). Improvement of a continuous ethanol fermentation from sweet sorghum stem juice using a cell reciclen system. *Journal of Biotechnology*. **251(10),** 21-29
12. Uribe G.A.L., (2007). Caracterización fisiológica de levaduras aisladas de la filósfera de mora. *Tesis de Licenciatura*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C.
13. Vázquez H.J., Dacosta O., (2007). Alcoholic fermentation: An option for renewable energy production from agricultural residues. *Revista Ingeniería, investigación y tecnología*, **8(4**), 249-259
14. Wijaya H., Sasaki K., Kahar P., Yopi., Kawaguchi H., Sasuka T., Ogino C., Prasetya B., Kondo A., (2018). Repeated ethanol fermentation from membrane-concentrated sweet sorghum juice using the flocculating yeast Saccharomyces cerevisiae F118 strain. *Bioresource Tecnology*. **265**, 542-547
15. Yue G., Yu J., Zhang X., Tan T., (2012). The influence of nitrogen sources on ethanol production by yeast from concentrated swee sorgum juice. *Biomass and Bioenergy*. **39**, 48-52

Fermentación mixta con bacterias lácticas para la obtención de quitina a partir de desechos de camarón

*A. M. Sixto-Berrocal[1,2], M. A. Martínez-Trujillo[1], M. Cruz-Díaz[1,2]**
[1]*Tecnológico de Estudios Superiores Ecatepec, Ecatepec Estado de México, Estado de México 55210 México*
[2]Departamento de Ingeniería Química, FES Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, Estado de México C.P. México.
*cdmrmartin@hotmail.com
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En el presente trabajo se estudió la fermentación mixta con las bacterias lácticas *Bifidobacterium lactis y Lactobacillus delbrueckii,* para desproteinizar y desmineralizar simultáneamente la cáscara de camarón, con el fin de obtener quitina. En las primeras 24h de fermentación se alcanzó la máxima producción de ácido láctico (AL), el valor más bajo de pH, y la mayor remoción de calcio de los caparazones. Los datos mostraron también que la producción de AL está relacionada con el consumo de glucosa. Después de las 24h de fermentación la producción de AL disminuyó, e inició la producción de enzimas proteolíticas por *B. lactis*, observándose un aumento de las proteasas en el sobrenadante y la disminución de la proteína contenida en la cáscara de camarón (hasta un 85 %), lo que coincide con el aumento de la proteína en el sobrenadante después de las 24 h.

Palabras clave: *quitina, desmineralización, desproteinización, fermentación con bacterias lácticas.*

Abstract

In the present work a mixed fermentation with lactic acid bacteria *Bifidobacterium lactis y Lactobacillus delbrueckii, was studied to deproteinize and demineralize simultaneously the shrimp shell in order to obtain chitin. During the first 24h of fermentation the maximum production of lactic acid (LA) and the lowest pH value were reached, and practically all the production of LA is related to glucose consumption. Likewise, at 24h of fermentation, the higher calcium removal of the shells was obtained. After 24 h of fermentation, the LA production decreased, and the production of proteolytic enzymes by B. lactis began, with an increase in proteases in the supernatant and the protein removal in the shells (up to 85%)), which coincides with the increase in protein in the supernatant after 24 h.*

Keywords: *chitin, demineralization, deproteinization, fermentation with lactic bacteria,*

Introducción

Los productos marinos han constituido uno de los rubros económicos de mayor importancia para países como México, que cuenta con grandes extensiones litorales; entre estos productos se encuentra el camarón, cuyos desechos, que se producen en altas proporciones, ocasionan serios problemas ecológicos debido a su difícil degradación dada la complejidad de su estructura química [Cira y col., 2002]. Este residuo representa 50-70% del peso de la materia prima, y contiene componentes valiosos, tales como quitina, proteína, y pigmentos, cuya concentración depende de las condiciones de procesamiento, de la especie, de las partes del cuerpo y de las variaciones estacionales [Gortari y Hours, 2013]. Los desechos de concha de crustáceo consisten principalmente de 30 – 40% de proteína, 30 – 50% de carbonato de calcio y 20 – 30% de quitina [Arbia y col., 2013]. La quitina (β–(1-4) N–acetil-D-glucosamina) es un biopolímero heterogéneo, que consiste en una cadena lineal de unidades de N-acetil glucosamina unidas entre sí con enlaces β-1,4 (Figura 1). Es altamente insoluble en agua, propiedad que limita sus aplicaciones; se disuelve rápidamente en ácidos concentrados, en algunos fluoroalcoholes y soluciones al 5% de cloruro de litio, lo que la hace poco práctica para su aplicación y presenta baja reactividad. Otras propiedades relevantes de este biopolímero son su alto peso molecular y su estructura

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

porosa, que favorecen una elevada absorción de agua [Zargar y col., 2015].

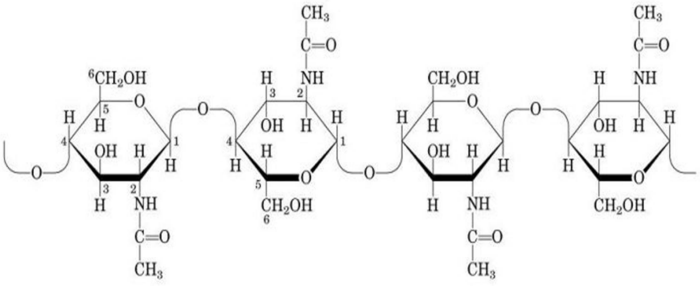


Figura 1. Estructura química de la quitina [Mármol y col., 2011]

La obtención de la quitina a partir de crustáceos generalmente se lleva a cabo mediante tres procesos químicos sucesivos, que se operan a altas temperatura y durante largos periodos de reacción. Las proteínas se extraen generalmente con la ayuda de soluciones alcalinas de NaOH o KOH, aunque también se han utilizado soluciones de Na_2CO_3, $NaHCO_3$, K_2CO_3, $Ca(OH)_2$, Na_2S, $CaHSO_3$ y Na_3PO_4. En el caso de la desmineralización, el objetivo es la solubilización del carbonato de calcio. Para ello se han utilizado diferentes ácidos fuertes (como HCl, HNO_3 o H_2SO_4) o débiles (CH_3COOH, HCOOH). Finalmente, el blanqueo del material resultante sucede mediante el empleo de agentes decolorantes [Zargar y col., 2015].

Una de las grandes desventajas del método de purificación química de la quitina es el alto consumo de agua y energía, además de la producción de desechos corrosivos de ácido y álcali que contaminan el ambiente y requieren de tratamiento para su disposición; adicionalmente, se puede producir una fuerte degradación del polímero mediante el tratamiento químico [Arbia y col., 2013]. Una alternativa para resolver los problemas de extracción química es usar métodos biológicos. Al respecto, en un proceso fermentativo desarrollado con bacterias ácido-lácticas (BAL), el ácido láctico producido de la fermentación de azúcares reductores (glucosa) puede descalcificar la cáscara de camarón, llevando a cabo el proceso de desmineralización. Simultáneamente, se pueden generar las condiciones para que otras BAL, o ciertas bacterias proteolíticas, produzcan las proteasas encargadas de la desproteinización [Jung y col., 2006]. A pesar de la factibilidad del proceso biológico, en el que se ha desarrollado la cofermentación para llevar a cabo los procesos de descalcificación y desproteinización de la cáscara, no se ha analizado a detalle el desempeño de los microorganismos en éste. Esta caracterización permitirá tener un mayor conocimiento del bioproceso y a la vez sería posible proponer su escalamiento, con el objetivo de obtener altos rendimientos de quitina a partir de las cáscaras de camarón.
Con base en lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente trabajo fue el desarrollo simultáneo de los procesos de desmineralización y desproteinización de cáscara de camarón, mediante una fermentación mixta empleando bacterias lácticas, y la caracterización cinética correspondiente.

Metodología

Desechos de camarón.

Los desechos de camarón, ya sea completo o sin cola y cabeza, se lavaron en agua corriente y se secaron a temperatura ambiente. Luego se trituraron, hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm aproximadamente, y se mantuvieron en un lugar seco hasta su uso.

Microorganismos.

Se utilizaron dos cepas de bacterias lácticas: *Bifidobacterium lactis*, donada por el Laboratorio de Alimentos 2 del TESE, *y Lactobacillus delbrueckii*, aislada de un consorcio comercial de probióticos. Ambas cepas se mantuvieron en agar Man Rogosa Sharpe (MRS), mediante resiembra periódica.

Medios de cultivo.

Se utilizaron dos formulaciones de medio de cultivo, mismas que se describen a continuación:

Medio MRS: Glucosa 2 g, peptona 1.0 g, extracto de levadura 0.5 g, extracto de carne 1.0 g, citrato de amonio 0.2 g, $MgSO_4$ 0.01 g, $MnSO_4$ 0.005 g, C_2H_3NaO2 0.5 g, Na_2HPO_4 0.2, tween 80 0.1 g y agua destilada 100 mL. Medio mínimo: Glucosa 3.3 g, extracto de levadura 1.1 g, $(NH_4)_3PO_4$ 0.22 g, $MnSO_4$ 0.01 g en 100 mL de agua destilada (Bautista-Rangel, 2017).

Desarrollo del inóculo

El inóculo de cada cepa se obtuvo en experimentos independientes. Para ello, se agregó una asada de la bacteria correspondiente, en un matraz con 100 mL de medio MRS en condiciones de esterilidad, y se incubó a 40 ºC por 24 h y 200 rpm. El crecimiento de las bacterias en este matraz, luego de la incubación, se cuantificó registrando la densidad óptica del cultivo a 640 nm, y comparando los datos con la curva patrón correspondiente.

Desarrollo de las fermentaciones mixtas para la descalcificación y la desproteinización de la cáscara de camarón.

En todas las fermentaciones mixtas se utilizó la composición del medio mínimo. El volumen de inóculo fue del 10% (v/v), de modo tal que se tuviera una concentración de células de 0.5 g/L de cada cepa. En estos cultivos, el porcentaje de desechos de camarón fue del 10% (p/v), y la concentración de glucosa 5 (g/L); y luego de la inoculación se incubaron a 200 rpm y 40°C durante 72 h, retirando muestras cada 24 h para su análisis.
La fermentación mixta desarrollada a nivel biorreactor se desarrolló en un Biorreactor Applikon de 1L, con 10 g/L de cáscara de camarón sin cola y cabeza y 5 g/L de glucosa. Primero se inoculó el reactor con *L. delbrueckii*, y al cabo de 24 h de cultivo, se agregó *B. lactis*, junto con un pulso de glucosa, equivalente a 5 g/L del volumen final. Se tomaron muestras a lo largo del cultivo, para analizar el desarrollo de este.

Técnicas analíticas.

Las muestras provenientes de los cultivos se centrifugaron para separar la fase sólida, que contenía cáscara de camarón y células, y el sobrenadante líquido. En la fase líquida se cuantificó la actividad de proteasas, mediante la técnica propuesta por [Castro y col., 2014]; el pH, con un potenciómetro DENVER UB-10 Ultrabasic; la concentración de ácido láctico, siguiendo la metodología propuesta por [Borshchevskaya y col., 2016]; la concentración de calcio, por la titulación de iones Ca^{2+} [NMX-AA-072]; la concentración de glucosa, con el reactivo DNS [Miller, 1959]; y la proteína soluble, por el método de [Braford, 1976]. Luego de la centrifugación, los sólidos se separaron en dos fases, la superior correspondía a la biomasa, y la inferior a la cáscara de camarón. Así, el contenido de biomasa se estimó por turbidimetría, registrando la densidad óptica de la fase correspondiente a la biomasa a 640 nm, y comparando esta lectura con una curva patrón. A la cáscara se le cuantificó el contenido de proteína, por el método descrito por [Shimahara y Takiguchi, 1988]; y el porcentaje de calcio se estimó por absorción atómica en un espectroscopio de absorción atómica Thermo Fisher Scientific iCE 3300.

Resultados y discusión

Los primeros experimentos se centraron en identificar si era factible eliminar una buena cantidad de proteína y calcio de la cáscara del camarón sin separar la cola y la cabeza de éste. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento de quitina se obtuvo con el caparazón de la cáscara, eliminando cola y cabeza (Figura 1). Lo anterior se debe a que, de esta manera, se tenía un residuo con una menor cantidad de proteína por remover. A pesar de la diferencia en el contenido de proteína presente en la cáscara luego del tratamiento biológico, los cultivos mixtos no mostraron una diferencia significativa en su comportamiento: la producción de ácido láctico obtuvo su máximo valor a las 24 h, disminuyendo luego de ese tiempo; esto fue coincidente con la evolución del pH en el medio; el máximo consumo de la fuente de carbono se observó durante ese tiempo. En ambos casos, el incremento de calcio en el medio coincidió con la disminución del contenido de calcio en la cáscara (Figura 1A y C).

En lo que se refiere a la proteína, fue claro que la cáscara que contenía cola y cabeza tenía un mayor contenido de proteína en comparación con el contenido del caparazón. Al respecto, el contenido de proteína de la cáscara disminuyó considerablemente a lo largo del cultivo, a pesar de que la actividad de proteasas fue en disminución. Este comportamiento llama la atención, ya que la proteína en el líquido tendió a disminuir (Figuras 1 B y D).

 ISSN 2007-8102

Finalmente, la biomasa tuvo una mayor concentración en el bioproceso donde se utilizó la cáscara de camarón completa (Figura 1B), en comparación con la biomasa que se obtuvo cuando se utilizó solo caparazón (Figura 1D). Los resultados obtenidos en este experimento demostraron que es mejor trabajar con caparazón, puesto que es el material al que se le elimina una mayor proporción de calcio y proteína, y por ende significaría una mejor fuente de obtención de quitina a partir de los residuos del camarón.

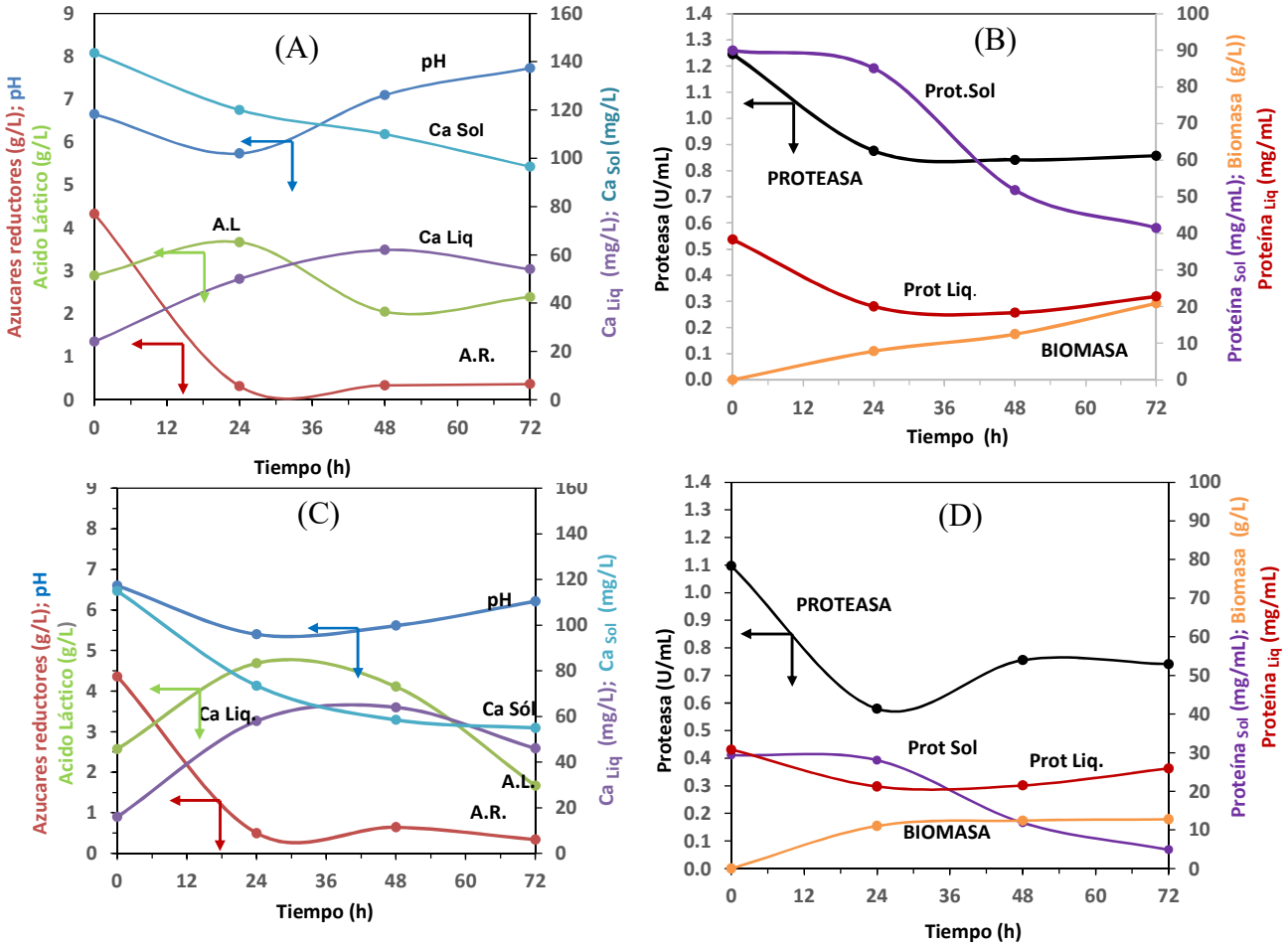


Figura 1. Comparación entre el proceso desarrollado por la acción de las bacterias lácticas en la cáscara de camarón completa (A y B) y cuando se usó solo el caparazón (C y D).

A partir de los resultados anteriormente descritos, se desarrolló a nivel biorreactor el cultivo mixto con la cáscara de camarón sin cola y cabeza; en este caso, se consideró que era mejor que sucediera primero la fermentación láctica y luego la actividad proteolítica. Por eso, primero se inoculó a L. delbrueckii y al cabo de las 24 h se agregó la bacteria B. lactis, junto con un pulso de glucosa equivalente a 5 g/L; los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2. En este caso hubo un comportamiento similar al reportado a nivel matraz: durante las primeras 24 horas de fermentación de este cultivo se observó el mayor consumo de glucosa y la máxima producción del ácido láctico; esto a su vez resultó en la concomitante disminución del pH. Lo anterior tuvo una relación directa con el aumento en el porcentaje de calcio en el sobrenadante, y con la descalcificación de la cáscara de camarón (Figura 2A). Sin embargo, en este caso hubo un incremento considerable en la cantidad de ácido láctico producido y una mayor disminución del pH. Cabe destacar que aquí la producción de ácido láctico no disminuyó luego de alcanzar su valor más alto. Esto explica la disminución de calcio en la cáscara que se obtuvo, que fue casi total.

La actividad proteolítica de la bacteria *B. lactis* permaneció relativamente constante durante la fermentación láctica, y disminuyó al agregar un pulso de glucosa. Sin embargo, durante ese tiempo se observó una mayor

 ISSN 2007-8102

disminución de proteína en la cáscara (Figura 2B). Al parecer, el ácido láctico es consumido por la bacteria proteolítica como sustrato para la producción de proteasas, aunque para asegurar eso habría que hacer una serie experimental más específica. También es posible que el calcio (Ca^{2+}), liberado de la cáscara de camarón hacia el medio acuoso, reaccione con el ión lactato para formar un precipitado de lactato de calcio, el cual se arrastra en los lavados, durante la separación de la biomasa y el sólido. Por último, la producción de biomasa en ambos casos aumentó después de las 24 horas, aunque en ninguno de los cultivos mixtos desarrollados fue posible distinguir cuál de las especies tenía el mayor crecimiento.

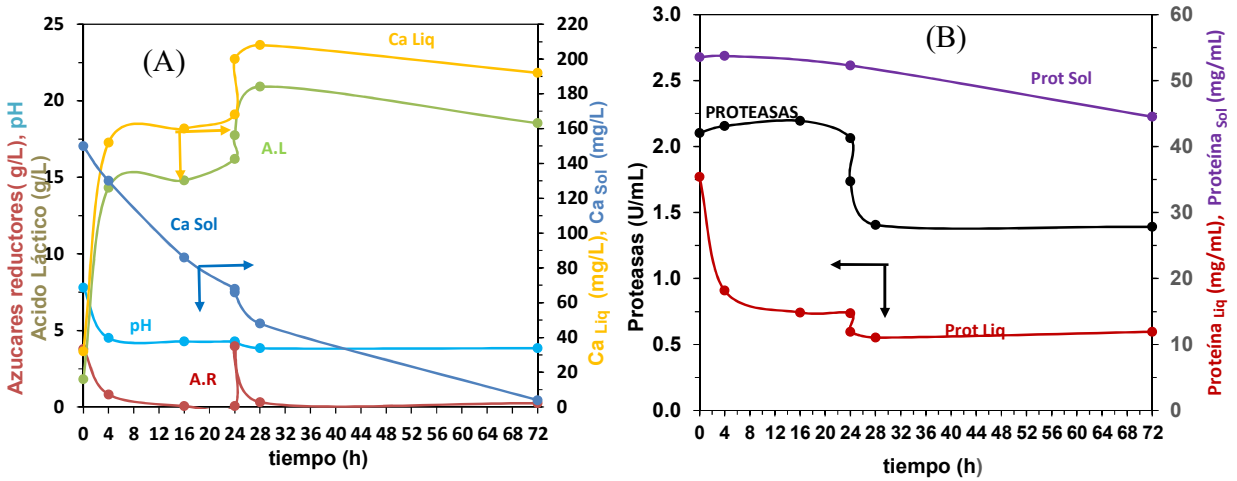
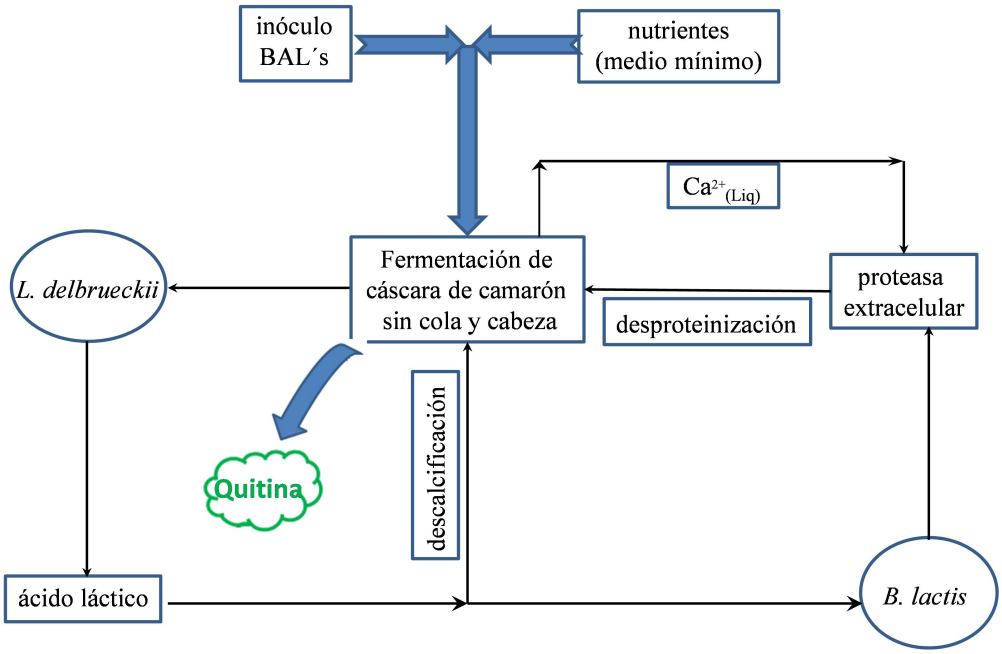


Figura 2. Resultados del cultivo mixto de *L. delbrueckii* y *Bifidobacterium lactis* sobre caparazón de camarón. (A) cambios de concentración de azúcares reductores (AR), calcio en el líquido (Ca liq), calcio en el sólido (Ca sól), ácido láctico (A.L) y pH. (B) proteína en el sólido (Prot $_{Sol}$) y en el líquido (Prot $_{Liq}$) y Proteasa como función del tiempo del cultivo mixto.

Conclusiones

Mediante una fermentación mixta de bacterias lácticas, utilizando caparazón de camarón sin cola y cabeza, es posible llevar a cabo un proceso de desproteinización y descalcificación, para la obtención de quitina mediante el siguiente mecanismo de biorreacción.



L. delbrueckii fermenta la glucosa y produce ácido láctico, que remueve el calcio de la cáscara, promoviendo el proceso de descalcificación. Por otra parte, B. lactis comienza a trabajar en el sistema, al parecer hasta que se agotó la glucosa del medio. En su metabolismo, esta bacteria produce proteasas extracelulares, con las que se remueve la proteína de la cáscara. Al parecer, el calcio liberado por la fermentación láctica, podría tener un efecto sobre la producción de las proteasas. Ambos procesos se llevaron a cabo en el mismo reactor, con un medio de composición mínima. Los resultados obtenidos muestran la factibilidad del bioproceso desarrollado para la obtención de quitina.

Agradecimientos

1. Programa de Apoyo a la Investigación y Tecnología 2019. Tecnológico Nacional de México. Título del proyecto: Producción de ácidos orgánicos a partir de los azúcares generados por la sacarificación de residuos agroindustriales: el caso del ácido láctico, Clave 657.18-PD. Vigencia: 1 de junio de 2018 al 31 de mayo de 2019.
2. Programa Interno de Apoyo para Proyectos de Investigación (PIAPI) de la FESC, UNAM. Título de proyecto: Procesos Híbridos e Intensificación de Procesos: Reactores Químicos, Bioquímicos y Electroquímicos. Clave de proyecto: PIAPI 1814, vigencia 2018-2019.

Referencias

1. Cira, L.A.; Huerta, S.; Hall, G.M.; Shirai, K. (2002). Pilot scale lactic acid fermentation of shrimp wastes for chitin recovery. *Process Biochem*. **(37)** 1359-1366.
2. Gortari, M. C.; Hours, R. A., (2013). Biotechnological processes for chitin recovery out of crustacean waste. *Electronic J Biotechnol*, **16(3)** 1-4.
3. Arbia, W.; Arbia, L.; Adour, L.; Amrane, A., (2013). Chitin extraction from crustacean shells using biological methods. *Food Technol Biotechnol*, **51(1)** 12-25.
4. Zargar, V.; Asghari, M.; Dashti, A. (2015). A review on chitin and chitosan polymers: structure, chemistry, solubility, derivatives, and applications. *ChemBioEng Rev*, **2(3)** 204-226.
5. Mármol, Z.; Páez, G.; Rincón, M.; Araujo, K.; Aiello, C.; Chandler, C.; Gutiérrez, E. (2011). Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. *Revista Tecnocientífica URU*, **(1)** 53-58.
6. Jung, W. J.; Jo, G. H.; Kim, K. Y.; Park, R. D., (2006). Extraction of chitin from red crab shell waste by cofermentation with Lactobacillus paracasei subsp. tolerans KCTC-3074 and *Serratia marcescens* FS-3. *Appl Microbiol and Biotechnol*, **(71)** 234-237.
7. Bautista-Rangel, K. (2017) Sacarificación por hidrólisis enzimática de cáscara de plátano para la producción de ácido láctico. Tesis de Maestría. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.
8. Castro, R. J.; Nishide, T. G.; Sato, H. H., (2014). Production and biochemical properties of proteases secreted by *Aspergillus niger* under solid state fermentation in response to different agroindustrial substrates. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, **(3)** 236-245.
9. Borshchevskaya, L. N.; Gordeeva, T. L.; Kalinina, A. N.; Sineokii, S. P. (2016). Spectrophotometric determination of lactic acid. *J of Analytical Chem* **71(8)** 755-758.
10. NMX-AA-072-SCFI-2001 Análisis de agua – determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.
11. Miller, G.L., (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chem*, **(31)** 426-428.
12. Bradford M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing de principle of protein-dye binding. *Anal Biochem* **(72)** 248-254.
13. Shimahara K.; Takiguchi, Y. (1988). Preparation of crustacean chitin. In: Wood WA, Kellogg ST (eds) Methods in enzymology. Biomass, part B. Lignin, pectin, and chitin. Academic, London, pp 417–423.

Bioconversión de desechos de melón para su uso como precursores en la producción de bioetanol

D. Rodríguez Luna [1], A. Robledo Olivo [1], S. González Morales [1], A. Sandoval Rangel [1], M. Cabrera de la Fuente [1], [1] Maestría en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, CP. 25315, Saltillo, Coahuila, México*
**armando.robledo@outlook.com*
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

La dependencia de los recursos no renovables, en particular los combustibles fósiles, ha despertado un creciente interés en la investigación de fuentes de energía alternativas sostenibles, como el bioetanol. La producción de bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos comprende tres etapas principales, comenzando con un pretratamiento, seguido de una etapa de hidrólisis enzimática donde se obtienen azúcares fermentables para el proceso final de fermentación. El pretratamiento representa un paso esencial en la producción de bioetanol, sin embargo, existen algunas limitaciones que dificultan el proceso por la degradación de glucosa. Se han estudiado diferentes estrategias para superar estas limitaciones.

***Palabras clave**: Melón, Biocombustible, Pretratamiento, Biomasa lignocelulósica.*

Abstract

The dependence on non-renewable resources, particularly fossil fuels, has awaken a growing interest in research of sustainable alternative energy sources, such as bioethanol. The production of bioethanol from lignocellulosic materials comprises three main stages, starting with a pretreatment, followed by an enzymatic hydrolysis step where fermentable sugars are obtained for the final fermentation process. Pretreatment represents an essential step in the production of bioethanol, however, there are some limitations that hinder the process by glucose degradation. Different strategies to overcome these limitations have been studied.

***Key words**: Melon, Biofuel, Pretreatment, Lignocellulosic Biomass.*

Introducción

En la actualidad, es necesario considerar otras fuentes de energía para reemplazar la gasolina. El bioetanol ha surgido como una alternativa para ser utilizado como combustible debido a sus bajas tasas de contaminación y a que se obtiene de una fuente renovable. El bioetanol se puede producir a partir de diferentes fuentes y se clasifica por generaciones. La segunda generación (2G) de bioetanol se obtiene de materiales lignocelulósicos, como maderas duras y blandas, residuos agroindustriales [Aguilar *y* col., 2018] y agrícolas. El Cantalupo (*Cucumis melo* L.) en México de acuerdo con SIAP [2017] incrementó 27.3% (593,717 ton) su producción, siendo Sonora, Coahuila y Guerrero los principales productores. El melón rechazado es vendido a muy bajo precio, o tirado al medio ambiente generando contaminación y proliferación de microorganismos patógenos. La biomasa lignocelulósica puede ser materia prima para la producción de diversos productos de importancia industrial, pero la materia prima debe someterse a un pretratamiento, que es un paso esencial en el proceso para superar la recalcitración de la biomasa lignocelulósica. El pretratamiento consiste en el fraccionamiento de la biomasa en sus componentes principales (celulosa, hemicelulosa y lignina) para facilitar el posterior ataque enzimático y microbiano. El pretratamiento facilita el acceso a la biomasa al reducir la cristalinidad de la celulosa, aumentar el tamaño de poro y el área de superficie de la celulosa, modificar la estructura de la lignina y solubilizar total o parcialmente la hemicelulosa. Se ha desarrollado una diversidad de métodos de pretratamiento, que incluyen procesos físicos, fisicoquímicos, químicos y biológicos [Aditiya y col., 2016]. El pretratamiento físico consiste en la conminución de la biomasa lignocelulósica con el objetivo de reducir el tamaño de partícula y la cristalinidad de la biomasa mediante métodos mecánicos como la molienda o astillado

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

[Talebnia y col., 2010]. Las estrategias fisicoquímicas más utilizadas son el agua caliente líquida (LHW, por sus siglas en ingles), la explosión de vapor, la explosión de fibra de amoníaco y el pretratamiento con microondas [Alvira y col., 2010]. El pretratamiento LHW se lleva a cabo solo con agua y sin catalizadores ni productos químicos adicionales. El agua se calienta a temperaturas elevadas mientras se aplica una presión lo suficientemente alta como para mantener el agua en estado líquido. Este proceso provoca alteraciones en la estructura de la lignocelulosa, principalmente a través de la eliminación de la hemicelulosa. Después del pretratamiento, la suspensión formada puede filtrarse en una fracción enriquecida con celulosa sólida y una fracción líquida rica en hemicelulosa. Este proceso es un método de pretratamiento hidrotérmico que se ha utilizado durante varias décadas como parte de la industria [Taherzadeh y Karimi, 2008].

La fracción líquida consiste principalmente en oligosacáridos derivados de hemicelulosa, lignina (35-60% del material de partida), con una pequeña cantidad de celulosa (4-15% del material de partida) [Brodeur y col., 2011]. Para evitar que los compuestos inhibidores afecten la hidrólisis enzimática y la fermentación, se desea que la mayor cantidad de lignina posible se solubilice y elimine también con esta fracción líquida. La principal ventaja del sistema de LHW es el potencial ahorro de costos involucrado. Debido a que no se requiere catalizador, así como a las bajas cantidades de corrosión que ocurren durante el proceso, puede tener costos iniciales y de mantenimiento más bajos en comparación con algunos otros métodos de pretratamiento que involucran productos químicos agresivos [Merklein y col., 2016]. El presente trabajo tiene como objetivo, incrementar la disponibilidad de azúcares monoméricos en muestras de residuos de melón, empleando el pretratamiento de agua caliente líquida (LHW) a temperaturas cercanas a las de ebullición.

Metodología

Ubicación del experimento

La fase experimental se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el Laboratorio de Fermentaciones, del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Preparación del material

El material fue recolectado de campos de productores en la región de Paila Coahuila. En el experimento se realizó la clasificación física de los residuos de melón, separando la pulpa de los desechos (cáscara y semilla). La fracción de desechos fue secada, molida, tamizada en mallas de número 8, 12 y 20. Se midieron los azúcares totales [Dubois y col., 1956] y reductores [Miller, 1959].

Análisis de fibra

Posteriormente se realizó el análisis de fibra que consiste en añadir 1 g de melón a bolsas filtro (ANKOM Technology), para realizar la fibra detergente cruda, las bolsas filtro se desgrasan por 10 min con éter de petróleo y se introducen en el Instrumento de digestión (ANKOM200 con agitación a 65 rpm, ANKOM Technology), se vierte solución ácida (H_2SO_4) y se pone en agitación y calentamiento por 40 min, después se sacan y se secan por 2 horas y se meten en acetona por 10 min para desgrasar y se introducen nuevamente al instrumento de digestión, ahora con la solución base (NaOH) se pone en agitación y calentamiento por 40 min, posteriormente se colocan en la secadora por dos horas. Posteriormente se realiza la fibra detergente neutra la bolsa se desgrasa con acetona por 10 min y se coloca en el instrumento de digestión, añadiendo solución detergente neutra (solución química premezclada ANKOM Technology), sulfito de sodio y alfa-amilasa en el recipiente, se pone en agitación y calentamiento por 45 min, se repite el secado y por último la fibra detergente ácida, se desgrasan y colocan en el recipiente, se añade solución detergente ácida (solución química premezclada ANKOM Technology), se procesa por 60 min con agitación y calentamiento, enseguida se secan y finalmente se incineran en mufla a 600°C por 2 horas. Esto se realiza para saber qué porcentaje de lignina, hemicelulosa y celulosa están presentes en la fracción de desechos de melón seca.

 ISSN 2007-8102

Pretratamiento LHW y diseño experimental

El pretratamiento consistió en probar temperaturas cercanas a la evaporación del agua (90, 100 y 110°C) considerando un menor gasto de energía y en un futuro, permitir un proceso simultáneo con enzimas lignocelulolíticas.

Se realizó un diseño experimental ortogonal mediante la metodología de Taguchi, obteniendo 9 tratamientos. Se analizaron 3 factores, en tres niveles cada uno (tiempo: 5, 10 y 20 min; temperatura: 90, 100 y 110°C y No. de partícula 8, 12 y 20). Los factores se corrieron en el programa Qualitek-4 (Tabla 1). Se sometió a tratamiento de LHW, en el biorreactor, se añadieron 5 g de muestra de melón seco. A la fracción sólida se le midieron azúcares totales y reductores, así como la fibra cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida. La fracción líquida recuperada de la hidrólisis se le realizó la medición de azúcares totales y reductores.

Tabla 1. Diseño Experimental Taguchi.

Tratamientos	Temp. (°C)	No. Partícula	Tiempo (min)
T1	90	8	5
T2	90	12	10
T3	90	20	20
T4	100	8	10
T5	100	12	20
T6	100	20	5
T7	110	8	20
T8	110	12	5
T9	110	20	10

Resultados y discusión

Composición del melón seco

Los resultados de los azúcares totales y reductores de los residuos de melón seco sin tratamiento de LHW se muestran en la Tabla 2. Los residuos de melón sin tratamiento LHW (Tabla 3) presentan un gran contenido de hemicelulosa, seguido por lignina y celulosa, lo que generaría una mayor cantidad de pentosas, derivadas de la hidrólisis de hemicelulosa. Por otra parte, el tamaño de partícula afecta el contenido lignocelulósico presente en el melón, teniendo un impacto favorable en la disminución del contenido de lignina, lo que permite exponer más a la celulosa.

Tabla 2. Contenido azúcares totales y reductores en residuos de melón seco.

Melón	Azúcares totales	Azúcares Reductores
Cáscara	43.55 mg/L	11.575 mg/L
Semilla	72.40 mg/L	12.75 mg/L

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Contenido de biomasa lignocelulósica de los residuos de melón seco.

Melón	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
Cáscara #8	3%	25%	21%
Semilla #8	3%	24%	18%
Cáscara #12	5%	28%	15%
Semilla #12	6%	21%	16%
Cáscara #20	13%	15%	11%
Semilla #20	13%	15%	8%

Composición del melón tratado con LHW

En cuanto a la composición de la fracción sólida derivado del tratamiento con LHW, se obtuvieron porcentajes más altos en contenido de celulosa, siendo el tratamiento 8 el de mayor porcentaje (18%).
Tanto en la concentración de azúcares totales y reductores presento diferencias significativas siendo el tratamiento 8 (38.1 mg/L azúcares totales, 4.1 azúcares reductores) y el tratamiento 1 (37.8 mg/L azúcares totales, 4.8 azúcares reductores) los de mayor valor (Figura 1).
La cuantificación de azúcares totales se incrementó con el tratamiento LHW en la fracción líquida (44.04 mg/L), siendo el tratamiento 3 el que reportó mayores valores (Figura 2).

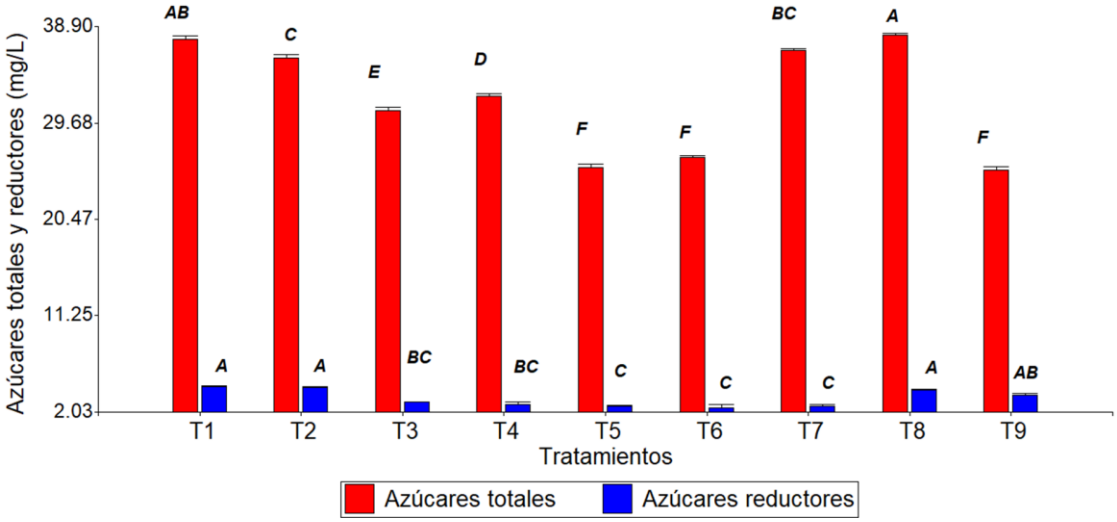


Figura 1. Concentración azúcares totales y reductores de la fracción sólida del melón pretratado.

 ISSN 2007-8102

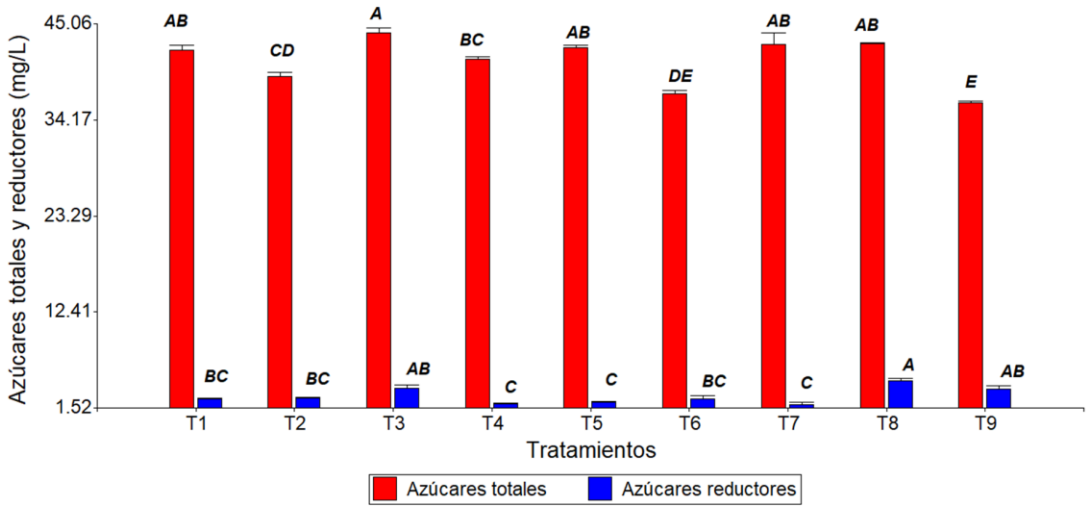


Figura 2. Concentración de azúcares totales y reductores de la fracción líquida del melón pretratado.

Análisis de fibra

De acuerdo a lo mostrado en la Figura 3 se observa que si hay diferencias significativas entre tratamientos donde se puede observar que los tratamientos 4 (100°C, tamaño de partícula número 8 y 10 min), 5 (100°C, tamaño de partícula número 12 y 20 min) y 7 (110°C, tamaño de partícula número 8 y 20 min) son los que más se acercan a las características que se desean ya que contienen altas concentraciones de celulosa aumentando considerablemente las concentración inicial del melón, más bajas de hemicelulosa y menores de lignina, las cuales con este tratamiento de LHW son más accesible para la hidrólisis enzimática por su mayor concentración de celulosa, como lo menciona Mosier y col. [2005] que la optimización de la condición del método de agua caliente líquida para pretratar la maceta de maíz encontró que las condiciones de 190°C durante 15 min dieron como resultado una conversión del 90% de la celulosa en la posterior etapa de hidrólisis enzimática. Y Un estudio diferente se demostró que el método del agua caliente líquida mejora el rendimiento de la hidrólisis enzimática del bagazo de caña de azúcar [Laser y col., 2002].

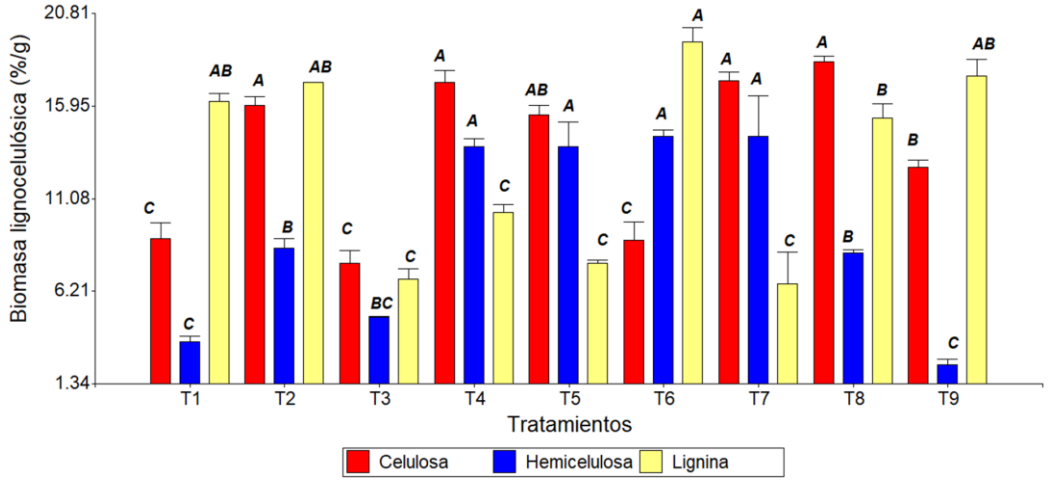


Figura 3. Porcentaje del contenido de biomasa lignocelulósica en la fracción sólida de melón pretratado.

Trabajo a futuro

El trabajo que falta por realizar es la sacarificación simultánea y la fermentación alcohólica para obtener el bioetanol.

Conclusiones

El pretratamiento LHW bajo el sistema desarrollado, permite incrementar los niveles de celulosa y disminuir el contenido de hemicelulosa y lignina en la fracción sólida, lo que permite tener una fracción líquida con valores considerables de azúcares fermentables para producción de bioetanol. El tratamiento (110°C, #8 y 20 min) fue el que mostro altos niveles en contenido de celulosa y hemicelulosa, y bajos niveles en el contenido de lignina. Por lo tanto, es el tratamiento que se adapta mejor para una posterior hidrolisis enzimática.

Agradecimientos

Agradecimiento para CONACYT por la beca de maestría otorgada, a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el recurso para realizar el proyecto, y a mi comité de asesores dirigido por el Dr. Armando Robledo Olivo.

Referencias

1. Aditiya H.B., Mahlia T.M.I., Chong W.T., Nur H., Sebayang A.H. (2016). Second generation bioethanol production: a critical review, Renew. Sustain. Energy Rev. (66):631–653.
2. Aguilar, D.L., Rodríguez-Jasso, R.M., Zanuso, E., Lara-Flores, A.A., Aguilar, C.N., Sánchez, A., Ruiz, H.A., (2018). Operational strategies for enzymatic hydrolysis in a biorefinery. In: Kumar, S., Sani, R. (Eds.), Biorefining Biomass to Biofuels – Opportunities and Perception. Springer, Cham, pp. 223–248.
3. Alvira P., Tomás-Pejó E., Ballesteros M., Negro M.J. (2010). Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: a review, Bioresour. Technol. 101:4851–4861.
4. Brodeur G, Yau E, Badal K, Collier J. (2011). Ramachandran KB, Ramakrishnan S. Chemical and physicochemical pretreatment of lignocellulosic biomass: a review. Enzyme Res. 20:11-17.
5. Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical chemistry, 28(3):350-356.
6. Merklein, K., Fong, SS y Deng, Y. (2016). Utilización de biomasa. Biotecnología para la producción y optimización de biocombustibles. 7:291–324.
7. Miller, G. L. (1959). Modified DNS method for reducing sugars. Anal. Chem, 31(3), 426-428.
8. Mosier N, Hendrickson R, Ho N, Sedlak M, Ladisch MR. (2005). Optimization of pH controlled liquid hot water pretreatment of corn stover. Bioresour Technol. 96(18):1986–93.
9. Laser M, Schulman D, Allen SG, Lichwa J, Antal Jr MJ, Lynd LR. (2002). A comparison of liquid hot wáter and steam pretreatments of sugar cane bagasse for bioconversion to ethanol. Bioresour Technol. 81(1):33–44.
10. SIAP (Servicio Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). Atlas Agroalimentariom 2017. Primera Edición. SAGARPA-SIAP. 116-117 p.
11. Talebnia F., Karakashev D., Angelidaki I. (2010). Production of bioethanol from wheat straw: an overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation, Bioresour. Technol. 101(47):44–4753.
12. Taherzadeh MJ, Karimi K. (2008). Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review. Int J Mol Sci. 9(9):1621–51.

Biosíntesis de biodiesel asistida por microondas a partir del aceite de la semilla del hule

R. E. González Cruz[1], Y. Ramírez Reyes[1], G. Ríos Cortés[1], A. M. Ríos Cortés[2], M. Rosas Morales[2]*
[1] División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 Núm. 852 Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Ver., C.P. 94320, México.
[2] Centro de investigación en biotecnología aplicada, Instituto Politécnico Nacional, Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala, C.P. 90700, México.
**yenise_r2@hotmail.com*
Área de participación: *Ingeniería Química*

Resumen
En este trabajo se presenta una evaluación del efecto de las microondas en la síntesis enzimática de biodiesel a partir del aceite de las semillas del árbol del hule (*Hevea brasiliensis*), el cual se sometió a transesterificación comparando el rendimiento obtenido teniendo como aceptor de acilo el metanol y como medio catalizador la lipasa Candida antárctica B (CAL B) debido a que presenta características de regioselectividad, quimioselectividad y estereoselectividad; analizando cada experimento mediante cromatografía de gases. Los resultados muestran que el mejor rendimiento se presentó en el experimento número 6 que se realizó durante 30 min, a una temperatura de 50 °C utilizando 0.1 g de lipasa (CAL B) y 4 g de metanol.

Palabras clave*: Hevea brasiliensis, hule, biodiesel, microondas.*

Abstract
This paper presents an evaluation of the effect of microwaves in the biodiesel enzymatic synthesis from the oil of the seeds of the rubber tree (Hevea brasiliensis), which was subjected to transesterification comparing the yield obtained having as acyl acceptor the methanol and as a catalyst medium lipase Candida antarctic B (CAL B) because it presents regioselectivity, chemoselectivity and stereoselectivity characteristics; analyzing each experiment by gas chromatography. The results show that the best performance was presented in experiment number 6 that was carried out during 30 min, at a temperature of 50 ° C using 0.1 g of lipase (CAL B) and 4 g of methanol.

Keywords*: Hevea brasiliensis, rubber, biodiesel, microwaves.*

Introducción

Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, desde la llamada Revolución Industrial hasta nuestros días, los procesos cotidianos e industriales se desarrollan con el uso y quemado de combustibles fósiles (petróleo, gas y sus derivados, como la gasolina) [INECC, 2016]; así mismo aprovechando de manera desmedida los recursos naturales, incrementando los niveles de contaminantes ambientales (como los gases de efecto invernadero) debido a la combustión de combustibles fósiles. Por lo que es necesario la implementación de combustibles elaborados a base de materia orgánica como una fuente potencial de energía renovable para sustituir parte del consumo de estos combustibles tradicionales.

En general los dos mayores retos para el desarrollo de bioenergéticos son que la producción de insumos no compita con la producción de alimentos; y que estos no contribuyan al deterioro del ambiente local ni global [Novelo, 2009]. Uno de los productos agrícolas sin importancia en el ramo alimentario pero con potencial para la generación de biodiesel es la semilla del árbol del hule (*Hevea brasiliensis*), la cual tiene ciertas características que la hacen una fuente para la obtención de biodiesel, ya que se sabe contiene gran cantidad de aceite (40 – 60 % en peso); son baratas, de fácil disponibilidad, normalmente consideradas como desechos (con excepción de los fines de cultivo o replantación) y sin ningún propósito comestible [Sabarish y col., 2016]. De acuerdo a datos reportados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en coordinación con diversas entidades federativas del país, en el año 2016 el principal estado con mayor superficie sembrada de árbol de *Hevea brasiliensis* fue Veracruz representando el 51.20 % del total nacional [SIAP, 2016].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Existen factores que influyen directamente en la obtención de biodiesel, como son la materia prima y el método de producción, teniendo métodos convencionales que son catalizados por bases o ácidos, los cuales suelen ser complejos (afecta el contenido de AGL), costosos (requiere mayor cantidad de energía), la recuperación del glicerol es difícil, el catalizador debe separarse del producto y generan residuos o subproductos tóxicos debido a los químicos utilizados. En comparación, para la generación de biodiesel se han implementado el uso de tecnologías que utilizan la química verde en la reacción de transesterificación, los cuales evitan el uso de solventes; utilizando de manera eficiente las materias primas y disminuyen la generación de residuos. Dentro de estas tecnologías se encuentra la biocatálisis o biotransformaciones en la cual se emplea un catalizador de origen biológico compatible con el medio ambiente derivado de materias primas renovables (como enzimas o células, libres o inmovilizadas), para convertir un sustrato en un producto luego de pasar por un número limitado de etapas bajo condiciones suaves de temperatura y presión [Dunn y col., 2010]. Así como, la química asistida por microondas basada en la capacidad de una sustancia particular (líquida o sólida), como un solvente o sustrato, para absorber la energía de microondas y convertir de manera efectiva la energía electromagnética en calor (energía cinética) produciendo un calentamiento interno eficiente mediante el acoplamiento directo de la energía de microondas con las moléculas (disolventes, reactivos, catalizadores) que están presentes en la mezcla de reacción [Leadbeater, 2010]. Estas tecnologías favorecen la reacción ya que se reducen significativamente los tiempos de procesado respecto a las síntesis convencionales produciendo además un ahorro energético, la generación de menos subproductos (sin catalizadores químicos), mayores rendimientos, reutilización del catalizador, entre otros.

En este trabajo se presenta una metodología para la obtención de biodiesel a partir del aceite de semillas de *Hevea brasiliensis* mediante una reacción de transesterificación alcohólica catalizada por la lipasa de Candida antárctica B (CAL B) comparando los rendimientos obtenidos por medio de la variación de las condiciones de reacción de cada experimento.

Metodología

Se emplearon semillas del árbol del hule (*Hevea brasiliensis*) recolectadas en la localidad de Laguna chica en el municipio de Tezonapa perteneciente al estado de Veracruz.

Materiales

Se utilizaron: n-hexano de J. T. Baker grado reactivo analítico, agua destilada, cloruro de potasio de J. T. Baker, glicerol de J. T. Baker, metanol de Fermont grado HPLC, lipasa de Candida antárctica inmovilizada en resina acrílica, recombinante en Aspergillus niger de Sigma-Aldrich.

Preparación de la materia prima

Se retiró el contenido de humedad de la semilla fresca mediante un proceso de secado, usando estufa de flujo convectivo a un intervalo de temperatura de 100 – 105 °C durante un tiempo de 3 h.

Extracción y preparación del aceite

La extracción del aceite contenido en las semillas de *Hevea brasiliensis* se realizó mediante el método Soxhlet, utilizando como solvente de extracción n-hexano a temperatura de reflujo (69 °C) durante un tiempo de 4 h. Al aceite obtenido, se le realizó un desgomado acuoso en dos etapas para eliminar gomas, fosfolípidos y ceras que pudieran estar contenidas, además, una neutralización de ácidos grasos libres (AGL) y acidez (pH). La neutralización de AGL se realizó mezclando el aceite desgomado con glicerina en una relación (v/v) aceite/glicerina de 1:3, sometiendo la mezcla a agitación constante por 30 min y una temperatura de 120 ºC. Se transfirió la mezcla a un embudo de separación protegido de la luz por un tiempo de 24 h para la separación de las fases. La fase de aceite obtenida se centrifugó a 3200 rpm durante 30 min separando por decantación. Para la neutralización de pH (acidez) se midió este con un potenciómetro, el cual debía encontrarse entre 7 - 9. En caso de encontrarse fuera del rango (generalmente ácido), se realizó un tratamiento alternativo utilizando una razón (p/v) aceite/NaOH teniendo que por 200 g de aceite se adicionaron 5 ml de una solución de NaOH al 10 %, dejándola en reposo durante un tiempo de 20 min. El aceite se separó del jabón producido por centrifugación durante 30 min a 3200 rpm y fue sometido a secado en estufa de flujo convectivo a una temperatura de 120 ºC durante 2 h para eliminar el agua residual. Finalmente se midió nuevamente el pH del aceite.

 ISSN 2007-8102

Perfil de ácidos grasos (AG)

Para la cuantificación del contenido de AG presentes en el aceite de la semilla de *Hevea brasiliensis* se consideró las composiciones típicas presentes en el aceite obtenido de la semilla del árbol del hule que son reportadas por varios investigadores. Los ácidos grasos comunes informados en diversos artículos son palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y α-linolénico (C18:3). Otros tipos de AG pueden estar presentes en el aceite pero en proporciones más pequeñas. Primeramente para determinar la composición de los AG, se determinaron los tiempos de retención de los 5 principales AG reportados por bibliografía utilizando los respectivos estándares, por lo que, se preparó una solución de cada estándar a concentración conocida y se analizaron, respectivamente, utilizando un equipo para cromatografía de gases Agilent 6820 y columna DB-5 de Agilent Technologies determinando el tiempo de retención promedio y varianza. El aceite obtenido de la semilla de *Hevea brasiliensis* se analizó para identificar los principales AG mencionados. Para cuantificar este contenido en mg de los AG se realizaron curvas patrón, por lo que se preparó una solución madre utilizando el estándar correspondiente y a partir de la cual se obtuvieron soluciones patrón con concentraciones conocidas. Las áreas de cada solución fueron determinadas mediante cromatografía de gases.

Reacción de transesterificación

Se realizó la reacción de transesterificación utilizando como método de asistencia las microondas, fijando un diseño de experimentos Box Behnken de tres variables. En la Tabla 1 se muestra el diseño elaborado en base a 15 ensayos, donde se combinaron las variables consideradas.

Para la reacción de transesterificación se consideraron 5 parámetros que influían dentro de esta, teniendo la cantidad de aceite por experimento, las relaciones aceite/alcohol y aceite/enzima, así como, el tiempo y la temperatura de reacción.

Como parámetros fijos o establecidos se manejaron la cantidad de aceite siendo de 1 g y la relación aceite/alcohol siendo de 1:4. En la Tabla 2 se muestran las condiciones de operación del sistema de reacción por síntesis en microondas utilizadas en el diseño experimental. La potencia del equipo es de 8000 W y dicha potencia varia conforme a la temperatura de cada experimento. La frecuencia del equipo de microondas es de 450 MHz y se encuentra fija por acuerdo internacional.

Tabla 1. Diseño experimental Box Behnken de tres variables

Orden Estadístico	Enzima (g)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Tabla 2. Factores y niveles del diseño experimental

Variables	Niveles		
	-1	0	1
Enzima (g)	0.05	0.075	0.1
Temperatura (°C)	50	55	60
Tiempo (min)	15	30	45

Finalizada cada reacción, se procedió a la separación de las fases dejando en reposo durante 24 h, la fase superior correspondiente a los metilésteres se destiló a presión reducida (rotaevaporador) para retirar el metanol residual.

 ISSN 2007-8102

Perfil de metilésteres
Se determinaron los tiempos de retención y el perfil de metilésteres obtenido en cada experimento del diseño Box Behnken mediante cromatografía de gases. Se siguió la misma técnica definida para el perfil de AG.

Resultados y discusión

Materia prima utilizada
En la Figura 1 se observan los frutos del árbol de hule (*Hevea brasiliensis*) formado por tres capsulas o celdillas conteniendo una semilla dentro de cada una. En la Figura 2 se muestran las semillas recolectadas del mismo árbol las cuales presentan un peso promedio de 5.21 ± 0.41 g y una media en sus dimensiones de 2.753 ± 0.05 cm de altura, 1.808 ± 0.05 cm de sección delgada y 2.394 ± 0.09 cm de sección ancha.

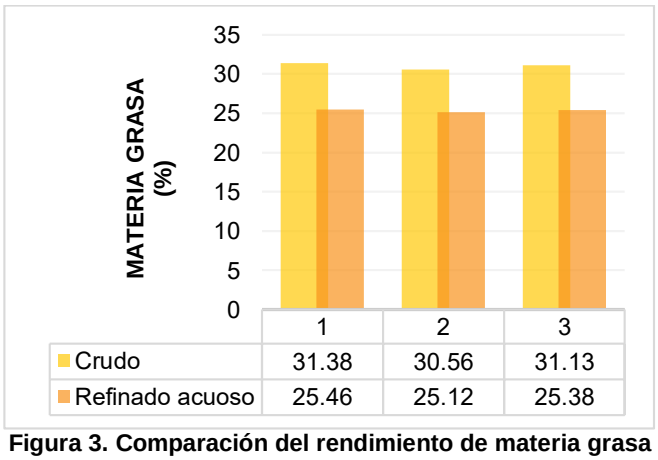


Figura 1. a) Fruto del árbol del hule y b) Semilla en una celdilla del fruto



Figura 2. Semilla del árbol del hule (*Hevea brasiliensis*)

Extracción de aceite
El solvente utilizado en las extracciones fue n-hexano a su temperatura de reflujo (69 °C) obteniéndose un rendimiento promedio de materia grasa cruda de 31.02 ± 0.34 % después de 4 h de extracción. Finalizado el proceso de desgomado se obtuvo un rendimiento promedio de 25.32 ± 0.15 %, en base al contenido inicial de semilla procesada. En la Figura 3 se observa la comparación de rendimientos de materia grasa, así como, la disminución después del proceso de refinado. En la Figura 4 se puede observar el aceite crudo el cual presentó una ligera tonalidad amarillo/marrón y el aceite refinado obtenido con un color amarillo claro:



	1	2	3
Crudo	31.38	30.56	31.13
Refinado acuoso	25.46	25.12	25.38

Figura 3. Comparación del rendimiento de materia grasa a partir del aceite refinado por el método acuoso

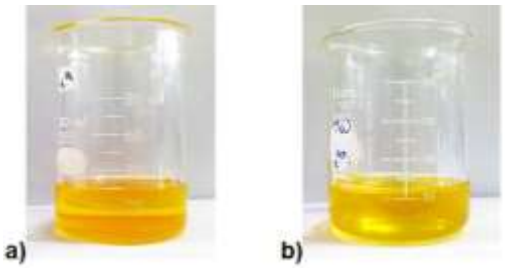


Figura 4. Aceite a) crudo y b) refinado extraído de las semillas de *Hevea brasiliensis*

Determinación del contenido de AG
Los tiempos de retención determinados mediante cromatografía de gases para este estudio considerando los principales AG del aceite de semilla de *Hevea brasiliensis* se muestran en la Tabla 3, respectivamente, en la Figura 5 se presenta el cromatograma obtenido con la identificación de los AG principales:

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Tiempos de retención en columna DB-5 determinados de los principales AG

Ácido Graso	Tiempo de retención (min)
Palmítico (C16:0)	16.908 ± 0.08
Linoleico (C18:2 n-6)	22.071 ± 0.02
Oleico (C18:1)	22.152 ± 0.10
α-Linolénico (C18:3)	22.301 ± 0.02
Esteárico (C18:0)	22.561 ± 0.21

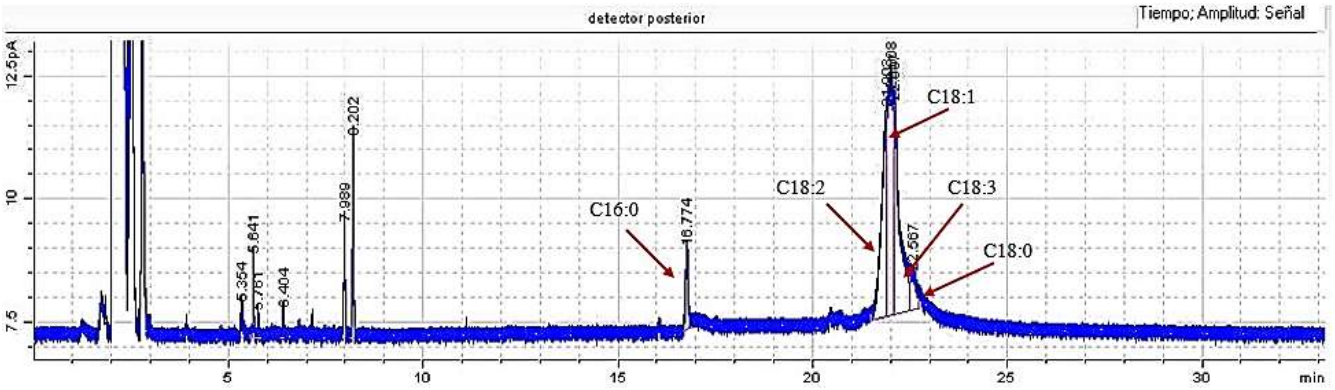


Figura 5. Cromatograma e identificación de AG en el aceite de *Hevea brasiliensis*

Considerando los tiempos de retención establecidos y las áreas generadas en el análisis utilizando cromatografía de gases del aceite desgomado de la semilla de *Hevea brasiliensis*, los porcentajes determinados de cada AG se muestran en la Tabla 4, los cuales se comparan con diversos autores. Los valores obtenidos en esta investigación y los reportados por los diversos investigadores pueden ser diferentes según el tipo de clon, la ubicación geográfica y condiciones de crecimiento del árbol de hule que se utilizó en cada estudio, así como, los procesos de extracción y los métodos analíticos utilizados. La comparación sobre los métodos utilizados en algunos estudios se presenta en la Tabla 5.

Tabla 4. Composición de AG en el aceite de *Hevea brasiliensis*

Ácido Graso	Porcentaje (%)				
	Trabajo actual	Kittigowittana y col., 2013		A.S. y col., 2005	Samuel y col., 2016
		Chiang Rai	Surin		
Palmítico (C16:0)	5.25	8.78 ± 0.05	8.94 ± 0.05	10.2	0.23 – 10.6
Linoleico (C18:2)	27.66	42.13 ± 0.06	40.81 ± 0.29	39.6	39.6 – 52.84
Oleico (C18:1)	30.81	38.96 ± 0.36	42.08 ± 0.10	24.6	12.7 – 42.08
α-Linolénico (C18:3)	30.23	2.38 ± 0.00	No detectable	16.3	2.38 – 26
Esteárico (C18:0)	6.05	6.17 ± 0.16	5.69 ± 0.11	8.7	5.69 – 12

Tabla 5. Métodos utilizados en la determinación de la composición de AG en el aceite de *Hevea brasiliensis*

Característica	Trabajo actual	Kittigowittana y col., 2013	A.S. y col., 2005
Tipo de Clon	RRIM 527	RRIM 600	No menciona
Ubicación geográfica	Tezonapa, Veracruz	Provincias de Chiang Rai y Surin, Tailandia	India
Método de extracción	Soxhlet a 69°C durante 4 h	Temperatura ambiente durante 24 h	Trituración de la semilla
Método analítico	Análisis de AG por CG	Análisis de metilésteres por CG	No menciona

 ISSN 2007-8102

Determinación del contenido de metilésteres

En la identificación y cuantificación del rendimiento en la reacción de transesterificación se consideraron únicamente tres de los metilésteres de los AG mencionados. En la Tabla 6 se muestran los metilésteres y los tiempos de retención identificados de cromatogramas obtenidos mediante estándares.

Tabla 6. Tiempos de retención de los metilésteres

Metiléster	Tiempo de retención (min)
Palmitato	16.075 ± 0.003
Oleato	20.632 ± 0.003
Estearato	21.344 ± 0.01

El rendimiento de biodiesel obtenido en las reacciones se calculó en base a los metilésteres formados en relación a la cantidad de AG restantes al finalizar cada reacción. Para la cuantificación respectivamente de AG y metilésteres se realizaron curvas patrón preparando una serie de diluciones de los estándares correspondientes a diferentes concentraciones. En las Figura 6 - 8 se muestran las curvas patrón para AG y, respectivamente, las Figura 9 - 11 presentan las correspondientes a los metilésteres seleccionados.

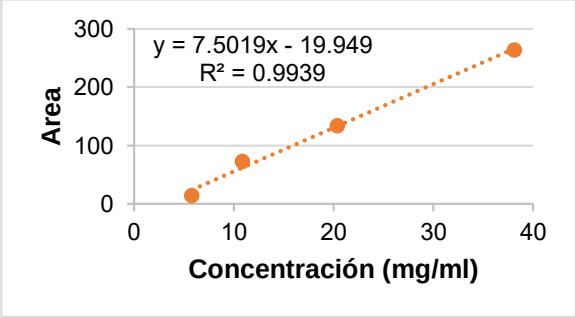


Figura 6. Curva patrón para Acido Palmítico

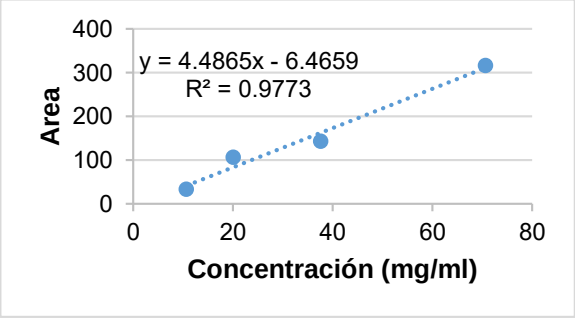


Figura 7. Curva patrón para Ácido Oleico

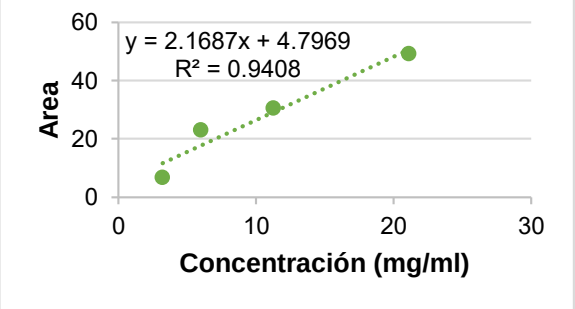


Figura 8. Curva patrón para Acido Esteárico

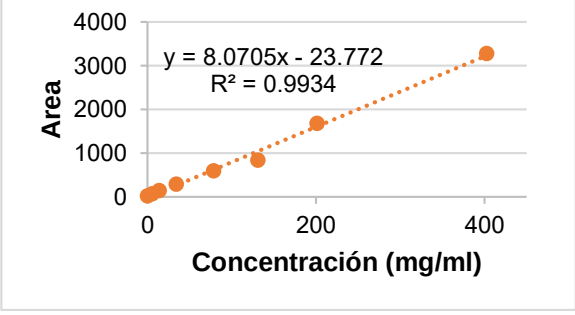


Figura 9. Curva patrón para Metil Palmitato

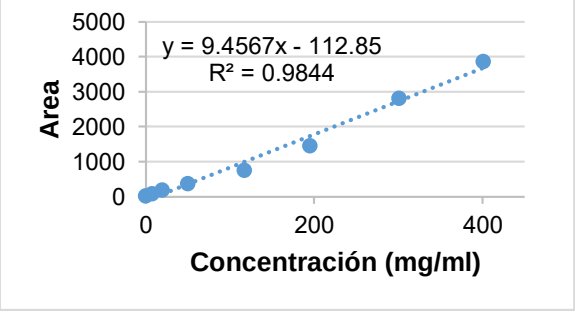


Figura 10. Curva patrón para Metil Oleato

 ISSN 2007-8102

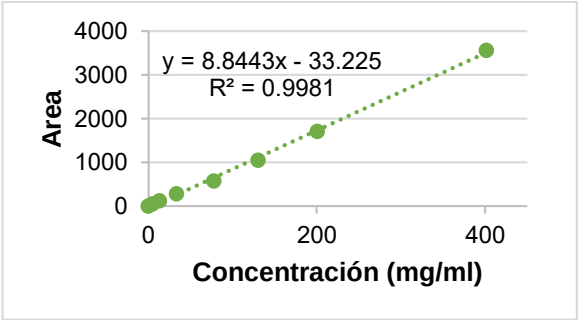


Figura 11. Curva patrón para Metil Estearato

La Tabla 7 muestra los rendimientos de los experimentos descritos en el diseño utilizado:

Tabla 7. Rendimiento de esteres metílicos

Orden Estadístico	Enzima (g)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Ácidos Grasos restantes				Metilésteres formados				Rendimiento (%)
				Palmítico (mg)	Oleico (mg)	Esteárico (mg)	Total (mg)	Palmitato (mg)	Oleato (mg)	Estearato (mg)	Total (mg)	
1	0.05	30	55	5.7695	23.4312	13.8109	43.0116	3.7629	12.5982	4.4863	20.8475	32.65
2	0.1	30	55	4.6160	18.2093	10.3963	33.2216	3.5554	12.5203	4.4189	20.4946	38.15
3	0.05	90	55	4.7961	24.3640	10.7548	39.9149	3.7971	12.7017	4.4955	20.9944	34.47
4	0.1	90	55	3.9604	13.2298	8.6596	25.8497	3.8644	12.7172	4.4097	20.9913	44.81
5	0.05	60	50	3.7850	11.4947	4.7105	19.9902	8.7732	15.6151	7.5845	31.9728	61.53
6	**0.1**	**60**	**50**	**3.6697**	**14.4461**	**8.3053**	**26.4211**	**11.7448**	**21.0361**	**9.4992**	**42.2801**	**61.54**
7	0.05	60	60	4.4806	20.2829	14.2270	38.9905	4.8514	13.5509	5.2015	23.6038	37.71
8	0.1	60	60	3.9694	23.8022	15.5668	43.3384	3.8440	12.8370	4.3680	21.0490	32.69
9	0.075	30	50	3.7218	26.9689	1.9217	32.6124	4.4686	13.1853	5.1098	22.7637	41.11
10	0.075	90	50	3.0836	14.9085	3.3746	21.3667	6.3239	14.2022	5.9398	26.4658	55.33
11	0.075	30	60	3.4525	15.7246	1.7651	20.9423	3.5932	12.5306	4.4758	20.5996	49.59
12	0.075	90	60	3.4281	24.2631	4.9899	32.6812	3.8987	12.8201	5.2742	21.9930	40.23
13	0.075	60	55	3.5470	23.6614	9.1712	36.3796	6.3015	14.6335	6.4447	27.3797	42.94
14	0.075	60	55	3.3608	19.4967	8.0266	30.8840	6.8820	15.0521	6.5833	28.5174	48.01
15	0.075	60	55	3.4846	21.2740	10.3773	35.1359	6.7448	14.9728	6.4811	28.1987	44.52

El cromatograma correspondiente al experimento con mayor rendimiento de metilésteres obtenidos se presenta en la Figura 12 logrando observar los AG sin reaccionar y los metilésteres formados en la reacción de transesterificación:

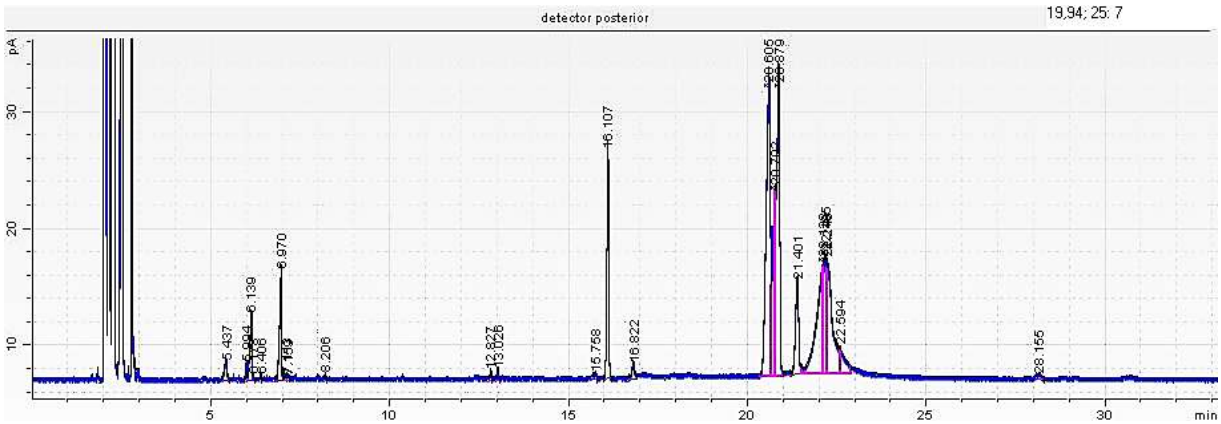


Figura 12. Cromatograma del experimento 6

Trabajo a futuro

El trabajo de investigación se continuará desarrollando como se muestra a continuación:

Elaborar curvas patrón por cromatografía de gases correspondiente al ácido linoleico, ácido α-linolénico, metil linoleato y metil linolenato, así como el tiempo de retención promedio utilizando los estándares de metil linoleato y metil linolenato. Determinar el rendimiento en cada experimento planteado en el diseño Box Behnken, considerando la composición en mg de los cinco ácidos grasos principales y sus respectivos esteres metílicos.

Conclusiones

Las características físicas de la semilla presentan una apariencia similar y dimensiones características de acuerdo con la poca varianza entre las medidas tomadas. Las extracción del aceite contenido en las semillas del árbol del hule (*Hevea brasiliensis*) se realizó a una temperatura de 69 °C durante un tiempo de 4 h obteniendo un rendimiento de materia grasa de 31.02 %. De acuerdo a los experimentos realizados en la reacción de transesterificación el mejor rendimiento en la obtención de metilésteres se encuentra en el experimento número 6 que se realizó a un tiempo de irradiación con microondas de 30 min y 50 °C de temperatura, utilizando 0.1 g de lipasa (CAL B) y 4 g de metanol. Al utilizar como método de asistencia las microondas durante la reacción de transesterificación, se obtuvo un combustible con similar composición en base a los metilésteres formados que al obtenido por calentamiento convencional logrando reducir el tiempo de reacción. Así mismo al emplear lipasa Candida antárctica B (CAL B) como medio catalizador a partir del aceite de la semilla de *Hevea brasiliensis* permitió obtener rendimientos altos y facilitar la separación de fases formadas (glicerol y metilésteres), sin producir residuos tóxicos evitando utilizar catalizadores químicos o algún solvente en la reacción de transesterificación.

Agradecimientos

Se agradece al laboratorio de Química analítica y aplicada del Instituto Tecnológico de Orizaba, al Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional.

Referencias

1. INECC. (2016). Causas del cambio climático. Obtenido de https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/causas-del-cambio-climatico
2. Novelo-Rosado, S. A. (2009). Fomento y Normatividad ambiental para los bioenergéticos en México. Obtenido de SEMARNAT: https://www.cbd.int/doc/meetings/agr/rwspubio-01/other/rwspubio-01-biofuel-mexico-es.pdf
3. Sabarish, C., Jilse, S., and Muraleedharan, C. (2016). Extraction of Oil from Rubber Seed through Hydraulic Press and Kinetic Study of Acid Esterification of Rubber Seed Oil. Procedia Technology. 25: 1006-1013.
4. SIAP. (2016) “Anuario Estadístico de la Producción Agrícola”. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/
5. Dunn, P. J., Wells, A. S., and Williams, M. T. (2010). Green Chemistry in the Pharmaceutical Industry. WILEY-VCH.
6. E.-Leadbeater, N. (2010). Microwave Heating as a Tool for Sustainable Chemistry. CRC Press.
7. Kittigowittana K, Wongsakul S, Krisdaphong P, Jimtaisong A, Saewan N (2013). Fatty acid composition and biological activities of seed oil from rubber (*Hevea brasiliensis*) cultivar RRIM 600. Int J Appl Res Natural Prod;6(2):1–7.
8. A.S., Ramadhas, S., Jayaraj, and C., Muraleedharan. (2005). Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. Fuel. 84: 335-340.
9. Samuel E., O., Sunny E., I., Anselm I., I., and Diakanua-B., N. (2016). Rubber seed oil: A potential renewable source of biodiesel for sustainable development in sub-Saharan Africa. Energy Conversion and Management. 110: 125-134.

Injerto *in vitro* de limón Persa [*Citrus* x *latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] en tres portainjertos

*J. Martínez-Ballesteros[1], J.E. Bulbarela-Marini[1], L.A. Solano-Rodríguez[2], L.A. Sánchez-Bazán[1], O. Castañeda-Castro[1]**

[1]Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Prolongación de Oriente 6 No. 1009. C. P. 94340, Orizaba, Veracruz. México

[2]CIVAGRO (Centro de Investigación y Validación Agropecuaria S.C.) Av. Eugenio Garza Sada, Numero 1. C. P. 94500 Córdoba Veracruz México.

**odcastaneda@uv.mx*

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

A nivel mundial México es el principal productor limón Persa, el cual es propagado por multiplicación vegetativa, utilizando diferentes cítricos como portainjertos, proporcionando el sistema radicular. Sin embargo, existe el riesgo de propagar enfermedades como el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) o Huanglongbing (HLB). Por ello se requiere la propagación de plantas sanas, una solución es la micropropagación mediante la técnica de injerto *in vitro*. Se realizó el injerto *in vitro* de limón Persa con tres diferentes portainjertos: *Citrus volkameriana*, *Poncirus trifoliata* X *Citrus sinensis* y *Citrus aurantium*, empleando cortes tipo: Chapa, Triángulo y T-invertida, utilizando ápices caulinares y soportes de pinzas de silicona, se mantuvieron en el medio de cultivo MS durante 30 días. La técnica de injerto *in vitro* con limón Persa tuvo el portainjerto con mayor prendimiento fue *C. volkameriana* (100%), con el mayor número de raíces.

***Palabras clave**: Cítricos, cultivo in vitro, homoinjerto.*

Abstract

Worldwide Mexico is the main producer and exporter of Persian lime, which is propagated by vegetative multiplication, using different citrus as rootstocks that provide the root System. However, exist a risk of spreading diseases such as Citrus Tristeza Virus (CTV) and Huanglongbing (HLB). Therefore, the propagation of healthy plants is required and a solution is micropropagation through the in vitro grafting technique. To perform the in vitro grafting, Persian lime and three different rootstocks were used: Citrus Volkameriana, Poncirus trifoliata X Citrus sinensis and Citrus Aurantium, joined by the cuts: veneer, triangle and T-inverted, using caulinar apex explants and silicone gripper supports, which were maintained in the MS culture medium for 30 days. The technique of grafting in vitro with Persian lime showed that the rootstock with a higher percentage of graft-union was C.Volkameriana (100%) with the higher number of roots.

Keywords: citrus, *in vitro* culture, homograft.

Introducción

Los cítricos son frutales muy importantes a nivel mundial y México es el segundo productor de limones con una producción de 2, 429, 839 toneladas anuales y que van en aumento [FAOSTAT, 2016]. El limón Persa es un cítrico de gran importancia debido al área que se cultiva, a los empleos que genera de forma industrial y a su comercialización, teniendo como principal mercado de exportación los Estados Unidos de América [SIAP, 2017] de los cuales más del 25% de la producción nacional de limones se produce en el estado de Veracruz [Ramfula y col., 2011] debido principalmente a que cuenta con una superficie cultivada de 46,122.00 ha^{-1}, rendimientos promedio de 14.61 t ha^{-1}, producción de 655,299.64 t, generando un valor estimado de 3,225,610.00 millones [SIAP, 2017].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Dentro de las limas ácidas, el limón Persa [*Citrus latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] es el de mayor importancia comercial a nivel mundial, debido a que presenta las mejores características como: frutos de mayor tamaño, mayor contenido de jugo, menor acidez y frutos partenocarpicos o sin semillas [Mumtaz y col., 2017].

El limón Persa se propaga por multiplicación vegetativa, utilizando diferentes cítricos como portainjertos, los cuales le proporcionan un sistema radicular extenso, a los que se les injertan yemas o varetas de árboles visiblemente sanos. Sin embargo, con esta forma de propagación existe el riesgo de la transmisión de enfermedades como el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) o el Huanglongbing (HLB) los cuales atacan la producción citrícola, ocasionando pérdidas en la producción [Vidal, 2014; Rizzo y col., 2017], por tal motivo, es necesario propagar plantas sanas y libres de patógenos es considerada una prioridad [Mumtaz y col., 2017].

Las técnicas de cultivo *in vitro* permiten la obtención de plantas sanas para su posterior propagación, generando plantas vigorosas, de corto periodo vegetativo y mayor rendimiento [Navarro y col., 2016; El-Sherif, 2017].

Sin embargo, el cultivo *in vitro* del limón Persa presenta dificultades en el desarrollo del sistema radicular [Bonilla y Mesa, 2018] y la técnica de injerto *in vitro* es una excelente propuesta, debido a que favorece el desarrollo óptimo del sistema radicular [Guerrero y col., 2004].

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres portainjertos de cítricos con limón Persa [*Citrus latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] a través de la técnica de injerto *in vitro.*

Metodología

Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, campus Orizaba, Veracruz y el Laboratorio de Biotecnología Vegetal CIVAGRO (Centro de Investigación y Validación Agropecuaria) en Córdoba, Veracruz, México.

Material vegetal y medio de cultivo

Vitroplantas de tres meses de edad de limón volkameriana (*Citrus volkameriana*), citrange carrizo (*Poncirus trifoliata* L. X *Citrus sinensis* L.) y naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) fueron cultivadas en medio de cultivo MS [Murashige y Skoog, 1962] suplementado con 30 g L^{-1} de sacarosa, 100 mgL^{-1} ácido ascórbico, 150 mg L^{-1} de ácido cítrico y 40 mg L^{-1} de tiamina, contenidos 20 mL en tubos de cultivo mismos que fueron esterilizados en autoclave a 120°C durante 15 minutos.

Determinación del prendimiento en homoinjertos con *C. volkameriana* bajo diferentes condiciones

El homoinjerto a través del corte de Chapa se llevó a cabo con injertos (1 cm) y portainjertos (2 a 3 cm decapitados y sin raíces) de vitroplantas de *C*. *volkameriana*, transcurridos 30 días se evaluaron los tipos de explantes (yemas axilares o ápices caulinares) la condición lumínica (luz u oscuridad) y el tipo de soporte (pinzas de silicona o láminas de aluminio).

Efecto del prendimiento de los cortes en homoinjertos con C. *Volkameriana*

Se emplearon portainjertos de *C*. *volkameriana* de 2 a 3 cm de longitud decapitados y sin raíces, injertando ápices de 1 cm de longitud provenientes de cultivo *in vitro*, realizando los cortes: Chapa; Cuña; Corona; Triángulo; y T-invertida (Figura 1), uniendo los tejidos con pinzas de silicona.

Efecto de tres diferentes portainjertos en el prendimiento *in vitro* de plantas de limón Persa

Se emplearon tres diferentes portainjertos: *Citrus volkameriana*, *Poncirus trifoliata* X *Citrus sinensis* y *Citrus aurantium* utilizando segmentos de 2 a 3 cm de longitud decapitados y sin raíces, como injertos se utilizaron ápices de limón Persa de 1 cm de longitud, realizando los cortes: Chapa, Triángulo y T-invertida

 ISSN 2007-8102

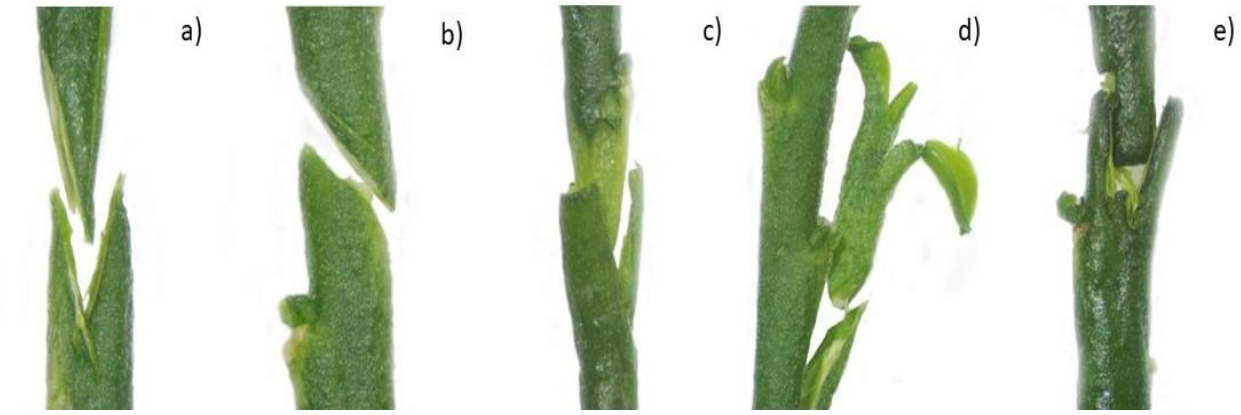


Figura 1. Los cortes empleados en homoinjertos *in vitro* con *C. volkameriana*: a) Chapa; b) Cuña; c) Corona; d) Triángulo; e) T-invertida.

Diseño del experimento y análisis estadístico

El diseño estadístico consistió en un experimento completamente al azar. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante Tukey utilizando el paquete estadístico Minitab-17.

Resultados y discusión

Determinación del prendimiento en homoinjertos con *C. volkameriana* bajo diferentes condiciones

El mayor porcentaje de prendimiento (90.91%) se obtuvo en homoinjertos, cuando se utilizaron ápices caulinares de *C. volkameriana* (Figura 2a), fotoperiodo (71.43%) de 16 horas de luz por 8 horas de oscuridad (Figura 2b) y como soporte (73.17%) pinzas de silicona (Figura 2c).

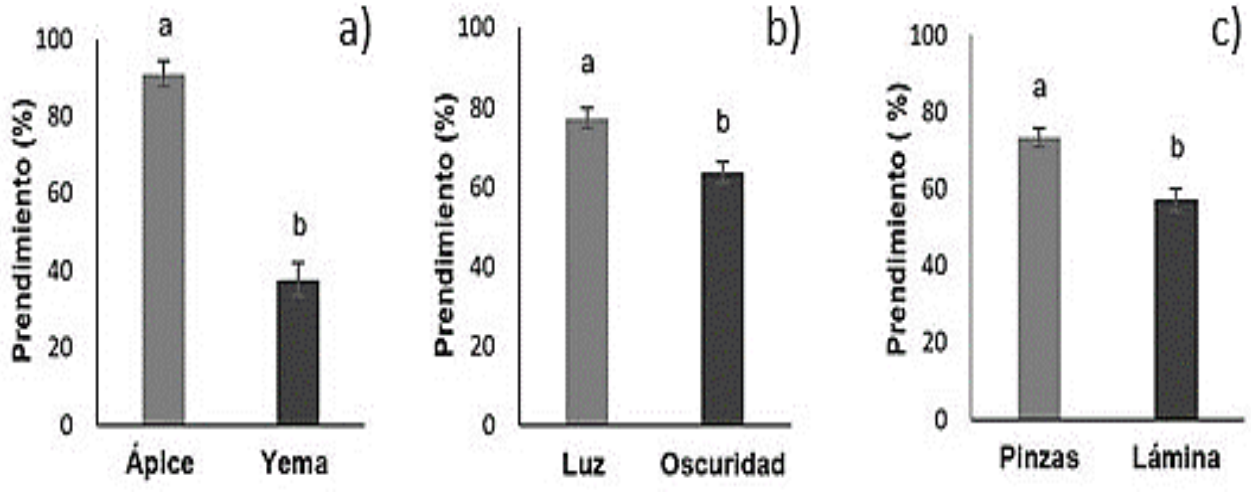


Figura. 2. Evaluación del prendimiento en homoinjertos bajo diferentes condiciones: (a) tipo de explante; (b) fotoperiodo; (c) tipo de soporte; durante 30 días de evaluación. Líneas sobre las barras indican el error estándar, letras diferentes sobres las barras indican diferencia estadística significativa (P < 0.05).

 ISSN 2007-8102

Estas condiciones permiten una adecuada respuesta al prendimiento del injerto, debido a su fácil manipulación, a una mayor rigidez entre los tejidos que evitan la deshidratación, permitiendo la unión injerto-portainjerto. Los resultados coinciden con los estudios previamente realizados por Milla y col. [2009] y García y col. [2011], en los cuales se reportó que el tipo de explante, y el uso de un soporte adecuado son condiciones necesarias que favorecen la unión del injerto permitiendo la supervivencia y el prendimiento.

Efecto del prendimiento de los cortes en homoinjertos con C. *Volkameriana*

Los mayores porcentajes de prendimiento en homoinjerto se obtuvieron en el corte de Chapa (81.82%), T-invertida (80%) y Triángulo (76.60%) (Figura 3).

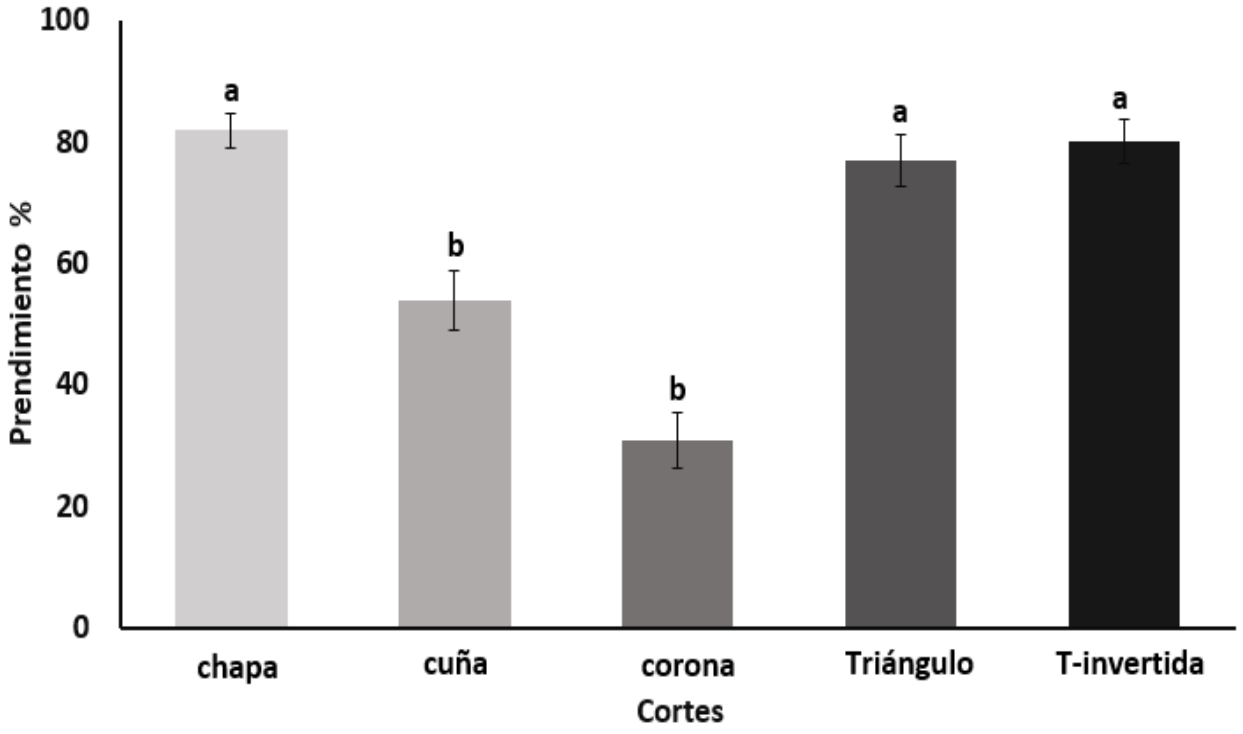


Figura 3. Efecto de diferentes cortes en el prendimiento de homoinjerto *in vitro*, durante 30 días de evaluación. Líneas sobre las barras indican el error estándar, letras diferentes sobres las barras indican diferencia estadística significativa (P < 0.05).

La evaluación de los tipos de cortes en homoinjertos de *C. volkameriana* mostró que los cortes Chapa, Triángulo y T-invertida facilitan la ejecución y la cicatrización del injerto lo cual favorece a la unión entre el injerto-portainjerto. Similares resultados fueron reportados por Guerrero y col. [2004] lo cual mostró que la cicatrización en tallos es complicada, sin embargo, al lograrse la cicatrización la respuesta del prendimiento es viable.

Efecto de tres diferentes portainjertos en el prendimiento *in vitro* de plantas de limón Persa

El presente estudio se demuestra que el injerto *in vitro* de limón persa es eficiente debido a que el prendimiento con el portainjerto de *C. volkameriana* fue del 100% (Tabla 1), el mayor número de raíces (1.00); *C. aurantium* presentó la mayor longitud de injerto (3.27cm), además del mayor número de brotes (1.22) y hojas (3. 44).

Tabla 1. Efecto del portainjerto en la técnica de injerto *in vitro* con limón Persa, durante 30 días de evaluación.

Variedad	Prendimiento (%)	Longitud Injerto (cm)	Número		
			Raíz	Brotes	Hojas
C.volkameriana	100.00 ± 0.00a	2.95 ± 0.38ab	1.00 ± 0.16a	1.09 ± 0.11ab	2.36 ± 0.33ab
C. aurantium	91.60 ± 0.05ab	3.27 ± 0.18a	0.11 ± 0.07b	1.22 ± 0.10a	3.44 ± 1.04a
P. trifoliata X *C. sinensis*	75.00 ± 0.11b	2.66 ± 0.22b	0.00 ± 0.00b	0.75 ± 0.11b	0.83 ± 0.22b

Medias ± error estándar con letras diferentes en las columnas indican diferencia estadística significativa (P < 0.05).

Al lograrse la cicatrización la respuesta del prendimiento es viable. Los resultados de injerto *in vitro* de limón Persa son similares con los de Melnyk [2017] en los que describe que *C. volkameriana* es un portainjerto vigoroso.

Trabajo a futuro

Se recomienda injertar *in vitro* limón Persa con *C. volkameriana* como portainjerto, debido a que son necesarias pruebas en etapa de aclimatización, donde se deben evaluar las condiciones y tipos de sustratos, que permitirán la posterior aclimatización y traslado a campo.

Conclusiones

La técnica del injerto *in vitro* de limón Persa con *C. volkameriana* en condiciones de fotoperiodo, a través de los cortes de Chapa, Triángulo y T- invertida, utilizando ápices caulinares y como soporte pinzas de silicona, esto permitió el desarrollo óptimo del sistema radicular *in vitro*. A través de la técnica del injerto *in vitro* permite la propagación de plantas sanas y vigorosas en un corto periodo vegetativo.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecemos al M. C. Juan Francisco García Rendón, facilitador nacional del sistema producto limón Persa A.C., por las atenciones prestadas.

Referencias

1. Bonilla, A. and Mesa, N. (2018). Evaluación de tres métodos de injertación *in vitro* en la especie *Erythrina edulis* (Fabaceae). *Revista Facultad de Ciencias Básicas.* 14(2) 1-6.
2. El-Sherif NA. (2017). Impact of plant tissue culture on agricultural sustainability. In: Barceló D, Kostianoy AG (eds) The handbook of environmental chemistry. Springer, Berlin.
3. FAO. (2016). www.fao.org/faostat/es/?#data. Consultado el 12 de mayo de 2019.
4. García, E.; Lorente, P.; Marín J.; Arbeloa, A. and Andreu, P. (2011). Micropropagación e injerto *in vitro* de pistacho. *ITEA.* 106(4) 229-244.
5. Guerrero, J.; Moriana, A. and Couceiro, J. (2004). La operación de injerto en pistachero (*Pistacia vera* L.). Condicionantes en Castilla La Mancha. *Fruticultura Profesional.* 140(1) 41-53.
6. Melnyk, C. (2017). Plant grafting: insights into tissue regeneration. *Regeneration.* 4(1) 3-14.
7. Milla, D.; Arizaleta, M. and Díaz, L. (2009). Crecimiento del limero 'Tahití' (*Citrus latifolia T*an.) y desarrollo del fruto sobre cuatro portainjertos en un huerto frutal ubicado en el Municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. *Revista UDO Agrícola.* 9(1) 85-95.
8. Mumtaz, M.; Al-Yahyai, R. and Al-Sais, F. (2017). Plant Protection: Lime Diseases and Insect Pests. *The Lime botany, production and uses. United Kingdom.* 149-166.
9. Murashige T, and Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant.* 15, 473–497.
10. Navarro-García, N.; Morte, A. and Pérez-Tornero, O. (2016). *In vitro* adventitious organogenesis and histological characterization from mature nodal explants of *Citrus* lemon. *In Vitro Cell Dev Biol-Plant.* 52, 161–173.
11. Ramfula D, Tarnusb E, Aruomac OI, Bourdonb E, Bahorund T (2011) Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. Food Res Int 44:2088–2099
12. Rizzo, D.; Materazzi, A.; Stefani, L.; Panattoni, A.; Pierro, R.; De Bellis, L. and Luvisi, A. (2017). The ocurrence of viruses and viroids in ornamental citrus mother plants in Tuscany (Central Italy). *CROP PROTECTION.* 102, 137-140.
13. SIAP. (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Mexico, and URL e.g. www.gob.mx/siap/articulos, Mexico, (Consultado noviembre 15, 2018).
14. Vidal-Rivera, M-V. (2014). Propagación *in vitro* de lima ácida (*Citrus auraniifolia)* [Christm.] Swingle) - variedad Tahití- a partir de segmentos nodales, Honduras and URL e.g. docplayer.es, Zamorano, Honduras, (Consultado noviembre 15, 2018).

Implementación de sistemas de electrocoagulación en tanques Imhoff en el tratamiento de aguas residuales urbanas

*L.A. Estévez Sánchez[1], N. Gutiérrez Casiano[1], I. Sánchez Bazán, K. Díaz-Castellanos, E. Hernández-Aguilar[1]**
[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Orizaba, Ote. 6 núm. 1009, Rafael Alvarado, 94340, Orizaba, Ver.
eduhernandez@uv.mx
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El tratamiento de aguas residuales es un asunto prioritario debido a las normativas nacionales e internacionales cada vez más estrictas. Por esta razón, la electroquímica ofrece procesos como la electrocoagulación, la cual se ha definido como una tecnología verde, muy eficiente para el tratamiento de diversos efluentes, por lo que el presente trabajo muestra dicho proceso aplicado en un tanque Imhoff al que se le aplicó reingeniería, en donde se evaluaron parámetros como la DQO obteniendo una remoción de hasta el 86.5%, la turbidez obtuvo una remoción del 60.46%, mediante la aplicación de un diseño bifactorial de 3 niveles para ambos factores que son; tiempo de retención hidráulico (TRH,1.5, 2 y 2.5 h) e intensidad de corriente (1.5, 2 y 2.5 A), y se determinó que el nivel de 2.5 h y 2 A muestra mejores resultados de los parámetros analizados.

***Palabras clave**: Electrocoagulación, Electroquímica, Tratamientos, Tiempo de retención hidráulico.*

Abstract

The wastewater treatment has become nowadays a priority because the increasing stricting laws and rules in national and international level. For this reason the electrochemistry offers process like the electrocoagulation which has been defined like a green and efficient technology for several types of wastewater, and for this reason, next the results of this process in a Imhoff reactor which was reengineered are shown, where a 86.5% removal was found for COD as well as the turbidity were the removal was the 60.46%, applying a bifactorial design of the experiment with 2 factors and 3 levels for both of them, which are hydraulic retention time (1.5, 2 & 2.5 h) and current density (1.5, 2 & 2.5 A), and it was determined that the conditions of 2.5 h and 2 A shown better results for the parameters analyzed.

***Key words**: Electrocoagulation, Electrochemistry, Treatments, Hydraulic retention time.*

Introducción

El incremento de las descargas de aguas residuales urbanas debido al crecimiento de la población y de sus actividades, aunado a la calidad y cantidad de su disposición final en el medio ambiente sin tratamiento previo es una de las principales causas que afectan la calidad del agua a nivel mundial [Elazzouzi y Col 2018].
Las características de las aguas residuales, así como su volumen varían dependiendo de la cantidad de la población, los rangos de edad de los habitantes, su estilo de vida, así como sus tradiciones y su cultura, con lo cual los principales componentes de estas aguas suele ser residuos de shampoos y jabón, sólidos suspendidos y una gran cantidad de materia orgánica. Los principales tipos de tratamiento suelen ser tratamientos por medios físicos como la filtración, cribado o la ultrafiltración, o por medios químicos como la coagulación/floculación, e incluso biológicos como los wetlands o los biodiscos. Sin embrago, los sistemas electroquímicos han sido estudiados y han demostrado una gran capacidad para el tratamiento de las aguas residuales [Barisci y Turkay, 2016].
Durante las últimas décadas, los procesos electroquímicos han tomado un nuevo sentido de investigación, debido a que hoy en día la generación y el acceso a la energía eléctrica son una realidad, lo cual ha impulsado a la investigación de diversos procesos electroquímicos, para tratar diversas problemáticas del mundo actual [Kh y Elazzouzi, 2017].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Dentro de los sistemas electroquímicos más estudiados para el tratamiento de aguas residuales se encuentra el proceso de electrocoagulación, el cual, mediante la aplicación de una intensidad de corriente a través de electrodos sumergidos en la solución a tratar generan especies coagulantes *in situ,* las cuales están determinadas por el material empleado en los electrodos, dicho proceso en la actualidad se realiza con gran éxito, sin embargo, la mayoría de los estudios son realizados en reactores con modos de operación tipo Batch, lo cual limita su operabilidad [Mousa y Col., 2017].

Por otra parte, durante la década de los 80 los tanques Imhoff fueron ampliamente instalados por su sencillez de operación en el tratamiento de aguas residuales urbanas, sin embrago, en la actualidad estas unidades de tratamiento primario se han visto sobrepasadas en su capacidad de tratamiento debido a que están diseñados para comunidades de 5000 personas y el aumento demográfico de la población sumado a las regulaciones ambientales cada vez más estrictas, han dejado a muchos de estos tanques inoperables [UNATSABAR, 2005].

Metodología

Muestreo y caracterización del agua residual urbana

El muestreo de agua residual se llevó acabo en una planta de tratamiento de aguas residuales del estado de Veracruz, mediante las indicaciones de la norma NMX-AA-003-1980 “Aguas residuales muestreo”. La Tabla 1 muestra la normativa utilizada para realizar la caracterización del agua residual, así como los límites máximos estipulados por las normas establecidas para cada parámetro.

Tabla 1. Normas utilizadas para la caracterización del agua residual

Parámetro	Norma Mexicana	Límite máx. permisible
DQO	NMX-AA-030/2-SCFI-2012	500 mg/L
Turbidez	NMX-AA-038-SCFI-2001	< 5 NTU
Sólidos Suspendidos	NMX-AA-034-SCFI-2015	150 mg/L
pH	NMX-AA-008-SCFI-2016	6 – 9
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001	> 8 mg/L

Aplicación del proceso de electrocoagulación

El proceso de electrocoagulación se llevó a cabo en el reactor Imhoff escala 1:25 bajo las condiciones de operación del diseño factorial 3^k con 2 factores: el tiempo de retención hidráulico y la intensidad de corriente con 3 niveles cada uno y realizando cada experimento por duplicado, la matriz de realización de los experimentos que se empleó se muestra en la Tabla 2. Realizando todas las pruebas en modo continuo mediante la ayuda de una bomba peristáltica para regular los flujos respectivos para cada tiempo de retención los cuales fueron de 15.3 L/h para 1.5 h de tiempo de retención hidráulico, 11.5 L/h para 2 h y 9.2 L/h para 2.5 h respectivamente.

Tabla 2. Matriz de desarrollo de los experimentos

		Tiempo de retención hidráulico		
		1.5 h	**2 h**	**2.5 h**
Intensidad de corriente	**1.5 A**	1	2	3
	2 A	4	5	6
	2.5 A	7	8	9

Conexión y material de los electrodos

El tipo de conexión utilizado, el cual se muestra en la Figura 1, fue la conexión monopolar en paralelo ya que, en base a la bibliografía [Mousa, El-Naas, Nasser, & Al-Marri, 2017], este tipo de conexión reporta ser la más estable.

 ISSN 2007-8102

A sí mismo como material de los electrodos se eligieron placas de aluminio tanto para el ánodo como para el cátodo, teniendo una forma rectangular empleando 12 placas de 15x10 cm y otras 4 placas de 15x5 cm. Estas placas fueron conectadas a una fuente de poder modelo QW-MS305D la cual permitió controlar y monitorear la intensidad de corriente.

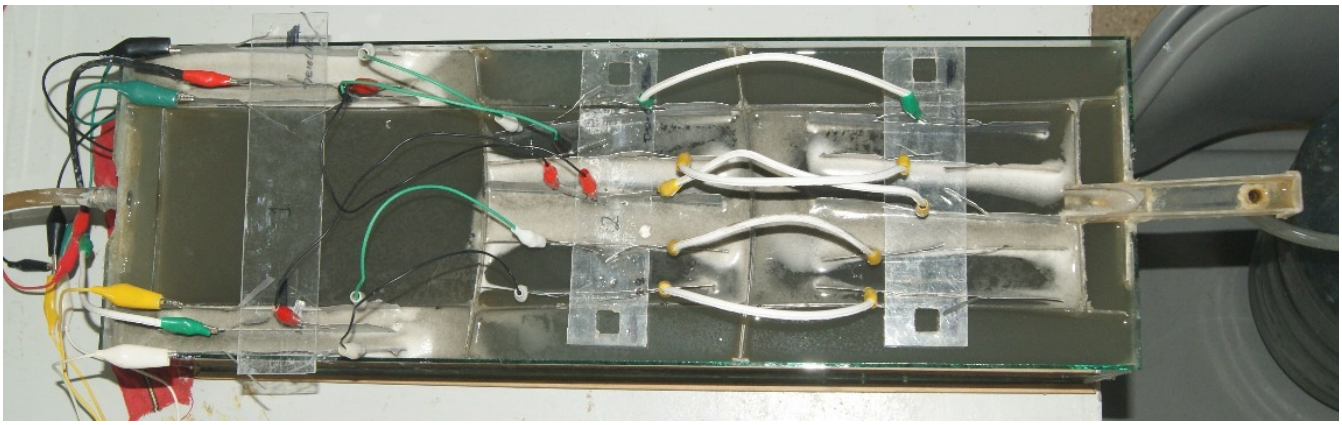


Figura 1. Vista aérea del tanque Imhoff con la conexión monopolar en paralelo

La caracterización del efluente se realizó mediante las técnicas aplicadas en la caracterización del agua residual y en este caso se tomó a la salida del reactor una muestra cada 30 min hasta completar el proceso de 40 litros de agua, a dichas muestras les fueron analizados los parámetros estudiados para obtener los porcentajes de remoción de cada uno.

Resultados y discusión

Caracterización del agua residual

La caracterización del agua residual, demostró tener valores más elevados de lo permitido por la normatividad ambiental vigente a excepción del pH el cual se encuentra dentro del rango de la norma. Los valores reportados demuestran el problema que se tiene en dicha colonia al no tratar sus efluentes lo cual repercute en la calidad del medio ambiente en la que es descargada esta agua residual.

Tabla 3. Resultados obtenidos de la caracterización del agua residual

Parámetro	Caracterización del agua residual		
	Unidades	Valor	Límite máx. permisible
DQO	(mg/L)	1527	500
Turbidez	(NTU)	122.5	< 5
Sólidos Sedimentables	(mg/L)	244.5	150
pH	---	6.67	6 – 9
Oxígeno disuelto	(mg/L)	2.1	> 8

Comportamiento en la remoción de DQO

Los porcentajes de DQO promedio mostrados gráficamente en la Figura 2 fueron del 89.2% cuando se aplicó una intensidad de 1.5 A y un TRH de 2.5 h. Así mismo se observó que el promedio máximo de remoción fue del 86.2% al aplicar una intensidad de corriente de 2 A y un TRH de 2.5 h y, por último, se obtuvo un promedio de remoción del 77.5% como máximo cuando se aplicó una intensidad de corriente de 2.5 A y un TRH de 2.5 h. Autores como Tchamango y Col., [2010], de igual manera evaluaron la remoción de DQO utilizando electrodos sólo de aluminio obteniendo eficiencias de remoción de hasta el 90%. De igual forma Eryuruk y Col. [2018] obtuvieron eficiencias de remoción de hasta el 95%, sin embargo, durante su estudio se utilizó un electrolito de soporte para poder aumentar los porcentajes de remoción, siendo electrodo con un costo superior al aluminio utilizado en este trabajo.

 ISSN 2007-8102

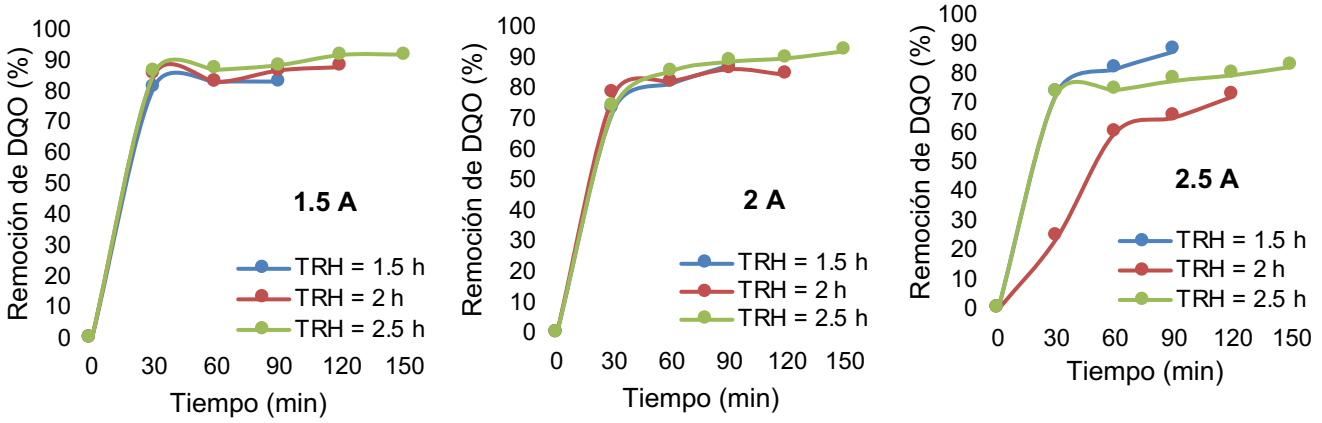


Figura 2. Remoción de DQO a diferentes intensidades de corriente y TRH; A) 1.5 A, B) 2 A y C) 2.5 A

Comportamiento en la remoción de turbidez

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la turbidez, el cual, cuando se aplicó una intensidad de corriente de 1.5 A y un TRH de 2 h la remoción máxima del promedio fue del 67.2%. Por otra parte, el promedio de remoción máxima fue del 45% aplicando una intensidad de corriente de 2 A y un TRH de 1.5 h y, finalmente el promedio máximo obtenido fue del 69.7%, al aplicar una intensidad de corriente de 2.5 a y un TRH de 2.5 h. Autores como Makwana y Ahammed [2016] han estudiado de igual manera el factor del TRH en 3 niveles determinando que, por lo general a mayores tiempos de retención hidráulica se obtiene mayores eficiencias de remoción, sin embargo, el modo de operación que fue utilizado por dicho autor fue en modo de operación tipo batch y con un volumen de agua residual menor de 2L, tratando menos agua que en este estudio.

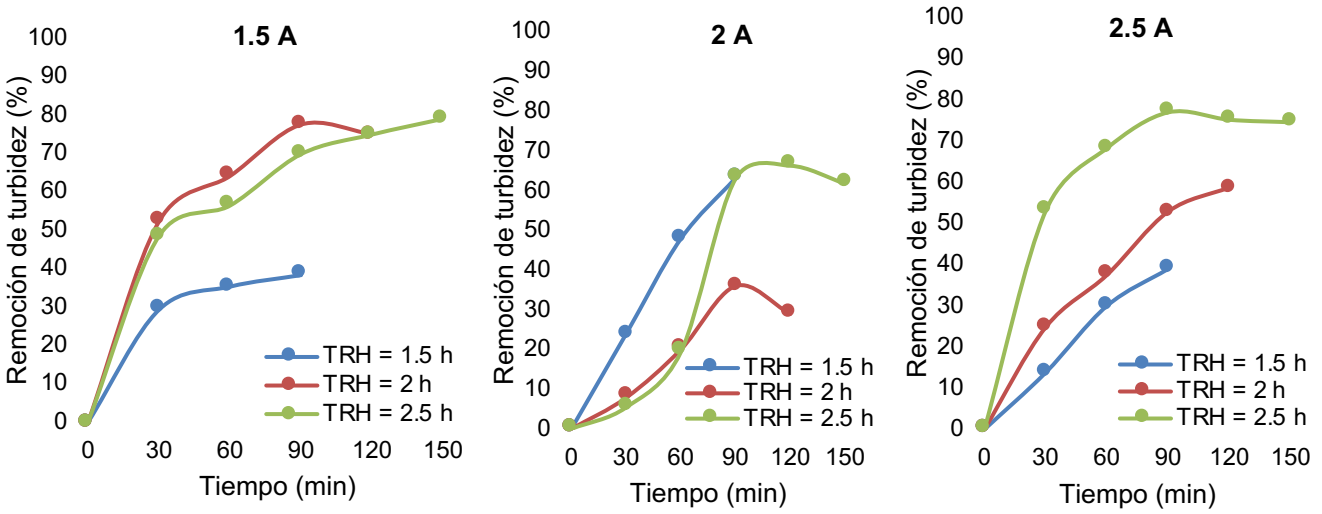


Figura 3. Remoción de turbidez a diferentes intensidades de corriente y TRH; A) 1.5 A, B) 2 A y C) 2.5 A

Comportamiento en la remoción de sólidos suspendidos

El comportamiento de los sólidos suspendidos, mostrado en la Figura 4, fue de un 50.6% promedio cuando se les aplicó una intensidad de corriente de 1.5 A y con un TRH de 2 h. Por otra parte, la remoción promedio obtenida cuando las condiciones de operación; intensidad de corriente de 2 A y un TRH de 2 h fue del 77.1%. Finalmente, se obtuvo un promedio de remoción máxima del 40.5% aplicando una intensidad de corriente de 2.5 A y un TRH de 2 h. Los autores Cogollo y Cárcamo [2017], reportaron que un reactor a nivel escala piloto y diferentes TRH se pueden alcanzar promedios de remoción de hasta el 80% para este tipo de sólidos y de igual manera Elazzouzi y Col. [2018] observaron que sus valores de remoción máximos eran alcanzados a los 30 min de proceso en un reactor tipo batch con eficiencias de remoción de hasta el 86%.

 ISSN 2007-8102

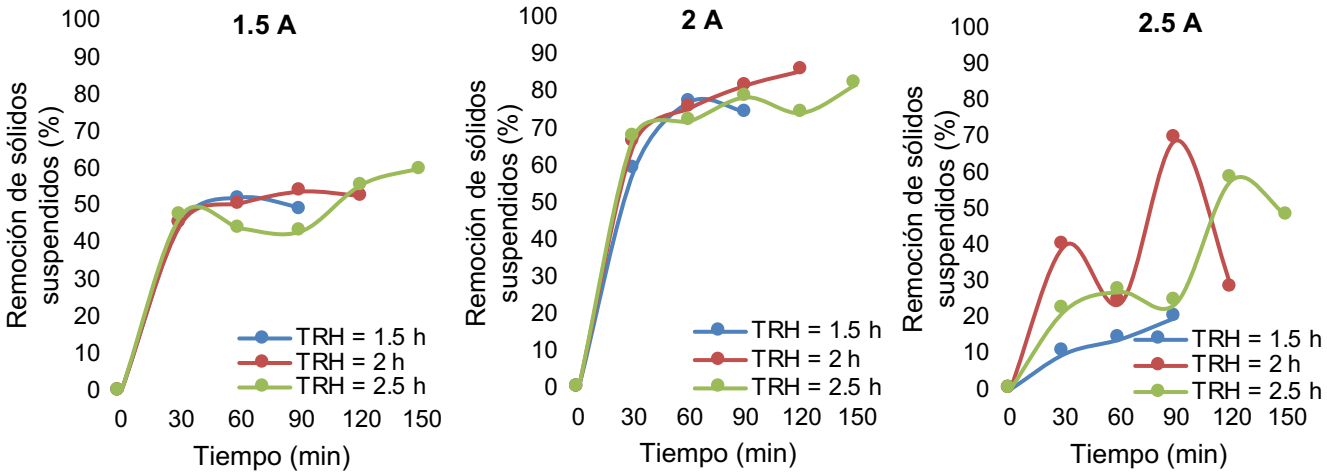


Figura 4. Remoción de sólidos suspendidos a diferentes intensidades de corriente y TRH; A) 1.5, B) 2 A y C) 2.5 A

Comportamiento del pH

El comportamiento del pH expresado gráficamente en la Figura 5, demostró que, durante los experimentos, cuando el valor de intensidad de corriente fue de 1.5 A tuvo variaciones entre 6.8 y 7.1 para los 3 valores del TRH. Mientras que se observó un comportamiento variable del pH con fluctuaciones de entre 6.2 y 7.2 a lo largo de los diferentes valores del TRH cuando se aplicó una intensidad de corriente de 2 A. Por último, se observó una tendencia de aumento con relación al tiempo, partiendo de un valor de 6.75 hasta valores entre los 7.1 y 7.2 cuando fue aplicada una intensidad de corriente de 2.5 A. Autores como Nariyan y Col. [2017], reportaron que el efecto del pH tiende a aumentar con respecto al tiempo. En este estudio se observaron éste y otros comportamientos, haciendo la mención de que el pH se mantiene dentro de la normatividad ambiental.

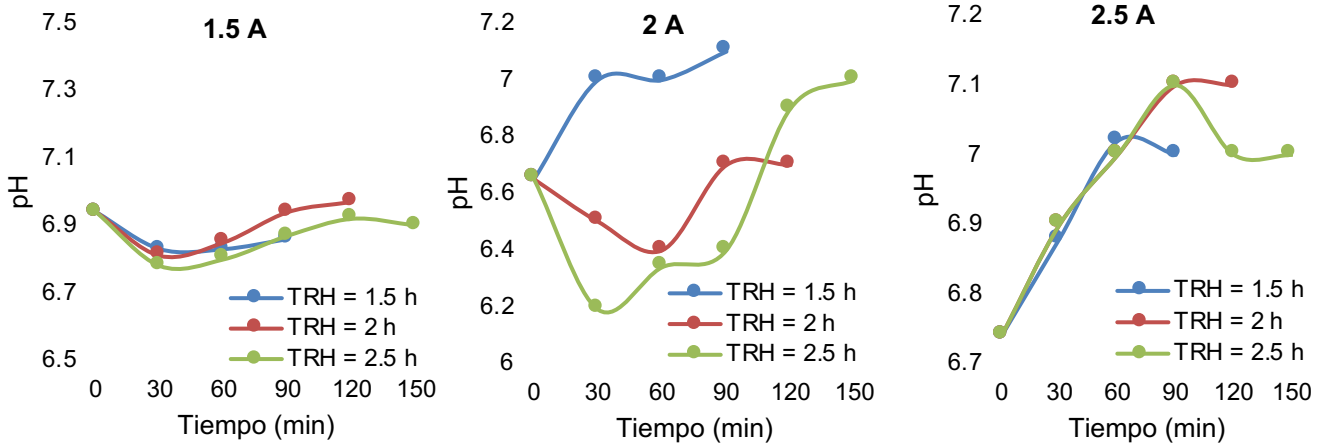


Figura 5. Comportamiento del pH a diferentes intensidades de corriente y TRH; A) 1.5 A, B) 2 A y C) 2.5 A

Comportamiento del oxígeno disuelto

Para el oxígeno disuelto, el cual se muestra gráficamente en la Figura 6, se observó que para las condiciones de intensidad de corriente de 1.5 A y los diferentes TRH no se vieron modificados de gran manera ya que el valor más alto obtenido fue de 2.1 mg/L. Por otra parte, al aplicar una intensidad de corriente de 2 A y un TRH de 2.5 mostró que existe un incremento en la cantidad de oxígeno disuelto aumentando de 2.3 hasta 4.8 mg/L y, por último, se observó un aumento al aplicar una intensidad de corriente de 2.5 A y un TRH de 1.5 h, partiendo de 2.3 hasta 3 mg/L. Nariyan y Col. [2017], reportaron en su estudio que el oxígeno disuelto disminuye drásticamente en relación al tiempo de retención hidráulico. Los valores obtenidos en este estudio, aún considerando a aquellos que aumentaron la cantidad de oxígeno disuelto, siguen estando por debajo del límite especificado por la normatividad el cual es de 8 mg/L como valor mínimo.

 ISSN 2007-8102

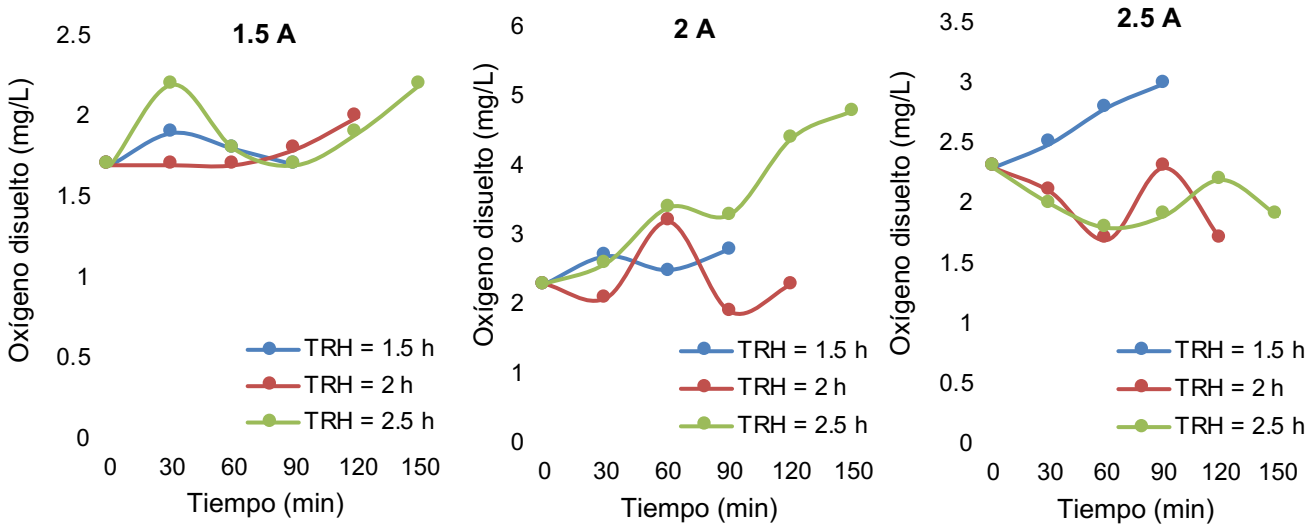


Figura 6. Comportamiento del oxígeno disuelto a diferentes intensidades de corriente y TRH; A) 1.5 A, B) 2 A y C) 2.5 A

Trabajo a futuro

Una vez adquiridos los datos sobre el comportamiento de las remociones de los parámetros estudiados, se realizarán más pruebas bajo el mismo esquema de diseño experimental aplicando ahora una recirculación al tanque con la finalidad (como en otro tipo de reactores), de evaluar la remoción al aplicar esta adaptación y determinar si puedo optimizar las eficiencias de remoción en el reactor. Mientras que, por otra parte, también se estudiará el proceso utilizando diferentes materiales para los electrodos, ya que en este estudio solo se evaluó el material de aluminio. Con esto se buscará definir que materiales son los más ideales al implementar el proceso de electrocoagulación en reactores de tipo Imhoff.

Conclusiones

Los resultados obtenidos para cada parámetro estudiado demostraron valores de remoción cercanos a los reportados por diversos autores, en especial cuando el reactor se operó con una intensidad de corriente de 2 A y un TRH de 2.5 h y considerando que el reactor trabajó en modo de operación continuo, los resultados obtenidos demuestran la factibilidad de aplicar este proceso a un reactor Imhoff para poder aumentar su capacidad de tratamiento. A su vez, el trabajar el reactor en modo continuo nos permitió ver que a pesar de que más del 90% de los estudios se realizan en batch no son los únicos con resultados favorables para la implementación del proceso de electrocoagulación.

Agradecimientos

A la Universidad Veracruzana, a la Facultad de Ciencias Químicas Orizaba, a Hidrosistema de Córdoba y muy en especial al cuerpo académico UV-CA-226 “Estudio integral de ingeniería aplicada”, por el apoyo para la realización del presente estudio.

Referencias

1. Barisci, S., & Turkay , O. (2016). Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid electrode combinations. *Journal of Water Process Engineering*, 55-66.
2. CONAGUA. (23 de mayo de 2016). *NMX-AA-003-1980 Aguas residuales - Muestreo.* Recuperado el 15 de mayo de 2019, de https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-mexicanas-83266
3. Elazzouzi , M., El Kasmi, A., Haboubi, K., & Elyoubi, M. (2018). A novel electrocoagulation processing insulated edges of Al electrodes for enhancement of urban wastewater treatment: Techno-economic study. *Procees Safety and Enviromental Protection,* **(116)**, 506 - 515.
4. Eryuruk, K., Tezcan Un , U., & Bakir Ogutveren, U. (2018). Electrochemical treatment of wastewaters from poultry slaughtering and processing by using iron electrodes. *Journal of Cleaner Production ,* **(172)**, 1089 - 1095.
5. Franco Cogollo , J., & Cárcamo Meza, J. (2017). *Evaluación de la eficiencia de un reactor de electrocoagulación a escala piloto para la remoción de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas residuales.* Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.
6. Kh. , H., M.S. , E., & Elazzouzi, M. (2017). Electrocoagulation floculation as a low-cot process for pollutants removal from urban wastewater. *Chemical Engineerin Research Design,* **(117)**, 614-626.
7. Makwana R., A., & Ahammed, M. M. (2016). Continuous electrocoagulation process for the municipal post-treatment of anaerobically treated municipla wastewater. *Process Safety and Enviromental Protection ,* **(102*)**, 724-733.
8. Mousa, D. T., El-Naas, M. H., Nasser, M., & Al-Marri, M. J. (2017). A comprhensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges . *Journal of Enviromental Management,* **(186)**, 24-41.
9. Nariyan, E., Aghababaei, A., & Sillanpää, M. (2017). Removal of pharmaceutical from water with an electrocoagulation process; effect of various parameters and studies of isotherm and kinetic. *Separation and Purification Technology,* **(188)**, 266-281.
10. Nepo Hakizimana, J., Gourich, B., Chafi, M., Stiribia, Y., Vial, C., Drogui, P., & Naja, J. (2017). Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling process. *Desalination,* **(404)**, 1-21.
11. Tchamango, S., Nanseu-Njiki, C., Ngameni, E., Hadjiev, D., & Darchen , A. (2010). Treatment of dairy effluents by electrocoagulation using aluminium electrodes. *Science of Total Enviroment,* **(408)**, 947-952.
12. UNATSABAR, C. (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización .

Deshidratación de plátano cuadrado (*Musa Balbisiana*, ABB)

*L. L.Velázquez Solís[1], E. E.Suarez Alvarez[1], L. Rojas Blanco[1], G. Pérez Hernández[1], J. G. Alvarez Ramírez[1]**
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 1 carretera Cunduacán-Jalpa, Colonia la Esmeralda, Cunduacán, Tabasco, 86690, México.
**gabriel.alvarez@ujat.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En México se cultiva una amplia gama de variedades de plátanos y su cultivo ocupa el segundo lugar en importancia económica. El objetivo del presente trabajo es determinar la influencia de la temperatura en la cinética de secado del plátano cuadrado (*Musa balbisiana*, ABB). El equipo de secado fue un prototipo de secador de bandejas por convección forzada, las temperaturas de secado fueron 40-70°C, a una velocidad de aire de 0.6 m/s, y un espesor del producto de 0.5 cm. Los resultados obtenidos indicaron que para deshidratar las rodajas de plátano fueron necesarias 5.30 h de secado para 40 °C, 5 h de secado para 50 °C, 4 h de secado para 60 °C y 3 h de secado para 70°C, Los datos derivados de las curvas de secado fueron ajustados a los modelos de Page, Modified Page y Wang and Singh. La difusividad efectiva *(D_f)* del platano varió entre $3.80x10^{-10}$ y $6.33x10^{-10}$ m^2/s.

***Palabras clave**: Secado, Musa Balbisiana, Secador de bandejas, Modelo matemático.*

Abstract

In México, a wide range of banana varieties is cultivated and its cultivation occupies the second place in economic importance. The objective of the present work is to determine the influence of temperature on the kinetics of drying of the square banana (Musa balbisiana, ABB*). The drying equipment was a prototype dryer for trays by forced convection, the drying temperatures were 40-70 ° C, at an air speed of 0.6 m / s, and a product thickness of 0.5 cm. The results obtained indicated that to dehydrate the banana slices, it took 5.30 h of drying at 40 ° C, 5 h of drying at 50 ° C, 4 h of drying at 60 ° C and 3 h of drying at 70 ° C. Data derived from the drying curves were adjusted to the Page, Modified Page and Wang and Singh models. The effective diffusivity (Df) of plantain varied between* $3.80x10^{-10}$ *and* $6.33x10^{-10}$ *m^2/s.*

***Key words**: Drying, Musa Balbisiana, Tray dryer, Mathematical model.*

Introducción

El secado es una de las operaciones más importantes en el procesamiento de alimentos, y se realiza para prolongar la vida útil de los alimentos reduciendo la actividad del agua a un nivel lo suficientemente bajo para inhibir el crecimiento de microorganismos, reacciones enzimáticas y otras reacciones deteriorantes [Mujumdar, 2014]. En el secado de los materiales alimenticios, sigue siendo un reto importante eliminar el agua del material de la manera más eficiente, con un mejor control de la calidad del producto, un impacto mínimo sobre el medio ambiente, menores costos y de operación del proceso. Otro desafío surge del hecho de que muchos materiales alimenticios con propiedades físicas o químicas muy diversas deben secarse a diferentes escalas de producción y con especificaciones de calidad de producto muy diferentes [Mujumdar, 2010].

El plátano es segundo frutal en importancia económica en México. No obstante, las pérdidas por mal manejo y pos-cosecha encarecen el producto por cuál es necesario buscar métodos para conservar y/o aumentar su valor agregado. Recientemente, se han demostrado la conveniencia de procesar el plátano en su estado inmaduro (plátano verde), por sus valiosas características como alimento funcional de gran importancia para la salud, [da Mota y col., 2000; Langkilde y col., 2002]. El plátano verde deshidratado se puede convertir en harina con aplicaciones múltiples en la industria de los alimentos [Pacheco y Testa, 2005]; como es el caso también de la banana madura deshidratada [Daramola y Osanyinlusi, 2005]. Estas aplicaciones son una opción para productores de plátano que ven mermadas sus ganancias por mal manejo pos-cosecha, cambios climáticos y precios bajos por sobre-oferta del producto fresco.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

El plátano cuadrado pertenece a los triploides con genoma Acuminata y Balbisiana pero con dominancia Balbisiana ABB; conocido con diferentes sinónimos como: Topochos, Cuatrófilos, Majoncho, Chamaluco y conocido mundialmente como Bluggoe. Se describe como frutos cortos, de forma cuadrada o que posee un filo en cada lado de la cascara se caracteriza por poseer pulpa compacta, la cascara es bastante gruesa; su consumo es en general utilizando cocción, y en otros países su uso se requiere solamente para proporcionar sombra a otros árboles.

El plátano cuadrado posee una composición muy importante a tomar en cuenta para su consumo y uso, que por lo general se ignoran, este fruto es consumido poco por la población. El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [Menchu y Méndez, 2012] nos da una Tabla de la composición de Guineo Majoncho/Cuadrado.

Metodología

Materiales

Para el secado de plátano cuadrado se construyó un prototipo de deshidratador en condiciones controladas de temperatura, flujo másico de aire y humedad. El cual consiste en una cámara de secado, un calentador y un ventilador regulable de 12 V. La cámara de secado fue construida en acrílico de 0.3*0.4*0.7 m^3 que contiene una bandeja enmallada para colocar el producto. En la parte inferior de la cámara se coloca el calentador que fue construido con alambre nicromel y en la parte superior se inserta el ventilador regulable para impulsar el aire caliente en el producto. El equipo permite controlar las variables del proceso, tales como, la temperatura de bulbo seco y la velocidad del aire. Este prototipo utiliza una balanza digital TORREY L-PCR capacidad para 20 kg y precisión de 5 g.

Preparación de muestras

La materia prima utilizada fue plátano cuadrado, en estado fresco y en buenas condiciones de conservación, fue obtenido de cosechas para conseguirlo en estado verde y buen estado para su proceso, el plátano se cortó de forma circular con un espesor de: 0.5 cm y se determinó el contenido de humedad inicial de 67.9 %, proveniente del municipio de Cunduacán.

Para determinar la humedad en base húmeda, se midió el peso cada 15 min hasta alcanzar la humedad de equilibrio a las condiciones de secado empleadas. Se pesaron 500 g de rodajas de plátano cuadrado para llevarlas a la bandeja del secador y se colocaron en la bandeja de secado de manera horizontal sin tocar los sensores.

Secado de muestras

La evaluación de funcionalidad del prototipo y con el fin de determinar los parámetros óptimos para el secado del plátano cuadrado se definió un diseño experimental factorial, tomando como unidad experimental una bandeja con 500 g de plátano cortado en rodajas y se obtuvieron 4 combinaciones (Tabla 1). El factor considerado fue: un espesor de (0.5 cm), y una velocidad de (0.6 m/s) y cuatro temperaturas (40, 50, 60 y 70 ˚C). Para analizar los datos estadísticos se dispuso del software Origin Pro 8®.

Tabla 1. Diseño de experimental del secado de plátano

Corridas	Espesor (cm)	Velocidad (m/s)	Temperatura (ºC)
1	0.5	0.6	40
			50
			60
			70
2	0.5	0.6	40
			50
			60
			70
3	0.5	0.6	40
			50
			60
			70

 ISSN 2007-8102

Modelo matemático

Para iniciar con el proceso de deshidratado del plátano cuadrado, la cámara de secado se enciende media hora antes del proceso para estabilizar la temperatura a la cual será requerida.
Una vez estabilizada la temperatura, las muestras son colocadas en la bandeja de la cámara de secado, momento que inicia el proceso.

La Tabla 2 muestra las expresiones de los modelos seleccionados: Page (Ec.1), Page modificado (Ec.2), Wang and Singh (Ec.3) y el modelo de Fick (Ec.4). En estos modelos, la variable dependiente es MR la cual representa la relación de humedad $(MR = \frac{M}{M_0})$.

Tabla 2. Modelos Matemáticos Utilizados

Modelo	Ecuación	No. De ecuación
Page	$MR = exp(-kt)$	(1)
Page modificado	$MR = exp(-kt^n)$	(2)
Wang and singh	$MR = 1 + at + bt^2$	(3)
Fick	$\frac{w-w_e}{w_0-w_e} = \frac{8}{\pi^2}\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} exp[-(2n-1)^2 \frac{\pi^2 D_{ef} t}{4L^2}]$	(4)

Resultados y discusión

La determinación de la humedad inicial se realizó según la norma NMX-F-083-1986. Se llevaron a cabo tres repeticiones.

El contenido de humedad de las rodajas de plátano antes del secado fue calculado con la técnica gravimétrica obteniéndose un resultado del 70%. La Figura 1 muestra la variación del contenido de la humedad del plátano en rodajas en función del tiempo de secado, para las cuatro temperaturas 40, 50, 60 y 70°C del aire de secado utilizado. La razón de humedad (MRdb) fue calculada a partir de la humedad en base seca.

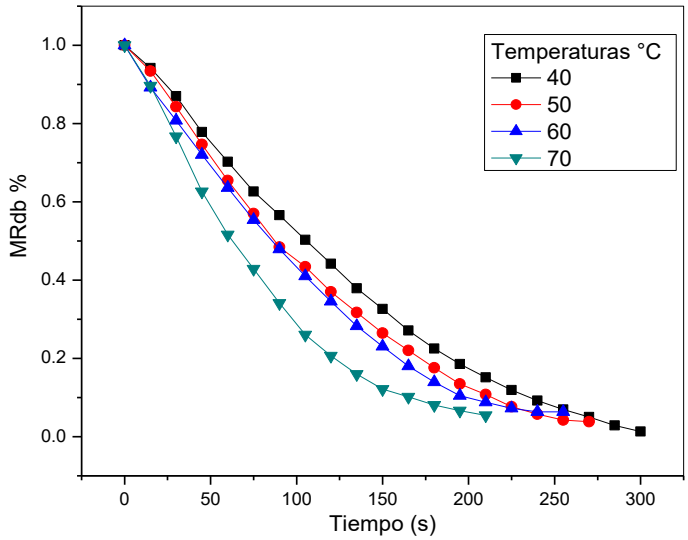


Figura 1. Curvas de secado del plátano para las temperaturas.

Analizando las curvas de secado en la Figura 1, se puede observar que la cinética fue influenciada por la temperatura y que al utilizar temperaturas más elevadas redujo apreciablemente el tiempo necesario para secar

las rodajas de plátano. Esto se debe a que las temperaturas elevadas del aire producen mayores flujos de secado [Holdsworth, 1986], lo que significa que para un mismo tiempo de proceso, cuanto más elevada sea la temperatura del aire, mayor será la velocidad del secado.

Fue observado que para deshidratar las rodajas de plátano con humedad de aproximadamente 10%, fueron necesarias 5.30 h de secado para 40 °C, 5 h de secado para 50 °C, 4 h de secado para 60 °C y 3 h de secado para 70°C, lo que nos lleva a concluir que sería más factible hablando económicamente deshidratar el plátano a una temperatura de 70 °C con lo cual serían necesarios estudios para así poder evaluar la posible pérdida de nutrientes al usar esta temperatura.

Las Tablas 3 y 4 muestran los valores de los diferentes parámetros para los modelos de Fick, Page, modified Page y Wang and Singh respectivamente, obtenidos para nuestros datos experimentales de secado del plátano a diferentes temperaturas. El coeficiente de difusividad (Def) es el valor que engloba los efectos de todos los fenómenos que pueden intervenir en la pérdida de agua y su valor es calculado siempre a través de modelo matemático ajustando los valores experimentales.

Tabla 3. Parámetros para los modelos de Page, modified page y Wang and Singh

Temperatura (°C)	Parámetros del modelo PAGE		
	K	n	R^2
70	0.01186	1.25049	0.99955
60	0.00242	1.2802	0.99755
50	0.001	1.324	0.99854
40	0.0011	1.3902	0.99728
Parámetros del modelo modificado de PAGE			
	K	n	R^2
70	0.00389	1.25165	0.99955
60	0.009	1.283	0.99755
50	0.00852	1.3278	0.99855
40	0.0075	1.3966	0.99729
Parámetros del modelo WANG AND SINGH			
	a	b	R^2
70	-0.00935	$2.33134\ 10^{-5}$	0.99822
60	-0.00704	1.29675×10^{-5}	0.9991
50	-0.00651	1.07937×10^{-5}	0.99851
40	-0.0056	7.63438×10^{-6}	0.99854

La difusividad varía conforme cambia las condiciones de secado (temperatura y velocidad del aire), no es intrínseca al material. A través de la Figura 1 y la Tabla 4 se puede verificar que el modelo difusional de Fick, fue capaz de predecir la cinética del secado de manera satisfactoria. De la Tabla 3, se puede notar también que para mayores temperaturas de secado mayores son las velocidades del secado, de esta manera, el aumento de la temperatura favoreció la transferencia de masa y como consecuencia el aumento de la difusividad efectiva. La Figura 2 se puede observar que la ecuación de Page, modified page y wangandsingh se ajusta bien a los datos experimentales, como confirmado por el valor del R^2 de la Tabla 3, pudiendo por tanto, ser utilizada en la representación de las curvas de cinética de secado del plátano.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Coeficientes de Difusión para el modelo Fick

Temperatura (°C)	$D_{ef\left(\frac{m^2}{s}\right)(\times 10^{-10})}$	R^2
70	6.33254	0.99754
60	5.06604	0.97404
50	4.64387	0.97286
40	3.80	0.97384

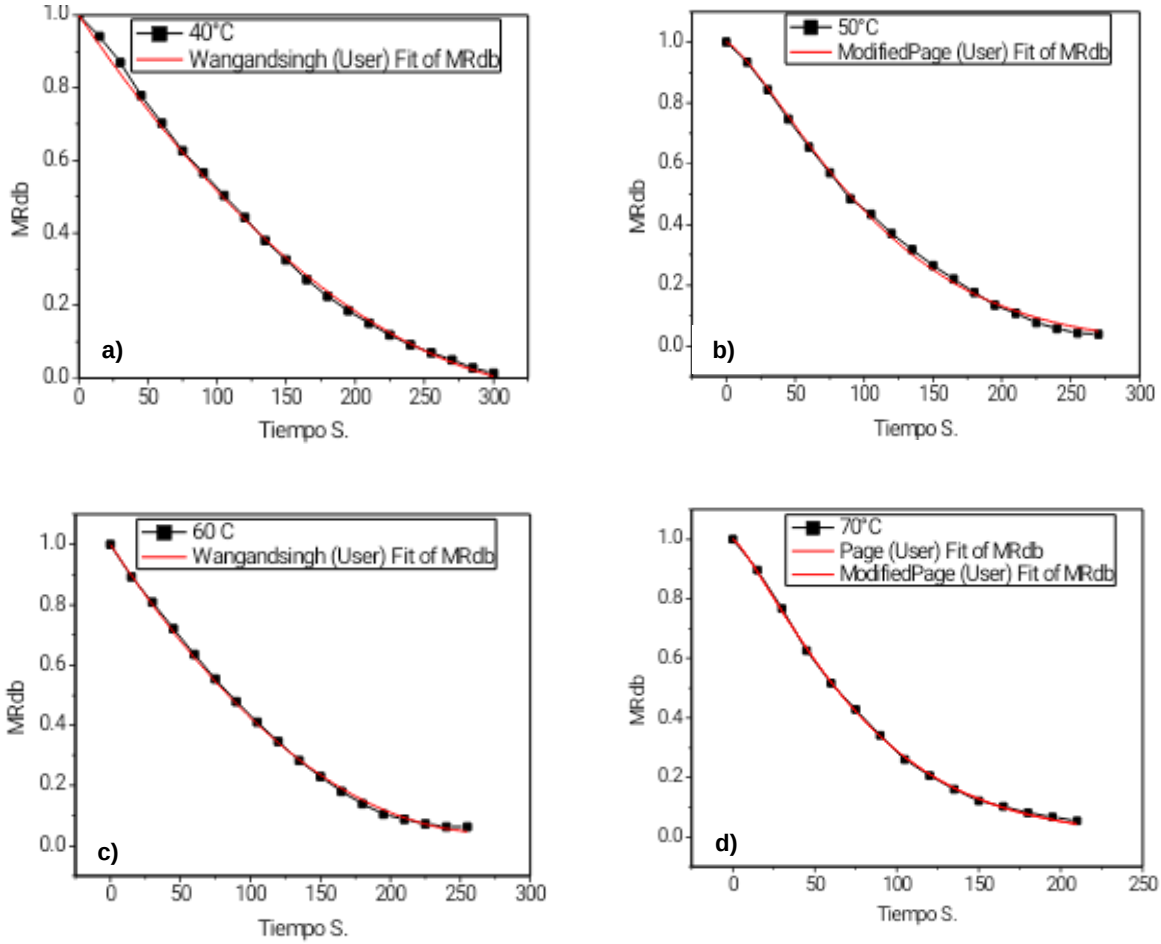


Figura 2. Curvas de secado a diferentes temperaturas en función del tiempo (datos experimentales y modelados). a) 40°C, b) 50°C, c) 60°C y d) 70°C

Microscopia electrónica de barrido (SEM)

La Figura 3 muestra las imágenes de los gránulos de almidón de plátano obtenidas por el microscopio electrónico de barrido. La forma de los gránulos de almidón depende de la fuente botánica, el grado de maduración del fruto y la fisiología de la planta, se encuentran en la naturaleza en diferentes formas y tamaños. Algunos autores [Quintero Castaño, 2013] han reportado que el tamaño del granulo de almidón tiene una influencia sobre las propiedades funcionales. Mientras más pequeños sean los gránulos, mayor es su digestibilidad y son

considerados más resistentes a procesos con altas temperaturas como la esterilización. El tamaño del granulo del almidón de plátano cuadrado se encuentra alrededor de 24.17 µm, tal como se puede observar de las micrografías de la Figura 3, Se pueden apreciar que los gránulos presentan mayormente formas irregulares, en algunos casos ovalados alargados. Se encuentran diferentes tamaños de gránulos, los pequeños tienen un promedio de 8.45 µm, los medianos de 27.62 µm y los grandes alcanzan un promedio de 36.46 µm.

El tamaño de estos valores coinciden con otros reportes del tamaño del granulo de plátano [Espinosa, 2008].

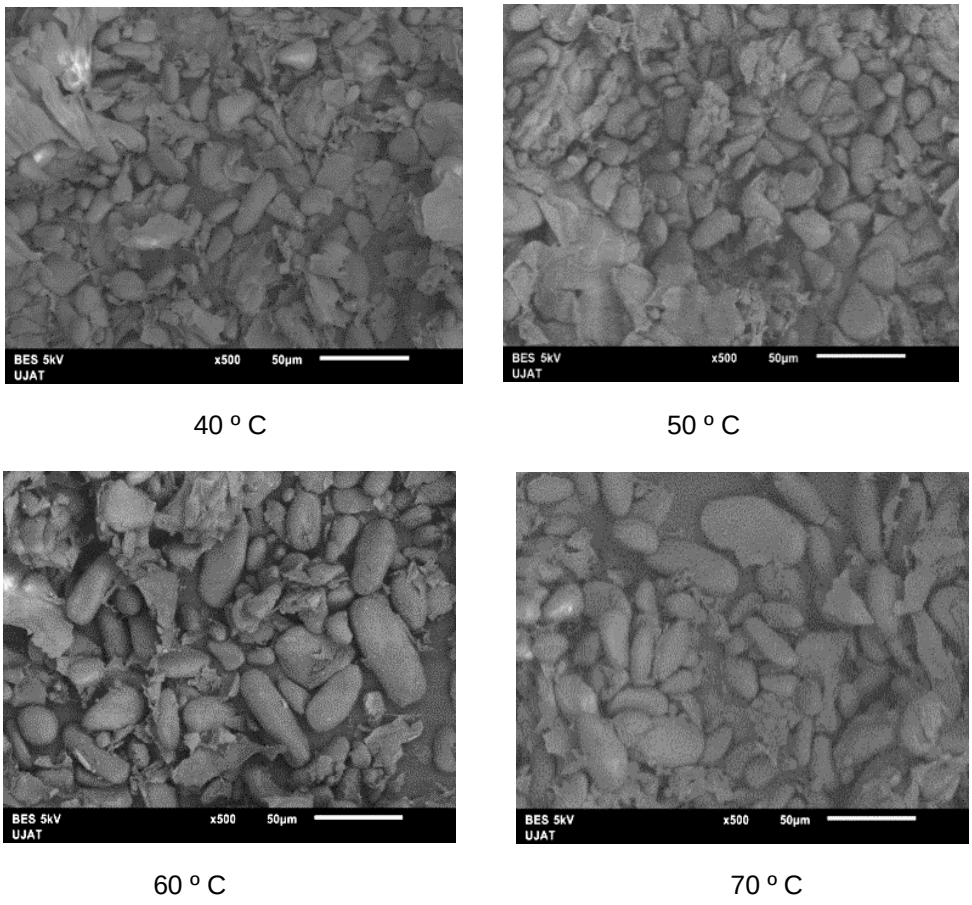


Figura 3. Micrografías SEM de almidón de plátano cuadrado (*Musa balbisiana*, ABB) deshidratadas a diferentes temperaturas: a) 40 º C, b) 50 º C, c) 60 º C, d) 70 º C.

Trabajo a futuro

Los trabajos realizados cumplieron con los objetivos planteados, sin embargo, a partir de nuestros estudios se aperturarón nuevos retos técnicos. Una de estas es aprovechar las valiosas características que posee el plátano como alimento funcional de gran importancia para la salud. Se puede convertir el plátano deshidratado en harina con aplicaciones múltiples en la industria de los alimentos, tales como para bebidas de horchata de plátano, harina para galletas etc.;
Este proyecto podría continuar de igual manera realizando un estudio detallado para evaluar el comportamiento de nutrientes al usar una temperatura de secado de 70°C, que podría ser factible debido a que proporcionaría un tiempo de secado más cortó en este producto.

Conclusiones

Se instrumentó un prototipo que permitió estudiar la cinética de secado de plátano cuadrado en condiciones controladas de temperatura y velocidad de aire. La determinación del contenido de humedad durante el proceso de secado se realizó en todos los casos por la técnica gravimétrica, basado en la diferencia de peso debido a la

pérdida de humedad evaporada. La humedad del plátano se obtuvo al cortar partes del producto hasta tener una masa de 2 g para ser sometido al horno por 1:15 h. Se hicieron los cálculos necesarios y se obtuvo una humedad del plátano cuadrado de 70 %. Además las curvas de secado dependen de las condiciones de humedad relativa, temperatura y velocidad del aire empleado.

Al comparar las cinéticas de secado del plátano cuadrado en rodajas, podemos concluir que la cinética del secado fue influenciada fuertemente por las diferentes temperaturas del aire de secado utilizadas, la utilización de temperaturas menores nos condujeron a tiempos muy prolongados de secado para obtener plátano cuadrado con bajos valores de humedad. Los modelos de Fick, de Page, Modified Page y Wang and Singh describieron satisfactoriamente los datos experimentales del proceso de secado.

Referencias

1. Da Mota, R., Lajolo, F., Ciacco, C., and Cordenunsi, B. (2000). Composition and functional properties of banana fluor from different varieties. *Wiley online library*, Starch **52 (2-3),** 63-68.
2. Daramola, B., & Osanyinlusi, S. (2005). Production, characterization and application of banana (Musa sp) flour in whole maize. *African Journal of Biotechnology.* **5 (10)**, 992-995.
3. Espinosa, V-S. (2008). Estudios estructurales del almidon de fuentes no convencionales: mango(mangifera ìndica L) y platano (musa paradisiaca L.). Tesis de maestría. Instituto politécnico nacional. Yautepec, Morelos, México.
4. Holdsworth, S. (1986). Advances in the dehydration of fruits and vegetables. In: Maccarthy.(ed) Concentration and drying of food. *Elsevier Science Publisher*, 293-303.
5. INCAP (2012). Tabla de composicion de alimentos de centroamerica 2da edición. Menchu M.T.(ed), Méndez H.(ed) Guatemala: Serviprensa,S.A.
6. Langkilde, A. M., Champ, M., & Andersson, H. (2002). Effects of high-resistant-etarch banana flour (RS2) on in vitro fermentation and the small-bowel excretion of energy, nutrients and sterols: an ileostomy study. *The American Journal of Cinicall Nutrition* **75 (1)**, 104-111.
7. Mujumdar A.S, Chen H.H, Law C.L. (2014). Food Technologies: Drying. *Encyclopedia of Food Safety*,Academic Press, 156-167.
8. Mujumdar, A. S. and Wu Z.H. (2010). Thermal dryinng technologies: new developments and future R y D potential. *5th international conference on heat transfer, Fluid mechanics and thermodynamics sun city, South Africa Paper number: K3.*
9. Pacheco D.E., Testa, G. (2005). Evaluacion nutricional, fisíca y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Interciencia* **30 (5)**, 300-304.
10. Quintero Castaño, V. D. (2013). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto Determination of Thermal Properties and Compositional Flour and Starch Chachafruto (Erytrina Edulis Triana ex Micheli). *Ingenium Revista de La Facultad de Ingenieria* **28**, 16–32.

Influencia de la velocidad de aire y temperatura en el encogimiento del chícharo por secado

F. Caballero [1], L. R. González[2], G. Ramírez Dámaso[3], M. G. Vizcarra Mendoza[4], B. E. García Rojas[1]*
[1]Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza C. II UNAM, Batalla 5 de mayo s/n, Col. Ejército de Oriente, C.P. 09320, Iztapalapa CDMX, México.
[2] Div. De Ingeniería Química y Bioquímica Tecnológico de Estudios Superiores. de Ecatepec Av. tecnológico S/N, Valle de Anáhuac. CP. 55210. Ecatepec de Morelos EDOMEX. México.
[3] Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, IPN, Av. Ticomán No. 600, Col. San José Ticomán, CP. 07330. G.A. Madero, CDMX. México.
[4] Div. De C. Básicas e Ingeniería Universidad Autónoma Metropolitana, Av. san Rafael Atlixco 186 Col. Vicentina, CP. 09340. Iztapalapa, CDMX. México.
**pchorras@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En este estudio se utilizaron granos de chícharo (*Pisum sativum*) para analizar su encogimiento en un secador de lecho fluidizado; dos variables independientes fueron propuestas, la velocidad de aire y la temperatura de alimentación al secador. Se generaron curvas de humedad y temperatura que permitieron observar que las temperaturas altas favorecen el encogimiento, sin embargo, el encogimiento es más pronunciado a bajos flujos, la explicación de este comportamiento es el aumento del tiempo de residencia en flujos menores de aire. Aunque el chícharo utilizado fue escaldado con el fin de preservar sus propiedades, al momento se requiere de un análisis complementario para concluir esta última afirmación. Las temperaturas de operación empleadas fueron 40, 50 y 60 °C respectivamente, mientras que los flujos de aire fueron establecidos como 1.5Umf, 1.8Umf y 2Umf, donde Umf es la velocidad mínima de fluidización cuyo valor experimental obtenido fue de 1.3 m/s.

***Palabras clave**: Chícharo* (*Pisum sativum*), *secador de lecho fludizado, curvas de secado, velocidad mínima de fluidización*

Abstract

In this study, peas grains (Pisum sativum) were used to analyze their shrinkage in their processing in a fluidized bed dryer; two independent variables were proposed, the air velocity and the feed temperature. Moisture and temperature curves were generated which allowed to observe that the high temperatures favor the shrinkage. However, the shrinkage is more pronounced at low flows, the explanation for this behavior is the increase in residence time in lower airflows. Although the peas used were scalded in order to preserve their properties, a complementary analysis is required to conclude this last statement. The operating temperatures used were 40, 50 and 60 °C respectively, while the airflows were established as 1.5Umf, 1.8Umf and 2Umf, where Umf is the minimum fluidization velocity, the experimental value obtained was 1.3 m/s.

***Key words**: pea drying, fluidized bed, drying curves, minimum fluidization velocity.*

Introducción

El secado es un proceso simultáneo de transferencia de masa y energía, en el cual se emplea calor para evaporar la humedad, la cual a su vez se remueve de la superficie del sólido, por medio de un agente externo (aire). En términos generales, el proceso de secado de un sólido puede presentar dos periodos de secado, uno a velocidad constante y el otro, a velocidad decreciente, lo cual dependerá del mecanismo que lo controla [Geankoplis, 2003].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

El periodo de velocidad constante de secado se observa en productos donde la resistencia interna al transporte de humedad es menor que la resistencia externa para remover el vapor de agua de la superficie del producto. Lo anterior significa abundancia de agua libre en el producto a secar y se puede tratar como si el sólido no existiera. En el periodo de velocidad decreciente la superficie de la partícula a secar no está cubierta por una capa de agua, porque la resistencia interna a la humedad es mayor que la resistencia externa, esto trae como consecuencia una disminución de la velocidad de secado durante el curso del proceso. Otra característica importante es la existencia de un gradiente de humedad dentro del producto. Esto limita el proceso de secado y es típico en granos semillas y cereales. En Chicharos por ejemplo existe una disminución del volumen del grano y depende de la humedad eliminada [Ruíz-Sánchez, 2014].

Dentro de las propiedades del chícharo, los prebióticos galacto-oligosacáridos, incluyendo rafinosa, estaquiosa y verbascosa compuesto por entre 3, 5 y 6,9% de las legumbres cocidas (peso seco). Por otra parte, los péptidos bio activos contienen comúnmente 3-20 aminoácidos por péptido con secuencias inactivas dentro de grandes proteínas que se liberan cuando la proteína matriz es hidrolizada por las enzimas digestivas (in vitro e in vivo), por las enzimas microbianas, o durante el procesamiento de alimentos [Dahl col. 2012]. La hidrólisis enzimática de las proteínas es un enfoque utilizado para liberar péptidos bio activos y se aplica ampliamente para mejorar las propiedades funcionales y nutricionales de las fuentes de proteínas [Ochoa Pachas, 2017]. La actividad biológica de un péptido es ampliamente reconocida y pueden utilizarse en la formulación de alimentos funcionales y nutracéuticos para evitar daños relacionados con el estrés oxidativo en condiciones de enfermedades humanas.

En este trabajo se presenta un estudio de la influencia de la velocidad del aire y la temperatura del secado sobre el encogimiento del chícharo, se desea determinar las condiciones que aumentan el encogimiento de este grano, con miras a evaluar la actividad funcional de los componentes que permiten clasificarlo como prebiótico.

Metodología

Preparación del grano de chícharo

En este estudio se utilizó chícharo (*Pisum sativum*) en vaina, se desenvainó. Después, se almacenó en bolsas herméticas (Ziploc) y se refrigeró a una temperatura de 5°C durante 24 horas para homogenizar su contenido de humedad [Honavar col. 2013].

Como fue mencionado anteriormente, los microorganismos influyen en la conservación de los alimentos, una manera de inhibir la actividad enzimática es el escaldado, tratamiento térmico que consistió en exponer los granos de chícharo en un baño de agua (95°C) durante tres minutos. Posteriormente se enfrió súbitamente en agua a 25°C.

Descripción del secador

La Figura 1 muestra al secador (h) el cual consiste en una columna cilíndrica de acrílico de 0.095 m de diámetro interno y 0.90 m de altura, Incluye un distribuidor de diámetro externo de 0.092m y 85 orificios circulares de 0.002 m de diámetro interno, distribuidos en arreglo triangular (Pitch=10 mm). El aire utilizado se alimenta al secador mediante una tubería de acero al carbón de 0.0508 m de diámetro interno, pasa primeramente a una trampa de humedad (a) y se regula con una válvula de aguja (b). Mediante un panel de control automático (g) se controlan las resistencias eléctricas (f) que calientan el aire que se alimenta al secador, el cual tiene una válvula (d) que permite regular el flujo de aire alimentado que se cuantifica con un rotámetro FLOW CELL (e, 0-25 pie^3 SCFM) ubicado sobre la tubería antes de la sección de calentamiento.

.

Determinación de la velocidad Mínima de Fluidización

Se cargó la masa escaldada (700 grs.) de chícharo, y se abrió lentamente la válvula ubicada en la base del difusor hasta registrar una graduación del rotámetro, inmediatamente se leyó la altura en el manómetro, realizando los registros respectivos. La prueba descrita anteriormente se realizó también con el secador vacío. De este modo se generaron 2 tablas una con datos del secado vacío y la otra con el secador con la cantidad de chícharo. La forma de obtener la velocidad mínima de fluidización es mediante la resta de la caída de presión con chícharo y la lectura de presión con el secador vacío, dicha resta a velocidad constante. Este procedimiento se realizó para cada punto registrado. Finalmente con la información generada se realiza la gráfica de Caída de Presión (resta mencionada) vs. Velocidad del aire.

 ISSN 2007-8102

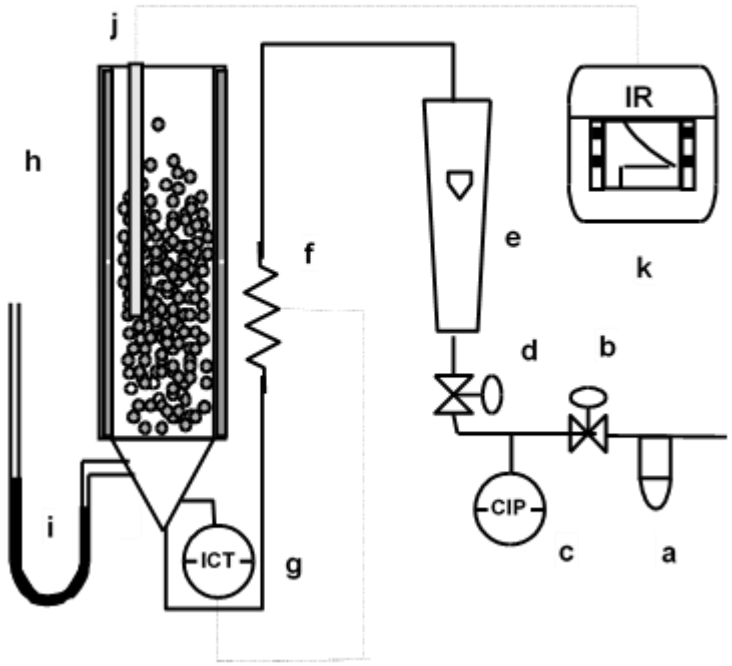


Figura 1. Instalación del lecho fluidizado.

Generación de las curvas de secado

Una vez que el termómetro marcó que el aire se encontraba en la temperatura de operación (50, 60 y 70°C) y determinado el flujo de aire (1.5Umf, 1.8Umf y 2 Umf), se agregaron de manera instantánea 700 grs. de chícharo (*Pisum sativum*). A diferentes intervalos de tiempo fueron extraídas muestras para determinar su humedad de modo que fueron pesadas y posteriormente conducidas a una estufa de convección mod. HFC-48 (RSU Labsupply) por un periodo de 1 día. Una vez conocida la masa seca se determinó la humedad basada en su definición [Ruíz-Sánchez, 2014].

La temperatura se determinó empleando una *memoria Data logger* colocada en la salida del secador para determinar la humedad en el aire y la temperatura de lecho, la información obtenida se vació directamente a una computadora. De manera simultánea en los intervalos de tiempo discutidos anteriormente diferentes semillas fueron extraídas para determinar su diámetro con la ayuda de un vernier.

Resultados y discusión

Determinación de la velocidad mínima de Fluidización

De acuerdo Figura 2 se observa primeramente una etapa donde cambios grandes de velocidad no provocan un aumento considerable de presión, en estas condiciones el aire percola las partículas de chícharo porque el flujo no es capaz de mover al sólido, posteriormente hay una relación proporcional entre la velocidad y la caída de presión, en estas condiciones el aire empieza a mover los sólidos. Finalmente se observan aumentos en la velocidad a partir de un punto que provoca el cambio de pendiente; en este valor de umbral, se encuentra la velocidad mínima de fluidización (Umf), Sí introdujéramos un objeto, el lecho no ofrecería resistencia y por esta razón se modifica en forma libre, esta puede ser una prueba complementaria del valor Umf, también se caracteriza porque ya no provocan grandes caídas de presión, esto es porque el chícharo se encuentra totalmente suspendido, en general una vez aumentada la velocidad se realizan disminuciones de flujos hasta cerrar el flujo totalmente. En este caso se realizó este procedimiento, pero no se encontró una diferencia sustancial, los puntos presentes proviene del promedio de tres corridas realizadas. El valor de la velocidad mínima de fluidización [Kunni

 ISSN 2007-8102

y Levenspiel, 1991] fue de Umf=1.3 m/s. Se requiere un valor mayor a Umf para mantener una buena transferencia de masa y energía.

Por este motivo es esencial determinar el valor Umf y a partir de este conocimiento, se seleccionaron tres velocidades de aire basados en la Umf. La Tabla I muestra estas condiciones las cuales se manejaron a lo largo de la experimentación.

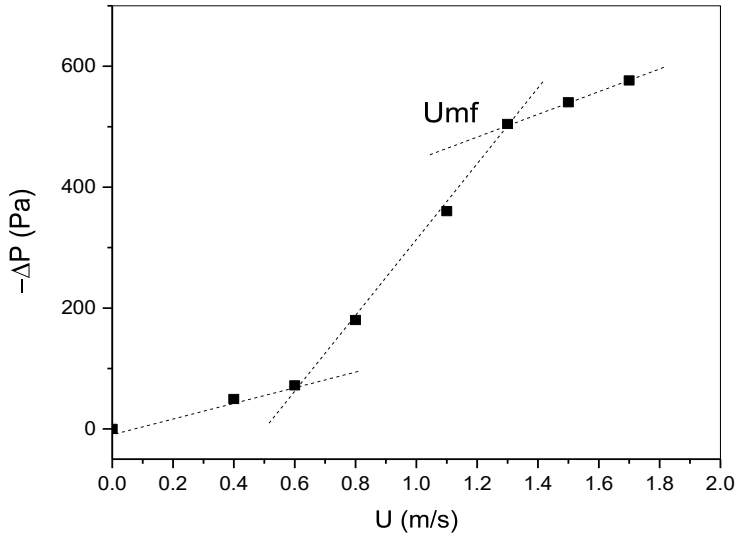


Figura 2. Caída de presión versus velocidad de aire. El valor mínimo de fluidización se establece en 1.3 m/s

Tabla 1. Selección de los valores de velocidad de aire basados en la velocidad Mínima de fluidización.

Valor de la velocidad (m/s)	Relación [U/Umfr]
1.9	1.5
2.3	1.8
2.6	2.0

Curvas de Secado.

La Figura 3 muestra en conjunto las corridas experimentales realizadas al chícharo a tres diferentes temperaturas y tres niveles de velocidad, se observa que la humedad al inicio son aproximadamente 4 (kg de agua/ kg de sólido seco) y un diámetro de 9 mm. En particular, es posible observar que existen los 2 periodos de secado. A tiempos cortos es posible observar que la disminución de humedad puede expresarse como una línea recta, este es el típico comportamiento de secado por convección y se presenta cuando los granos tienen exceso de humedad; el agua se evapora sin sentir el efecto del sólido a secar. Este periodo se mantiene en los primeros 30 minutos de proceso.

El segundo periodo se presenta a medida que se pierde la humedad, ya que cada vez será más difícil eliminar el agua pues ya no se encuentra en la superficie y se requiere mucha energía para extraerla del interior, esto es típico para la difusión [Geankoplis, 2003].

 ISSN 2007-8102

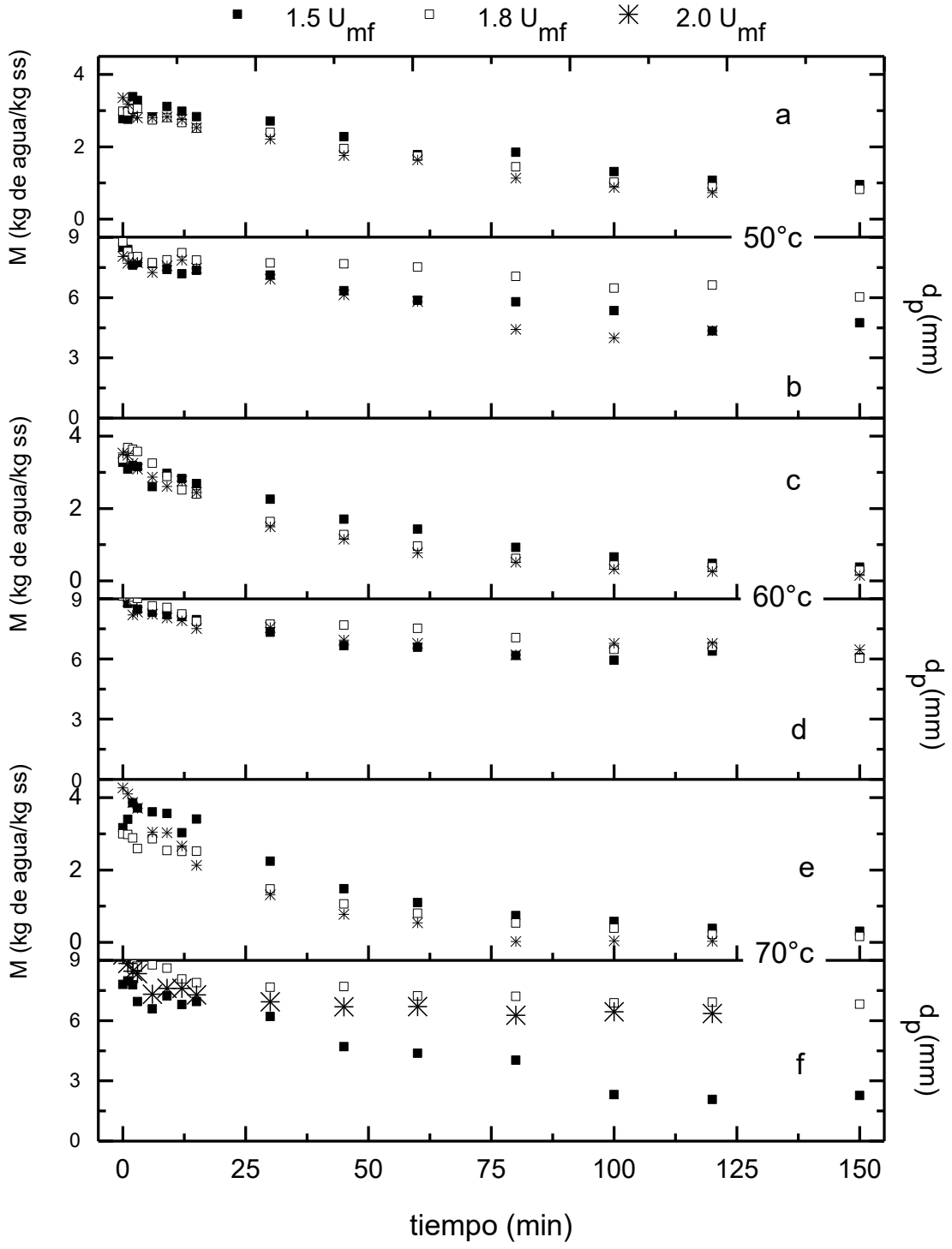


Figura 3. Curvas de secado mostrando el contenido de Humedad (3a, 3c y 3e) el diámetro (3b, 3d y 3f), a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C respectivamente, los símbolos están asociado a las tres velocidades de alimentación del aire.

 ISSN 2007-8102

Otra forma de comprobar el secado por difusión es que no existe una gran diferencia en el secado por diferentes velocidades, excepto para la temperatura de 70 °C y la velocidad de fluidización de 1.5Umf, es decir la menor velocidad de alimentación al secador.

Del encogimiento de volumen.

Se estudiaron tres velocidades de aire alimentado al secador y se observa que la disminución del diámetro no se ve afectada en las temperaturas de 50 y 60 °C respectivamente, además, en 50 °C (Fig. 3b) la disminución del diámetro no es uniforme quizás el mezclado todavía no es uniforme**,** comparado con el comportamiento mostrado en la Fig. 3d, donde la disminución de los diámetros para las tres velocidades es muy similar y llegan aproximadamente a 6 mm. A la temperatura de 70 °C, las dos velocidades mayores muestra un diámetro final similar de 6mm, sin embargo, para la velocidad menor (identificada por los cuadros obscuros Fig. 3f) el diámetro final cae hasta 2.2 mm aproximadamente. Si analizamos este fenómeno a partir del tiempo de residencia se obtiene un efecto consistente pues a menor velocidad de alimentación el tiempo de residencia es mayor, por tanto, existe un mayor contacto entre el fluido y el sólido permitiendo una disminución gradual del diámetro. La figura 4. Muestra el chícharo antes y al final del procesamiento. A menores tiempos de residencia las muestras conservan su color.



a **b**

Figura 4. a) chícharo escaldado utilizado en el secado en lechos fluidizados. b) muestras tomadas a lo largo del secado a 70 °C. La primera fila (izquierda) corresponde a la menor velocidad de flujo es posible apreciar que su diámetro es menor comparada con la segunda y tercera fila de muestras, que corresponden a las velocidades de 1.8 Umf y 2 Umf respectivamente.

Trabajo a futuro

Como fue establecido anteriormente, evaluar si los granos de chícharo mostraron deterioro en su composición interna es un trabajo que debe considerarse en el futuro. Asimismo, el establecer un modelo que permita validar los datos del presente reporte.

Conclusiones

El secado en el interior del grano de chícharo se encuentra dominado por el fenómeno de difusión, por tanto se requieren tiempos de procesamiento largos, en la mayoría de los casos no se observa un efecto significativo con el aumento de la velocidad en el lecho fluidizado. Sin embargo, a la temperatura de 70°C, la disminución del diámetro y la humedad son más eficientes a flujos bajos, esto debido a que, para estas condiciones, se incrementa el tiempo de residencia. El presente estudio no contiene reportes sobre el posible daño de los componentes biológicos que contiene el chícharo por el calentamiento o choque térmico. Estudios adicionales deben realizarse para considerar esta característica con el fin de asegurar que las sustancias que proporcionan las propiedades funcionales sean preservadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen los recursos financieros otorgados para el desarrollo del presente trabajo, en particular a los programas UNAM-DGAPA-PAPIIT IA106518 y UNAM-DGAPA-PAPIIT TA100919

Referencias

1. Geankoplis C. J. (2003). Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations) 4nd edition. Prentice Hall. *J. Membrane Sci.* **(266)** 102-108. U.S.
2. Dahl, W., Foster, L., & Tyler, R. (2012). Review of the health benefits of peas (Pisum sativum L.). British Journal of Nutrition, 108(S1), s3-s10.
3. Ochoa Pachas k. g. (2017) Hidrólisis enzimática en una y dos etapas de la proteína de la *cañihua Chenopodium pallidicaule Aellen*, para obtener péptidos bioactivos. Tesis para la obtención de Maestría en ciencias en tecnología de alimentos, Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú
4. Honarvar, B., Mowla, D., & Safekordi, A. A. (2013). *Experimental and Theoretical Investigation of Drying of Green Peas in a Fluidized Bed Dryer of Inert Particles Assisted by Infrared Heat Source*. *Iran. J. Chem. Chem. Eng. 32*(1). 83-94.
5. Ruíz-Sánchez A. (2014) Efecto en el encogimiento del sólido en la hidrodinámica de un secador de lecho fluidizado. Tesis para la obtención de maestría en ciencias en ingeniería química, UAM Iztapalapa, México
6. Kunni D., Levenspiel O. (1991). Fluidization engineering, 2nd edition, Butterworth-Heinemann U. S.

Efecto de la a_w sobre la viabilidad celular de *Lactobacillus rhamnosus* secado por aspersión

K. P. Alfonso Lopez[1], M. P. Rascón Diaz[1], E. Méndez Bolaina[1], E. Flores Andrade[1], E. Bonilla Zavaleta[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prol. Oriente 6 No. 1009, Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México
**enbonilla@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Quìmica*

Resumen
En el presente trabajo *Lactobacillus rhamnosus* fue encapsulado en una emulsión doble adicionado con miel y otra sin miel para protegerlo de temperaturas altas durante el proceso de secado por aspersión. Las microcápsulas obtenidas fueron almacenadas en un intervalo de a_w de 0.115 a 0.846 a una temperatura de 45 °C. Se evaluó el efecto que causa la miel en la encapsulación del microorganismo sobre la viabilidad celular durante un almacenamiento de cinco semanas. Se observó que las microcápsulas con miel tienen una carga microbiana de $1x10^7$ UFC/g en una a_w de 0.765, la cual es mayor comparada con las microcápsulas sin miel en el intervalo de a_w de 0.654 a 0.846 ya que no existe presencia del microorganismo. Las micrografías muestran que la adición de miel modifica la estructura de las microcápsulas provocando que al secarse por aspersión la superficie sea más irregular notándose hundimientos en la capa, en comparación a las microcápsulas sin miel.

***Palabras clave**: secado por aspersión, Lactobacillus rhamnosus, micrografías, microcápsulas.*

Abstract
In the present work Lactobacillus rhamnosus was encapsulated in a double emulsion a) added with honey and b) without honey to protect it from high temperatures during the process of spray drying. The obtained microcapsules were stored in an a_w range from 0.115 to 0.846 at a temperature of 45 ° C. It was analyzed the effect that honey causes in the encapsulation of the microorganism on cell viability during a storage of five weeks. It was observed that the microcapsules with honey have a microbial load of 1x107 CFU / g in an a_w of 0.765 which is higher compared with microcapsules without honey in a_w of 0.654 to 0.846 since there is no presence of the microorganism. The micrographs show that the addition of honey modifies the structure of the microcapsules, causing the surface to be more irregularly sprayed, observing subsidence in the layer, compared to the microcapsules without honey added.

***Key words**: spray drying, Lactobacillus rhamnosus, micrographs, microcapsules.*

Introducción

En la búsqueda de un método para la incorporación de probióticos en los alimentos se han desarrollado técnicas de microencapsulación. La microencapsulación ha sido utilizada como una estrategia para la supervivencia de estos microorganismos y a la vez, para una exitosa microencapsulación. Se han estudiado diversos agentes encapsulantes, y en este trabajo se estudia el efecto de la adición de miel en microcápsulas contenidas de *L. rhamnosus* con la finalidad de lograr una buena viabilidad celular después del sometimiento a procesos térmicos, condiciones de almacenamiento y condiciones que el mismo cuerpo humano presenta [Pérez-Leonard y col., 2013].

La utilización de probióticos en la producción de alimentos funcionales, es con la finalidad de conferir a estos la capacidad de ejercer un efecto benéfico para la salud del consumidor más allá de sus propiedades nutricionales [Gómez y col., 2007]. Sin embargo, muchos reportes indican que la supervivencia de las bacterias probióticas suele ser pobre en los productos finales [Rodríguez-Huezo y col., 2007], sugiriendo el uso de prebióticos que podrían mejorar la viabilidad del microorganismo benéfico [Puupponen-Pimia y col., 2002]. Además, la supervivencia de estas bacterias en el sistema TGI (tracto gastro intestinal) es cuestionable [Kailasapathy y col., 2002]. Por lo anterior, se han aplicado diversas tecnologías que ayuden al probiótico a llegar a su sitio de acción; entre estas tecnologías se encuentra la encapsulación, la cual ha sido reconocida como una alternativa para

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

aumentar la resistencia del microorganismo a ambientes ácidos, durante su almacenamiento y tránsito por el TGI [Anal y Singh, 2007]

Se usan las isotermas para obtener conocimientos necesarios de las propiedades de sorción de los alimentos. Esta información es importante en el caso de los alimentos deshidratados ya que brindan datos de las propiedades termodinámicas que están asociadas al comportamiento de sorción de agua y que influyen en el diseño y optimización de operaciones unitarias. Además ayudan a predecir los cambios en la estabilidad de los alimentos y en la elección del material de empaque adecuado [Al-Muhtaseb y col., 2002]. El presente trabajo pretende demostrar la viabilidad que tiene el *Lactobacillus rhamnosus* encapsulado durante el almacenamiento evaluando el efecto que ejerce la actividad de agua y Tg durante el estudio de isotermas de adsorción que permitan proponer las mejores condiciones de almacenamiento de las microcápsulas.

Metodología

Materiales

Las materias primas usadas en este trabajo fueron *Lactobacillus rhamnosus* LC705 (Danisco, Niebüll, Alemania) obtenido a partir de una cepa liofilizada, inulina (NOBEL FOODS, Authentic & Natural, Guadalajara, México) y aceite de uva (Overseas Food Trading LTD, Fort Lee, NJ, E.U.A.); como agentes emulsificantes, ésteres de polirricinoleato (Grindsted PGPR 90 y Panodan Danisco mexicana. S.A. de C.V., México), caldo para lactobacilos y agar bacteriológico MRS (Becton Dickinson, México, D.F.). Para la inclusión del probiótico en la emulsión se hizo uso de la metodología desarrollada por Pimentel-González *et al.* (2009).

Activación de la cepa bacteriana y condiciones de cultivo

La preparación del caldo MRS para la activación, fue realizada de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el fabricante (55 g/L); posteriormente se dejó enfriar, y se colocó a esterilización en la autoclave (121 ºC, 15 min). El cultivo liofilizado de *L. rhamnosus* LC705 (Danisco, Niebüll, Alemania) se rehidrató con 1% (p/v) de inóculo en 99 mL de caldo MRS estéril y se incubó a 37 °C durante 24 h en condiciones anaerobias.

Formulación de la emulsión doble

La emulsión W_1/O, se efectuó pesando CPS, inulina y agua. Esta solución acuosa fue mezclada en un homogeneizador convencional (2800 rpm) durante 10 min, se le adicionó 0.3 g de carga microbiana, y se volvió a homogenizar durante 5 min. Obtenida la fase acuosa se separaron 30 g, para posteriormente verterla poco a poco a la fase oleosa (Aceite de uva, Panodan y Grinsted, previamente homogenizado durante 10 min) y, finalmente, homogeneizar W_1/O durante 10 min. Obteniendo 2.73 % de sólidos totales de biopolímeros.

La emulsión $W_1/O/W_2$, se efectuó pesando CPS y agua. La solución acuosa se mezcló con un homogeneizador convencional (2800 rpm) durante 10 min. Posteriormente, la emulsión W_1/O es vertida poco a poco en la muestra anterior, la cual fue homogenizada a 2800 rpm al momento de verter la emulsión W_1/O. El tiempo de homogenización final fue de 10 min conteniendo 12.53% de sólidos totales de biopolímeros. Para la realización de la emulsión doble con miel se mezclaron tanto el CPS, agua y miel del mismo modo que el proceso anteriormente descrito.

Secado por aspersión

Las emulsiones obtenidas se secaron en un aspersor a escala laboratorio Büchi modelo B-290 (Switzerland, Suiza), usando temperaturas de entrada y salida de 180 °C y 90 °C, respectivamente. Las condiciones experimentales tomadas en cuenta para la operación del secador por aspersión fueron la presión de aire comprimido (4.5 bar) y la velocidad de alimentación (12 mL/min).

Viabilidad celular de la emulsión doble

La viabilidad celular del microorganismo probiótico fue evaluada a lo largo de proceso de microencapsulación. Esta determinación se dividió en tres etapas: a) viabilidad del inóculo, b) después de la elaboración de la emulsión doble, c) posterior al proceso de secado y, d) posterior al proceso de almacenamiento. Para el caso del inóculo, a partir de *L. rhamnosus* LC705 1% (v/v) en caldo MRS se tomó una alícuota de 100 µL y se colocó en un tubo Eppendorf con 900 µL de solución salina al 0.9%; de este tubo se prepararon diluciones seriales hasta $1x10^{-10}$.

 ISSN 2007-8102

Se utilizaron 100µL de cada dilución y se sembraron por extensiones en cada placa en medio sólido MRS. Estos pasos fueron repetidos por triplicado para la evaluación de la viabilidad de la emulsión doble, $W_1/O/W_2$.

La supervivencia del microorganismo encapsulado después del proceso de secado por aspersión se hizo mediante rompimiento de las cápsulas y liberación del probiótico. Se disolvieron 0.5 g de microcápsulas recién deshidratadas y se colocaron en contacto con 4.5 mL de solución salina. Se homogenizaron y posteriormente, fueron sometidas a mezcla en vortex durante 10 min. Después de este paso se prepararon diluciones y se realizó conteo en placa como se describió previamente. Las cajas Petri inoculadas se incubaron por 72 horas a 37°C en condiciones anaerobias. Los resultados fueron reportados como unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL) (inóculo y emulsión o colonias por gramo (UFC/g) (microcápsulas).

La viabilidad del microorganismo encapsulado después de su almacenamiento en microclimas a 8 diferentes humedades se hicieron mediante el rompimiento de las cápsulas y liberación del probiótico. Se disolvieron 0.5 g de microcápsulas de cada uno de los ocho microclimas y se mezclaron con 4.5 mL de solución salina. Estos tratamientos fueron homogenizados en vortex. Después de este paso, se prepararon diluciones y se realizó conteo en placa como se describió previamente; las cajas Petri inoculadas se incubaron por 72 h a 37°C en condiciones anaerobias. Los resultados fueron reportados como unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g)

Análisis microscópico de emulsiones y microcápsulas
Se realizaron micrografías para verificar la presencia del probiótico en las emulsiones dobles recién elaboradas, así como en las microcápsulas obtenidas después del proceso de secado. Las muestras se examinaron utilizando el microscopio óptico con software para análisis de imágenes (MOTIC-BA310). De igual forma, se evaluó el tamaño de partícula en objetivo 40X para microcápsulas con y sin miel y así evaluar las diferencias de ambos tratamientos.

Análisis Estadístico
Los valores reportados en este trabajo son la media con su correspondiente desviación estándar. Todas las mediciones fueron realizadas al menos por duplicado. Los softwares estadísticos utilizados en este trabajo fueron Kaleida Graph 4.0 (Synergy Software, Reading PA, EU), Curve Expert 1.4 y Excel (Microsoft Co E.U.A).

Resultados y discusión

Observación de probióticos en emulsión

En la Figura 1a) y 1b) se muestra la morfología de emulsiones dobles con miel y emulsiones dobles sin miel respectivamente, a base de proteína de suero de leche conteniendo *Lactobacillus rhamnosus*; las gotas de emulsión fueron observadas con objetivo cuyo aumento fue de 40X.

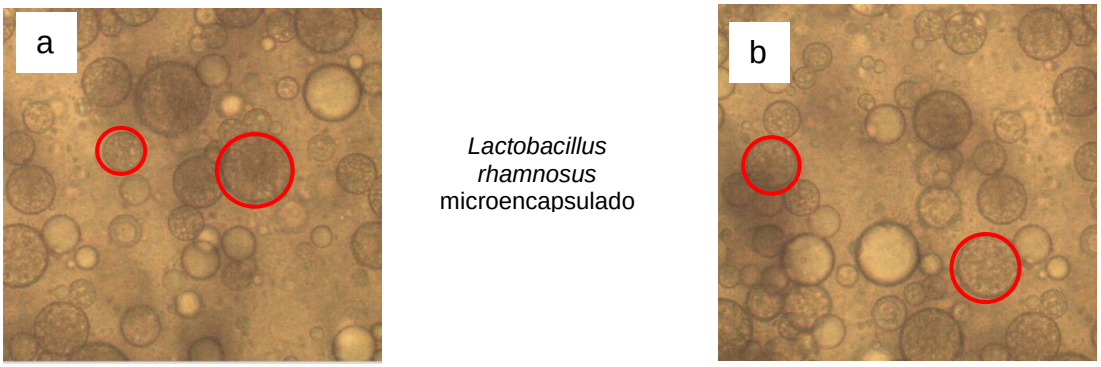


Figura 1. Microcápsulas de emulsión doble con y sin miel respectivamente conteniendo *Lactobacillus rhamnosus* observadas al microscopio en aumento de 40X

 ISSN 2007-8102

En el objetivo 40X se observa la fase acuosa y la oleosa de la emulsión doble con y sin miel. Utilizando este aumento se pudo notar que las gotas de emulsión en su mayoría eran esféricas y de borde liso, conteniendo a su vez gotas de la emulsión W_1/O. La evaluación microscópica a 40X, permitió observar la presencia de *Lactobacillus rhamnosus* dentro de las gotas de mulsión simple y emulsiones dobles con y sin miel.

La morfología de las microcápsulas permite que puedan ser clasificadas como emulsión múltiple tipo C, donde *Lactobacillus rhamnosus* se encuentra disuelto en una fase acuosa (W_1) y a la vez es atrapada por una fase oleosa (W_1/O), la cual se encuentra dispersa en una segunda fase acuosa (W_2) para formar la cubierta. De igual manera se puede observar a *Lactobacillus rhamnosus* dentro de un glóbulo de agua atrapado por la fase oleosa W_1/O.

Efecto de los tratamientos sobre la viabilidad celular en la emulsión simple y emulsiones con miel y sin miel

En la Figura 2 se muestra la supervivencia celular de *Lactobacillus rhamnosus* en la primera etapa (W_1/O) y en la elaboración de emulsión doble ($W_1/O/W_2$) en función del tratamiento sin miel y con miel. El objetivo fue observar si la adición o falta de miel en la formulación ejerce un efecto sobre la supervivencia del probiótico.

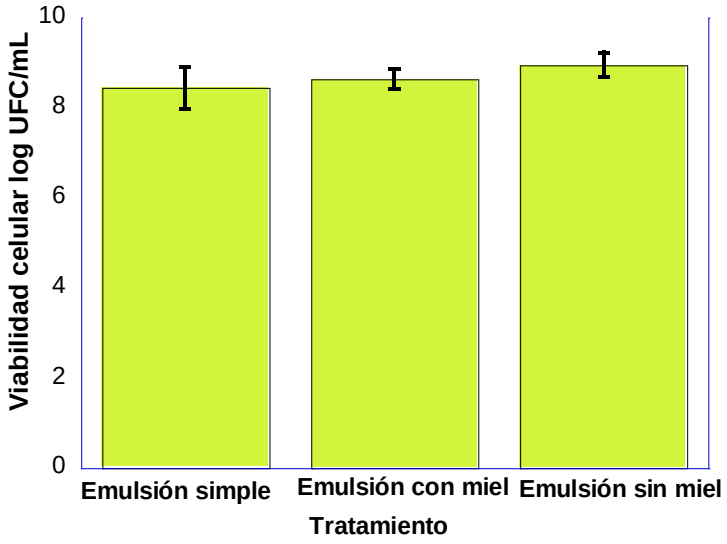


Figura 2. Efecto de diferentes tratamientos sobre la supervivencia de *L. rhamnosus* en emulsiones simple y dobles

Los resultados obtenidos en la Figura 2 muestran que estadísticamente no hay un cambio significativo en los diferentes tratamientos de emulsión simple y emulsión doble sin miel comparados con los obtenidos de la emulsión doble adicionada con miel.

Efecto de los tratamientos en la viabilidad celular después del proceso de aspersión

En la Figura 3 se muestra la supervivencia celular de *L. rhamnosus* después del proceso de aspersión. En esta segunda etapa del proceso se puede observar que el procesamiento a temperaturas altas a las que es sometido *L. rhamnosus* no afecta su viabilidad significativamente. Con respecto a los tratamientos de microcápsulas sin

 ISSN 2007-8102

miel y microcápsulas con miel, los resultados sugieren que la adición de proteína de suero de leche en la formulación ejerce una cierta protección a la supervivencia del microorganismo.

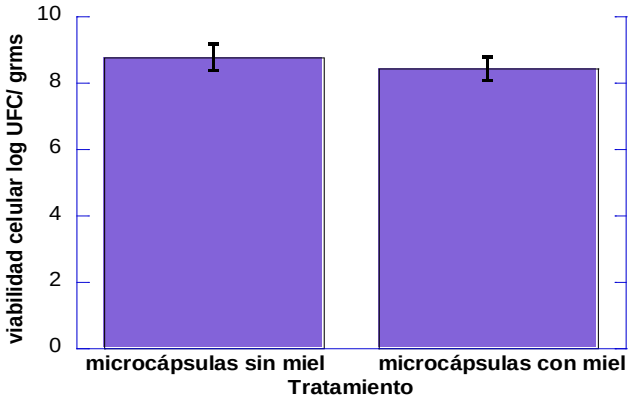


Figura 3. Efecto del secado por aspersión sobre la viabilidad de *L. rhamnosus*

Efecto de la adición de miel en la preparación de *L. rhamnosus* sobre la viabilidad celular durante el almacenamiento

En las Figuras 4 y 5 se observa que el almacenamiento a una actividad de agua de 0.444 permite obtener microcápsulas con efecto benéfico ($10x^7$ UFC/g con un contenido de humedad de 28.0704 g agua/100 g ss, observándose mientras tanto que, en actividades de agua mayores, de 0.6 a 0.8 se afecta la viabilidad de *L. rhamnosus* durante un almacenamiento de 5 semanas.

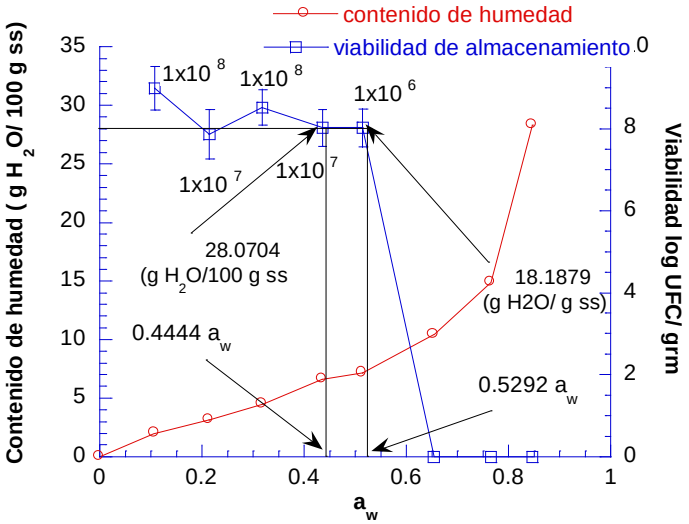


Figura 4. Efecto de la actividad de agua sobre la viabilidad celular de *L. rhamnosus* en microcápsulas sin miel durante el almacenamiento

 ISSN 2007-8102

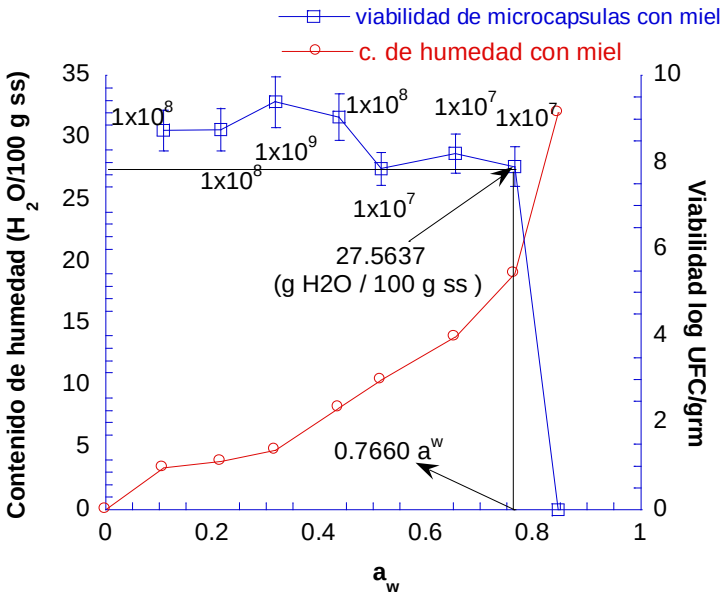


Figura 5. Efecto de la actividad de agua sobre la viabilidad celular de *L. rhamnosus* en microcápsulas sin miel durante el almacenamiento

Conclusiones

El uso de una emulsión doble y su posterior secado demostró que el procesamiento térmico no afecta la viabilidad de *L. rhamnosus* el cual garantizó la presencia del microorganismo durante el proceso de secado por aspersión que generaban valores de viabilidad de $1x10^7$ UFC/g los cuales son requeridos para un efecto benefico en la salud humana. El uso de la microscopía permitió observar y verificar la presencia del microorganismo dentro de gotas de la emulsion doble.

La evaluación de viabilidad celular de *Lactobacillus rhamnosus* en diferentes actividades de agua permitió conocer que las microcápsulas con miel influyen positivamente en la viabilidad del microorganismo en presencia de valores con actividades de agua mayores como lo sería en este caso una a_w de 0.7 a 35 °C, mientras que en microcápsulas sin miel solo se observa presencia de *Lactobacillus rhamnosus* en a_w de 0.1 a 0.5.

La alta viabilidad de *Lactobacillus rhamnosus* posterior al secado por aspersión asi como el almacenamiento de 5 semanas en diferentes actividades de agua hacen posible que en este trabajo se recomiende utilizar el tratamiento que utiliza la adición de miel a temperatura de almacenamamiento de 35°C.

Referencias

1. Anal A. K. y H. Singh. 2007. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. *Trends Food Science and Technology* 18:240–251.
2. Al-Muthaseb, A. H., W. McMinn, A. M. y Magee, T. R. A. 2002. Moisture sortion isotherm characteristics of food products: A review. *Institution of Chemichal Engineers*. 80:118-127.
3. Pérez-Leonard H., G. Bueno-García, M. A. Brizuela-Herrada, K. Tortoló-Cabañas y C. Gastón-Peña. 2013. Microencapsulación: una vía de protección para microorganismos probióticos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 47:14-25
4. Gómez. S., E. Nova y A. Marcos. 2007. Probióticos *In* Alimentos funcionales: aproximación a una nueva alimentación. Dirección General de Alimentación. Departamento de Metabolismo y Nutrición. Instituto del Frío. CSIC. Madrid. pp 14.

5. Rodríguez-Huezo. M. E., R. Durán-Lugo., L. A. Prado-Barragán., F. Cruz-Sosa., C. LobatoCalleros., J. Alvarez-Ramírez y E. J. Vernon-Carter. 2007. Pre-selection of protective colloids for enhanced viability of *Bifidobacterium bifidum* following spray-drying and storage, and evaluation of aguamiel as thermoprotective prebiotic. *Food Research International* 40:1299–1306
6. Puupponen-Pimia R., A. M. Aura., K. M. Oksman-Caldentey., P. Myllarinen., M. Saarela., T. Mattila-Sandholm y K. Poutanen. 2002. Development of functional ingredients for gut health. *Trends in Food Science & Technology* 13: 3–11.
7. Kailasapathy K. 2002. Microencapsulation of probiotic bacteria: Technology and potential applications. *Curr Issues Intest Microbiology*. 3: 39- 48.
8. Pimentel-González D.J., R. Campos-Montiel G., C. Lobato-Calleros, R. Pedroza-Islas. 2009. Encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* in double emulsions formulated with sweet whey as emulsifier and survival in simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*. 42:292-297

Isotermas de adsorción de humedad y calor isostérico de sorción de hoja seca de papaya

F. Cansino Jacome[1], U. R. Marín Castro[1], J.A. Olguín Rojas[1], M. A. Salgado Cervantes[1], G. C. Rodríguez Jimenes[1.]*

[1]Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz, M.A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz Ver CP 91897, México.

lupitarj@itver.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el presente trabajo fueron deshidratadas y trituradas hojas de papaya. Las isotermas de adsorción de humedad fueron determinadas a 25, 35 y 45 °C usando el método gravimétrico. Los datos experimentales fueron ajustados al modelo GAB, el cual demostró ser adecuado para representar el proceso de sorción (de acuerdo a los resultados de R^2 y los módulos de desviación media relativa, E%). El valor de monocapa obtenido fue de 2.88, 2.82 y 2.76 g de agua/ 100 g de solidos secos, para 25, 35 y 45 °C, respectivamente, sugiriéndose como punto de máxima estabilidad. El calor isostérico de sorción del agua fue determinado usando la ecuación de Claussius-Clapeyron y fue observada una notable disminución con el aumento en el contenido de humedad.

***Palabras clave**: isotermas de adsorción, calor isostérico, monocapa, papaya*

Abstract

In the present work, papaya leaves were dehydrated and crushed. The moisture adsorption isotherms were determined at 25, 35 and 45 ° C using the gravimetric method. The experimental data were fitted to the GAB model, which proved to be adequate to represent the sorption process (according to the results of R^2 and the modules of relative mean deviation, E%). The monolayer value obtained was 2.88, 2.82 and 2.76 g of water / 100 g of dry solids, for 25, 35 and 45 ° C, respectively, being suggested as a point of maximum stability. The isostatic heat of water sorption was determined using the Claussius-Clapeyron equation and a marked decrease was observed with the increase in moisture content.

***Key words**: adsorption isotherms, isosteric heat, monolayer, papaya*

Introducción

Se ha reportado que las diferentes partes de *C. papaya* (fruto, raíces, semillas, hojas) se utilizan como agente terapéutico por sus características medicinales en varias regiones. Las hojas de papaya (*Carica papaya*) contienen principalmente ácido ascórbico, ácidos fenólicos (ácido transferúlico, ácido para-cumárico, ácido cafeico, ácido vinílico), flavonoides (miricetina, kampferol, quercetina), glicósidos cianogénicos y glucosinolatos, alcaloides como la carpaina y pseudocarpina [Seigler y col. 2002]. Estos compuestos han demostrado desempeñar un papel importante en la prevención de muchas enfermedades. Se han reportado los posibles efectos benéficos de la hoja de papaya en el tratamiento de pacientes con infecciones virales por dengue [Yunita y col., 2012]. En un estudio reciente se encontró que el polvo de las hojas de papaya es responsable de la liberación y producción de trombocitos / plaquetas [Patil y col., 2013]. Por otro lado, Gadhwal y col. [2016], estudiaron el efecto de hoja seca de Carica papaya sobre el recuento de plaquetas en pacientes con dengue con trombocitopenia. Los autores concluyeron que el extracto de hoja de papaya aumentó el recuento de plaquetas en pacientes con dengue sin ningún efecto secundario.

Para preservar la calidad de la hoja seca durante el almacenamiento, es necesario conocer las propiedades termodinámicas de sorción de agua en productos secos. Estas isotermas de sorción de humedad representan las

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

propiedades higroscópicas integradas de muchos componentes cuyas propiedades de sorción pueden cambiar debido a las interacciones físicas y químicas causadas por procesos de calor u otros pre-tratamientos [Iglesias y Chirife, 1982]. Un parámetro importante por considerar es la temperatura, ya que afecta la movilidad de las moléculas del agua y el equilibrio entre las fases de vapor y líquido adsorbido. Una vez que se han obtenido las isotermas de sorción a diferentes temperaturas, es posible evaluar el calor de sorción, que determina la interacción entre el adsorbente y el adsorbato [Al-Muhtaseb y col., 2004].

Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de la temperatura sobre las isotermas de sorción en las hojas de papaya y el calor isostérico de sorción del agua.

Metodología

Materiales

Las hojas de papaya utilizadas fueron obtenidas del municipio de Tierra Blanca, Veracruz, México. Estas fueron cuidadosamente lavadas, secadas utilizando un secador de bandejas (APEX, A39854-14, India), trituradas y tamizadas empleando una maya (FIIC, USA) No. 60 y 50.

Isotermas de adsorción de humedad

Las muestras secas de hoja de papaya fueron colocadas dentro de desecadores con presión de vacío (13 kPa) conteniendo P_2O_5 por 15 días a temperatura ambiente (35 °C). Los datos de adsorción de humedad fueron obtenidos usando el método gravimétrico descrito por Lang y col. [1981]. Un total de 1-2 g fueron pesados por triplicado dentro de charolas de aluminio y colocadas por separado dentro de desecadores, conteniendo soluciones saturadas de sal las cuales proveen valores de humedad relativa en un rango de 10.2 – 85.0 % usando los valores de a_w reportados previamente por Labuza y col. [1985].

Los datos de adsorción de humedad de las muestras almacenadas a una temperatura de 25, 35 y 45 °C fueron modelados utilizando la ecuación de Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB) (Ec. 1).

$$X = \frac{X_m C_{GAB} K_{GAB} a_w}{\left(1 - K_{GAB} a_w\right)\left(1 - K_{GAB} a_w + C_{GAB} K_{GAB} a_w\right)} \quad (1)$$

Donde: a_w es la actividad de agua; X es el contenido de humedad de la muestra en base seca (g de agua/100 g de s.s.); X_m el contenido de agua en la monocapa (g de agua/ 100 g de s.s.); C_{GAB} y K_{GAB} son constantes relacionadas al efecto de la temperatura. Los datos se evaluaron usando los módulos de desviación media relativa (E%) (Ec. 2) y los coeficientes de correlación (R2). El modelado de las isotermas y la construcción de gráficos se llevó a cabo usando el software Kaleida Graph 4.0.

$$E\% = \frac{1OO}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{|Mi - Mpi|}{Mi} \quad (2)$$

Donde: M_i es el contenido de humedad experimental; M_{pi} es el contenido de humedad predicho por el modelo y n el número de observaciones.

La ecuación Clausius-Clapeyron derivada del equilibrio vapor-liquido (Ec. 3), aplicado a los datos temperatura-presión de vapor, relacionados al producto, permite que el cambio en la entalpía asociado con el proceso de sorción (calor isostérico neto de sorción) (Ec. 4) se calcule para diferentes niveles de humedad. El calor isostérico neto de sorción representa la energía total disponible para realizar un trabajo, mientras que la entropía a cualquier temperatura es equivalente a la perdida de trabajo y proporciona una medida de la energía que no está disponible para realizar un trabajo. Por lo tanto, la energía disponible para trabajar es la diferencia entre estas dos cantidades.

El calor diferencial de sorción (ΔH) mide los cambios en la energía que ocurren durante el proceso de sorción y es un indicador del nivel de fuerza de atracción o repulsión del sistema. La energía libre de Gibbs (ΔG), asociado

 ISSN 2007-8102

con la espontaneidad del proceso, puede calcularse para el proceso de adsorción. Los cambios en la entropía (∆S) puede relacionarse con la reorganización espacial ocurrida en la interfaz agua-soluto.

$$\ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = \frac{\Delta H}{R\frac{1}{T} + K} \tag{3}$$

$$\Delta H = \Delta H_V + Q_S \tag{4}$$

Donde *p* es la presión de vapor de agua en equilibrio con el material a una temperatura dada (atm); ΔH_V es el calor de evaporación del agua (-43.96 kJ/mol); Q_S es el calor neto isostérico de sorción (kJ/mol), a_w es la actividad de agua (adimensional), *T* es la temperatura absoluta (*K*), *R* es la constante universal de los gases (kJ/mol K), P^0 es la presión de vapor del agua pura (atm) y *K* es una constante.

Resultados y discusión

Isotermas de adsorción de humedad

En la Figura 1 son mostradas las isotermas de adsorción de humedad de hojas secas de papaya, las cuales presentan una forma sigmoidal, es decir de tipo II de acuerdo con la clasificación de Brunauer, [1940]. El comportamiento observado es típico para plantas, resultados similares han sido reportados para otras hojas, como son hojas de té [Sinija y Mishra, 2007], oliva [Bahloul y col., 2008], naranja [Mohamed y col., 2004] y caqui [Martínez y col., 2014].

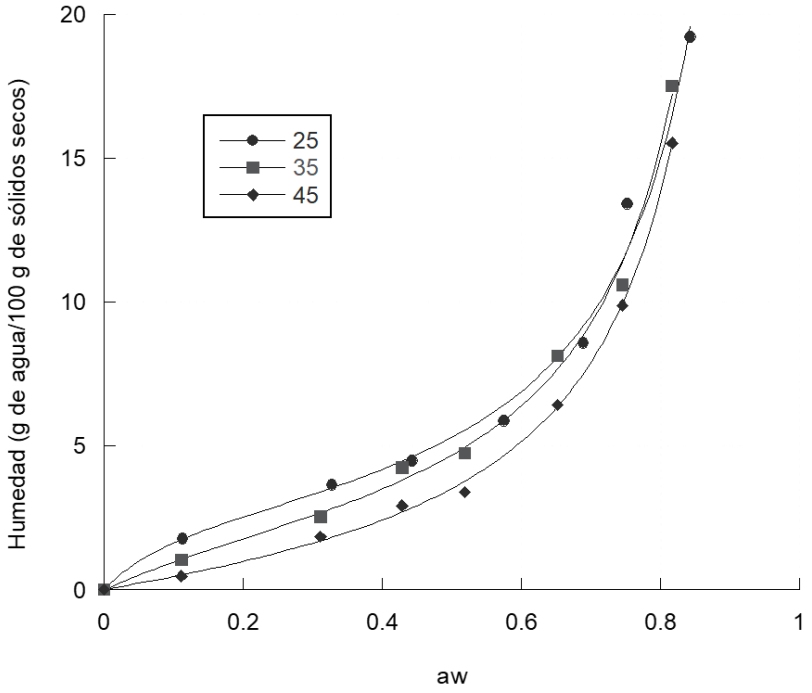


Figura 1. Isotermas de adsorción de humedad a 25, 35 y 45 °C para hoja seca de papaya.

 ISSN 2007-8102

De forma general, el contenido de humedad incrementó con respecto al aumento en la actividad de agua a una temperatura constante, pero disminuyó con respecto al incremento en la temperatura a una actividad de agua constante, esto debido a la naturaleza exotérmica del proceso de adsorción. Palipane y Driscoll, [1992], sugirieron que, con un incremento en la temperatura, las moléculas de agua son activadas a niveles energéticos más elevados, lo cual permite que estas se liberen de los sitios de sorción y por lo tanto disminuye el contenido de humedad.

Se obtuvieron valores de R^2 cercanos a 1 (0.99 en todos los casos), son un indicativo del buen ajuste. El valor obtenido para E% fue menor a 10% (5.23, 5.00 y 5.14, para 25, 35 y 45 °C, respectivamente), lo cual indica un buen ajuste de los datos experimentales al modelo.

El contenido de humedad en la monocapa predicho por el modelo GAB fue de 2.88, 2.82 y 2.76 g de agua/ 100 g de solidos secos, para 25, 35 y 45 °C, respectivamente. Ha sido asumido que el valor de monocapa es la saturación de los grupos polares correspondiente al agua adsorbida en los sitios más activos [Pérez-Alonso y col., 2006] y que en el valor de monocapa en un producto debería ser más estable contra el deterioro microbiano [Sablani y col., 2007], sugiriéndose, así como un punto de máxima estabilidad.

Calor isostérico de sorción y entropía de sorción

El calor isostérico de sorción (ΔH) es la energía liberada durante el proceso de adsorción de las moléculas de vapor de agua sobre la superficie del adsorbente. Y es, por lo tanto, una medida de la interacción energética entre las moléculas de agua y el material [Abdenouri y col., 2010]. Este es calculado a partir de la pendiente de la gráfica entre los valores de $\ln\frac{p}{p_0}$ y 1/T, mostradas en la Figura 2.

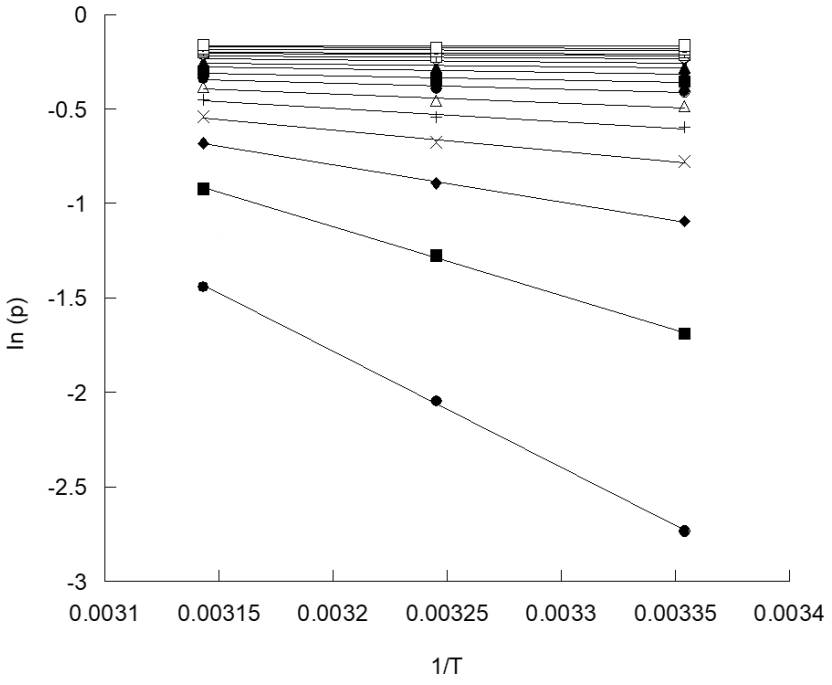


Figura 2. Gráfica $\ln\frac{p}{p_0}$ vs 1/T para calcular el calor de isostérico de sorción.

 ISSN 2007-8102

La variación en el calor isostérico de sorción es mostrado en la Figura 3, como puede apreciarse, éste disminuyó bruscamente con el incremento en el contenido de humedad, el mismo comportamiento ha sido observado para sistemas tales como pasas de uva sultana [Saravacos y col., 1986] y papas [McLaughlin y Magee, 1998]. El valor máximo de ΔH (51140 J/ mol) fue observado en una humedad de 1.18 g de agua/ 100 de solidos secos, posteriormente puede observarse una disminución marcada, esto, debido al hecho de que la sorción ocurre inicialmente en los sitios primarios más activos que dan lugar a energías de interacción exotérmicas más altas liberadas cuando estos sitios son ocupados [Iglesias y Chirife, 1976]. El contenido de humedad correspondiente al valor de monocapa también ocurre a bajos contenidos de humedad correspondientes al agua fuertemente adsorbida.

El calor isostérico de sorción es importante para el diseño de equipos y procesos [Rizvi, 1986], especialmente en los procesos de secado, ya que el calor de sorción se eleva por encima del calor de vaporización cuando un alimento se deshidrata a un bajo contenido de humedad [McLaughlin y Magee, 1998].

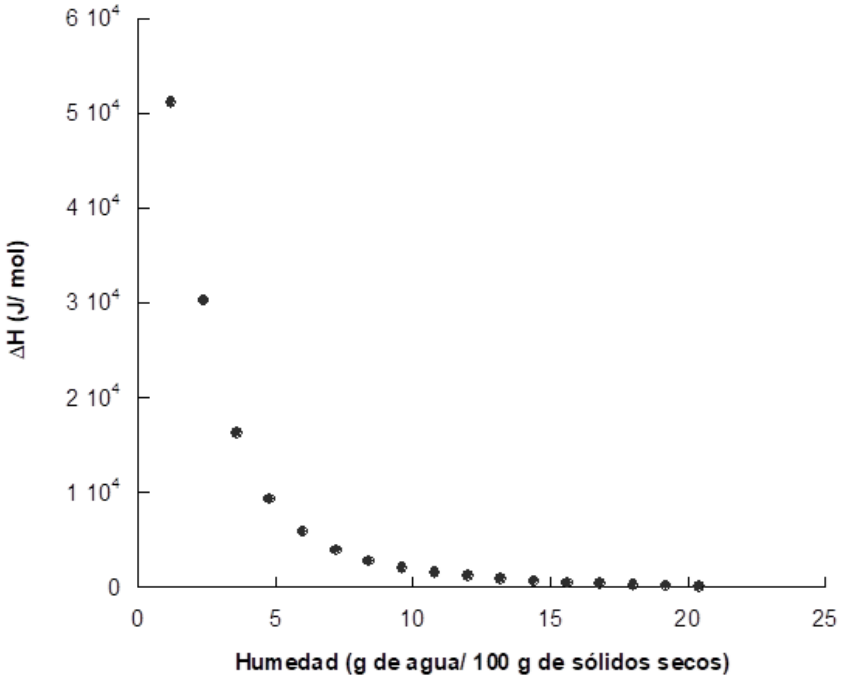


Figura 3. Variación del calor isostérico de sorción para hojas de papaya secas.

Trabajos a futuro

Se recomienda evaluar la aparición de reacciones químicas (como la degradación de fenoles) durante el almacenamiento, con el objetivo de complementar el presente estudio enfocado a la estabilidad.

Conclusiones

Las isotermas de adsorción para hojas secas de papaya presentaron una forma sigmoidal, es decir un comportamiento tipo II. El modelo de GAB mostró un buen ajuste de los datos experimentales con valores satisfactorios de R^2 y E%, por lo que puede ser utilizado para describir el proceso de adsorción. El valor de monocapa obtenido fue de 2.88, 2.82 y 2.76 g de agua/100 g de sólidos secos, para 25, 35 y 45 °C, sugiriéndose

como puntos de máxima estabilidad. El calor isostérico de sorción puede ser utilizado para estimar los requerimientos energéticos en procesos de deshidratación.

Referencias

1. Abdenouri, Naji, Idlimam, Ali., Kouhila y Mohammed. (2010). Sorption isotherms and thermodynamic properties of powdered milk, *Chemical Engineering Communications*. 197 (8), 1109 — 1125.
2. Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W. A. M. y Magee, T. R. A. (2004). Water sorption isotherms of starch powders. Part 2: Thermodynamic characteristics. Journal of Food Engineering, 62(2), 135-142.
3. Bahloul, N., Boudhrioua, N., y Kechaou, N. (2008). Moisture desorption–adsorption isotherms and isosteric heats of sorption of Tunisian olive leaves (Olea europaea L.). Industrial Crops and Products, 28, 162–176.
4. Brunauer, S., Deming, L.S. and Teller, E., (1940). “On a theory of Van der Waals adsorption of gases”. *J. Am. Chem. Soc*. 62, 1723–1732.
5. Gadhwal, A. K., Ankit, B. S., Chahar, C., Tantia, P., Sirohi, P., y Agrawal, R. P. (2016). Effect of Carica papaya leaf extract capsule on platelet count in patients of dengue fever with thrombocytopenia. *J Assoc Physicians India*, 64(6), 22-26.
6. Iglesias, H. A., y Chirife, J. (1976). Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food materials. *Journal of Food Technology*, 11, 109–116.
7. Labuza T.P., Kaanane A. and Chen J.Y. (1985). Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. J Food Sci. 50, 385–391.
8. Lang K.W., McCune T.D. and Steinberg M.P. (1981). Proximity equilibration cell for rapid determination of sorption isotherms. J Food Sci. 46 (3), 936–938.
9. Martínez-Las Heras, R., Heredia, A., Castello, M. L., y Andres, A. (2014). Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of dry persimmon leaves. *Food Bioscience*, *7*, 88-94.
10. McLaughlin, C. P., y Magee, T. R. A. (1998). The determination of sorption isotherm and isosteric heats of sorption for potatoes. Journal of Food Engineering, 35, 267–280.
11. Mohamed, L. A., Kouhila, M., Jamali, A., Lahsasni, S., y Mahrouz, M. (2004). Moisture sorption isotherms and heat of sorption of bitter orange leaves (Citrus aurantium). *Journal of Food Engineering*, 67(4), 491–498.
12. Palipane, K.B., Driscoll, R.H., 1992. Moisture sorption characteristic of in shell macadamia nuts. *J. Food Eng.* 18 (1), 63–76.
13. Pérez-Alonso, C., Beristain, C. I., Lobato-Calleros, C., Rodríguez-Huezo, M. E., y Vernon-Carter, E. J. (2006). Thermodynamic analysis of the sorption isotherms of pure and blended carbohydrate polymers. Journal of Food Engineering, 77, 753e760.
14. Rizvi, S. S. H. (1986). Thermodynamics of foods in dehydration. In M. A. Rao y S. S. H. Rizvi (Eds.), Engineering of properties of food (pp. 133–214). New York: Marcel Dekker.
15. Sablani, S. S., Kasapis, S., y Rahman, M. S. (2007). Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. Journal of Food Engineering, 78, 266e271.
16. Saravacos, G. D., Tsiourvas, D. A., y Tsami, E. (1986). Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisins. Journal of Food Science, 51, 381–394
17. Seigler, D. S., Pauli, G. F., Nahrstedt, A., y Leen, R. (2002). Cyanogenic allosides and glucosides from Passiflora edulis and Carica papaya. Phytochemistry, 60(8), 873-882.
18. Sinija, V. R., y Mishra, H. N. (2007). Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules. Journal of Food Engineering, 86, 494–500.
19. Yunita F, Hanani E, Kristianto J (2012) The effect of Carica papaya L. leaves extract capsules on platelets count and hem- atocrit level in dengue fever patient. Int *J Med Aromat Plants* 2:573–578

Efecto del secado sobre la composición química y propiedades tecnofuncionales de inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote*

E.D. Cabrera-Domínguez[1], M. A. Vivar-Vera[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n. Col. 5 de Mayo, C.P.68350. Tuxtepec, Oaxaca.*

*maria.vv@ittux.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen.

En este trabajo se estudió el efecto del secado por liofilización (SL) o secado por aire caliente en charolas (SC) de inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote* (ICt) tratadas por inmersión en ácido cítrico al 5% (TAc), agua en ebullición (TAeb) o vapor saturado a presión (TVsP) en sus propiedades tecnofuncionales y composición química proximal. Los resultados mostraron que las ICt presentaron contenidos de humedad de 85.75 a 86.76%, considerándose un alimento perecedero. Los polvos con los diferentes pretratamientos (SL-Tac, SL-TAeb, SL-TVsP) aumentaron el contenido de grasas (51.68, 32.01 y 43.04%, respectivamente) con respecto al control. El SL-TAeb tiene aplicación potencial en productos que requieren hidratación y conservación de frescura, debido a los altos niveles de CH (9.98 ml/g) y CRA (0.22 g/g), mientras que SC-TAeb es ideal para alimentos bajos en grasa por su baja CAA (0.0016 g/g), siendo considerados los polvos de tepejilote como ingredientes en diversos productos alimentos

***Palabras clave**: Inflorescencias de Chamaedorea tepejilote, liofilización, secado por aire caliente, propiedades tecnofuncionales.*

Abstract.

In this work the effect of drying by freeze-drying (SL) or hot air-drying in trays (SC) of inflorescences of Chamaedorea tepejilote (ICt) treated by immersion in 5% citric acid (TAc), boiling water (TAeb) was studied or saturated pressure steam (TVsP) in its technical and functional properties and proximal chemical composition. The results showed that the ICt presented moisture contents of 85.75 to 86.76%, being considered a perishable food. The powders with the different pretreatments (SL-Tac, SL-TAeb, SL-TVsP) increased the fat content (51.68, 32.01 and 43.04%, respectively) with respect to the control. SL-TAeb has potential application in food products that require hydration and freshness preservation, due to the high levels of CH (9.98 mL / g) and CRA (0.22 g / g), while SC-TAeb is ideal for low-fat foods because its low CAA (0.0016 g / g). Therefore, tepejilote powders are potential ingredients in several food products.

***Key words**: Chamaedorea tepejilote inflorescences, freeze-drying, hot air-drying, tecnofunctionals propertie.*

Introducción.

Chamaedorea es un género endémico para el Continente Americano, se distribuye desde el centro de México hasta Brasil y Bolivia [INEGI,2019]. Existen alrededor de 45 a 50 especies en México, por lo que se considera a nuestro país con mayor diversidad de especies de este género, principalmente en Oaxaca y Chiapas [Flores, 2002]. El tepejilote, es una palma solitaria erecta que llega a tener hasta 5m de altura, a lo largo de su distribución en México se le conoce como: tepejilote, pacaya, caña verde, guaya, elote de monte, entre otros. La parte comestible son las inflorescencias que esta contiene en sus espigas, su consumo se da desde el mes de noviembre hasta marzo, dependiendo de la altura en donde crece Sin embargo, por desconocimiento del valor nutricional no se le ha dado la debida importancia que pueden contribuir en parte a la solución de la problemática

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

alimentaria del país y representar una esperanza en la ampliación de la dieta en el mundo de hoy [Centurión-Hidalgo y col.,2009; Morales-Fernández y col., 2018].

Debido a la escasez que el tepejilote y que otros alimentos presentan, recientemente se aplicaron métodos de conservación tradicionales y novedosos a las inflorescencias como son tratamiento con agua en ebullición, tratamiento por vapor saturado a presión y microondas, obteniéndose resultados favorables en el aumento del valor nutrimental [Morales-Fernández y col, 2018]. Estos tratamientos como otros procedimientos no térmicos como inmersión en soluciones de conservadores naturales como ácido cítrico, el cual al ser un aditivo químico tiene la función de conservar los alimentos e inhibir el crecimiento bacteriano debido a que produce la quelación de los iones metálicos que son esenciales para el desarrollo microbiano, [Fellows, 2017] podrían ser aplicados antes del tratamiento de secado (deshidratación) para aumentar la vida de anaquel de esta materia prima endémica de México y así tener un mejor aprovechamiento. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de secado por aire caliente utilizando un secador de charolas comparado con el secado por liofilización de las inflorescencias de tepejilote pretratadas por dos métodos térmicos tradicionales (agua en ebullición y vapor saturado a presión) y uno no térmico (inmersión en ácido cítrico) sobre su composición química proximal y propiedades tecnofuncionales.

Metodología.

Recolección de la materia prima, acondicionamiento y caracterización.

Las vainas de tepejilote fueron recolectadas en un municipio cercano a la ciudad de Tuxtepec, Oaxaca, en Noviembre del 2018; se limpiaron y pelaron utilizándose las inflorescencias de color amarillo-pajizo, las cuales fueron acondicionadas mediante tres pre-tratamientos antes del secado que fueron 1) **Inmersión en ácido cítrico (TAc):** Las inflorescencias se sometieron a inmersión en una solución de ácido cítrico durante 20 minutos y se escurrieron a temperatura ambiente hasta eliminar el mayor contenido de agua; **2**) **Vapor saturado a presión (TVsP) y 3) Inmersión en agua a ebullición (TAeb)** de acuerdo al procedimiento de [Morales-Fernández y col., 2018].

Secado de inflorescencias de tepejilote.

Una vez obtenidas las inflorescencias pretratadas, se deshidrataron por liofilización (Liofilizador FreeZone 4.5) y secado convectivo utilizando un secador de charolas (POLI REP) a 60°C, y posteriormente se tamizaron en un tamiz marca MONT INOX con número de malla 40, obteniendo un tamaño de partícula de 420 µm y/o 0.0165 in.

Determinación de la composición química proximal de las inflorescencias de tepejilote.

Las inflorescencias de tepejilote frescas y pretratadas fueron analizadas en cuanto a su contenido de humedad, cenizas, grasas y proteínas (N × 6.25) se determinó de acuerdo con los métodos 934.01, 942.05, 948.22 y 960.52 respectivamente [AOAC, 2005]. El contenido de carbohidratos se determinó por la resta del valor de la suma total de los otros componentes.

Caracterización de las propiedades tecnofuncionales.

La capacidad de retención de agua, solubilidad, capacidad de hinchamiento, capacidad de absorción de aceite, capacidad emulsificante y estabilidad de la emulsión se determinó de acuerdo con el método de [Robertson, J.A., Monredon, F.D., Dysseler, P., Guilon, F. y col., 2000].

Análisis estadístico.

Los resultados de cada análisis se registraron como la media de tres repeticiones ± desviación estándar. Se realizó un ANOVA (análisis de varianza, según sus siglas en ingles) de una sola vía; seguido de una prueba con el método Tukey al 95% con intervalos de confianza y una diferencia significativa de $p<0.05$, utilizando el software estadístico Minitab 17 (Minitab Inc.), y graficando en SigmaPlot 12.0.

Resultados y discusión.

 ISSN 2007-8102

Caracterización de la composición química de las inflorescencias de tepejilote.

El contenido de cenizas de los polvos de las inflorescencias de tepejilote de SL-TAc, SC-Tac, SL-TVsP no se obtuvieron diferencias significativas ($p<0.05$) comparadas con la muestra control (TF), mientras que SL-TAeb, SC-TAeb y SC-TVsP, aumentó el contenido de cenizas, esto se debe a que estos dos tratamientos están involucrados en la interacción con agua y vapor los cuales al entrar en contacto con el tepejilote este absorbe el agua aumentando su peso y disminuyendo el contenido de cenizas (ver *FIGURA 1a*). También se puede observar que los tratamientos que fueron secados en charolas mantienen un más alto nivel en el contenido de cenizas, debido a que este método se secado es más estricto en cuanto a temperatura y logrando así una mejor deshidratación eliminando el mayor contenido de humedad. Comparando el contenido de cenizas reportado por [Moralez-Fernadez y col., 2018] el contenido de cenizas es mayor, esto puede deberse al clima, lugar de recolección, condiciones del suelo en donde fue recolectado el tepejilote, o también puede influir las condiciones en las que se llevaron a cabo los tratamientos, y comparando con los datos obtenidos por [Centurión-Hidalgo y col., 2009], los resultados están dentro del rango que al autor reportó.

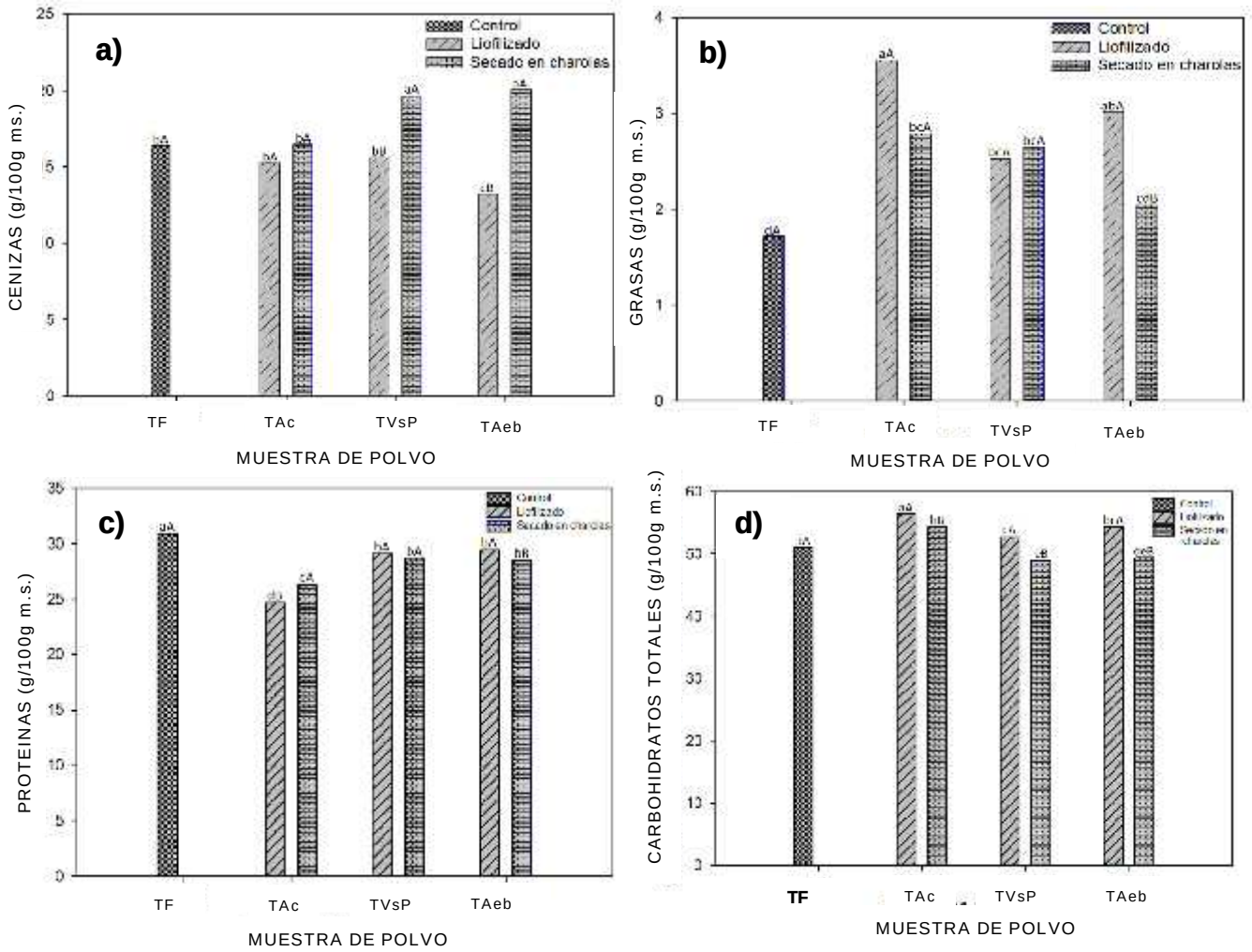


FIGURA 1a) Contenido de cenizas, 1b) Contenido de grasas, 1c) Contenido de Proteínas y 1d) Contenido Carbohidratos de las inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote* frescas (TF) y secadas por liofilización (SL) y secado convectivo en charolas (SC) con diferentes pretratamientos: Tac=Tepejilote tratado por inmersión en ácido cítrico, TAeb=Tepejilote a ebullición; TVsP= Tepejilote vapor saturado a presión. Datos expresados como la media ± desviación estándar de tres experimentos independientes. Las letras minúsculas significan diferencia significativa ($p<0.05$) entre columnas, las letras mayúsculas significan diferencia significativa ($p<0.05$) entre filas.

Por otra parte, en el contenido de grasas si se obtuvieron diferencias significativamente ($p<0.05$), siendo el SL-TAc, SC-TAc con el contenido más alto y el TF el contenido más bajo, esto se debe a que en estado fresco las grasas están menos disponibles, y al ser sometidas a un ácido o temperaturas elevadas están tiende a aumentar. En cuanto tipo de secado las muestras liofilizadas presentan mayor contenido de grasas, debido a que este es un método más conservador de las propiedades nutricionales de los alimentos, a excepción del SL-TVsP y SC-TVsP el cual el contenido de grasa se mantiene igual para ambos tipos de secado (ver *FIGURA 1b*). Comparando los resultados con [Moralez-Fernadez y col., 2018] el contenido de grasas está dentro de los resultados obtenidos, mientras que lo reportado por [Centurión-Hidalgo y col., 2009] el contenido de grasas es menor, esto puede deberse a las condiciones en las que fue recolectada el tepejilote, así como el método ocupado para su extracción.

En cuanto al contenido de proteínas, el TF presentó el mayor contenido, mientras las inflorescencias de SL-TVsP, SC-TVsP y SL-TAeb, SC-TAeb no obtuvieron diferencias significativas ($p<0.05$),pero se mantuvieron debajo de la muestra control, debido a que durante el escurrido de las inflorescencias después de cada tratamiento se pudieron haber perdido proteínas hidrosolubles, el tratamiento con más bajo contenido fue el de SL-TAc y SC-TAc, esto pudo deberse a que los dos anteriormente mencionados son tratamientos térmicos, los cuales al interaccionar la temperatura con las proteínas estas son liberadas, haciéndolas más biodisponibles, rompiendo los enlaces peptídicos y liberando compuestos como péptidos y aminoácidos libres (ver *FIGURA 1c*). Comparando con [Moralez-Fernadez y col., 2018] y [Centurión-Hidalgo y col., 2009] el contenido de proteínas reportado por dichos autores es menor, esto pudo deberse a el tipo de tepejilote, utilizado, así como la temporada y las condiciones en las que fue desarrollado y cosechado.

El contenido de carbohidratos en las muestras que más alto contenido obtuvo fue en el SL-TAc y SC-TAc, mientras que SL-TVsP y SC-TAeb no presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) (ver *FIGURA 1d*). Comparando con los resultados de [Moralez-Fernadez y col., 2018] se obtuvieron resultados menores, debido a las diferencias de datos en los otros compuestos químicos, lo cual pudo ser atribuido al tipo de tepejilote ocupado.

Caracterización de las propiedades tecnofuncionales.

En la capacidad de hinchamiento (SWC/CH), la muestra control (TF) y la muestra de SL-TAeb no obtuvieron diferencias significativas ($p<0.05$), siendo las más altas con esta capacidad tecnofuncional, mientras que el resto de los tratamientos disminuyeron un 2.5% en cuanto a la muestra control, tampoco obteniendo diferencias significativas ($p<0.05$) (ver *FIGURA 2a*). La fibra dietética con alta propiedad de hidratación puede usarse como ingrediente funcional para evitar la sinéresis y modificar la textura de algunos alimentos formulados [Yin y col., 2014]. En cuanto a la capacidad de retención de agua (WHC/CRA) las muestras de inflorescencias tratadas aumentaron, por encima de la muestra control, esto puede deberse a que al ser sometidas a temperatura o soluciones acidas, se permitió un mejor rompimiento de la estructura de las inflorescencias con esto a la hora de ser secadas, se pudo eliminar el mayor contenido de agua, y al entrar en contacto nuevamente con agua para determinar la CRA esta fue absorbida mejor que el TF (control) que no tuvo ningún tratamiento (ver *FIGURA 2b*). Los valores altos de CH y CRA indican específicamente que tiene una aplicación potencial en productos que requieren hidratación, viscosidad y gelificación, y conservación de la frescura, como alimentos horneados o productos cárnicos cocidos [Vivar-Vera y col., 2018]. Por otra parte, la solubilidad del TF no obtuvo diferencias significativas ($p<0.05$) con la muestra SL-TAc y SL-TVsP, obteniéndose un alto nivel de solubilidad en dichas muestras, a diferencia del tratamiento TebVN, el cual tuvo un bajo valor, esto puede deberse a que el tratamiento está en contacto directo con el agua y sometido a altas temperaturas y con esto se van rompiendo la matriz celular de las inflorescencias y liberando compuestos hidrosolubles, depositándolos en el agua de residuo de la ebullición (ver *FIGURA 2c*). En cuanto a la capacidad de absorción de aceite (CAA/OHC) la muestra que mayor absorción presentó fue SL-TVsP y SC-TVsP, mientras que el control (TF), SL-TAc, SC-TAc y SL-TAeb no presentaron diferencias significativas ($p<0.05$), esto quiere decir que las altas presiones modifican la estructura de los componentes de las inflorescencias formando compuestos hidrofóbicos que hacen mejor absorción de los aceites y grasas (ver *FIGURA 2d*). Los valores bajos de CAA podrían ser útiles en alimentos bajos en grasa [Vivar-Vera y col., 2018]. Continuando con las propiedades, tenemos la capacidad emulsificante (CE), en la cual si se obtuvieron diferencias significativas, comparando el TF con las muestras tratadas, se puede observar que al llevar acabo los diversos tratamientos se pierde la capacidad emulsificante, sin embargo el valor en el cual a partir de estos polvos se formen emulsiones están en un intervalo aceptable que va de 12-54% en el caso de los tratados, y en el caso del tepejilote fresco un 80% (ver *FIGURA 2e*). Por lo tanto el polvo de tepejilote tiene buena CE, y mantiene una buena estabilidad de la emulsión en las muestras TF, SL-TAc y SC-TAeb manteniéndose estable

 ISSN 2007-8102

en un 77 a 86%, mientras que las demás muestras se mantienen en un intervalo de 48 a 61%, esta disminución en la estabilidad puede ser afectada por diversos factores, por mencionar algunos como: pH, temperatura, fuerza iónica y tipo de proteínas que contengan las inflorescencias (ver *FIGURA 2f*).

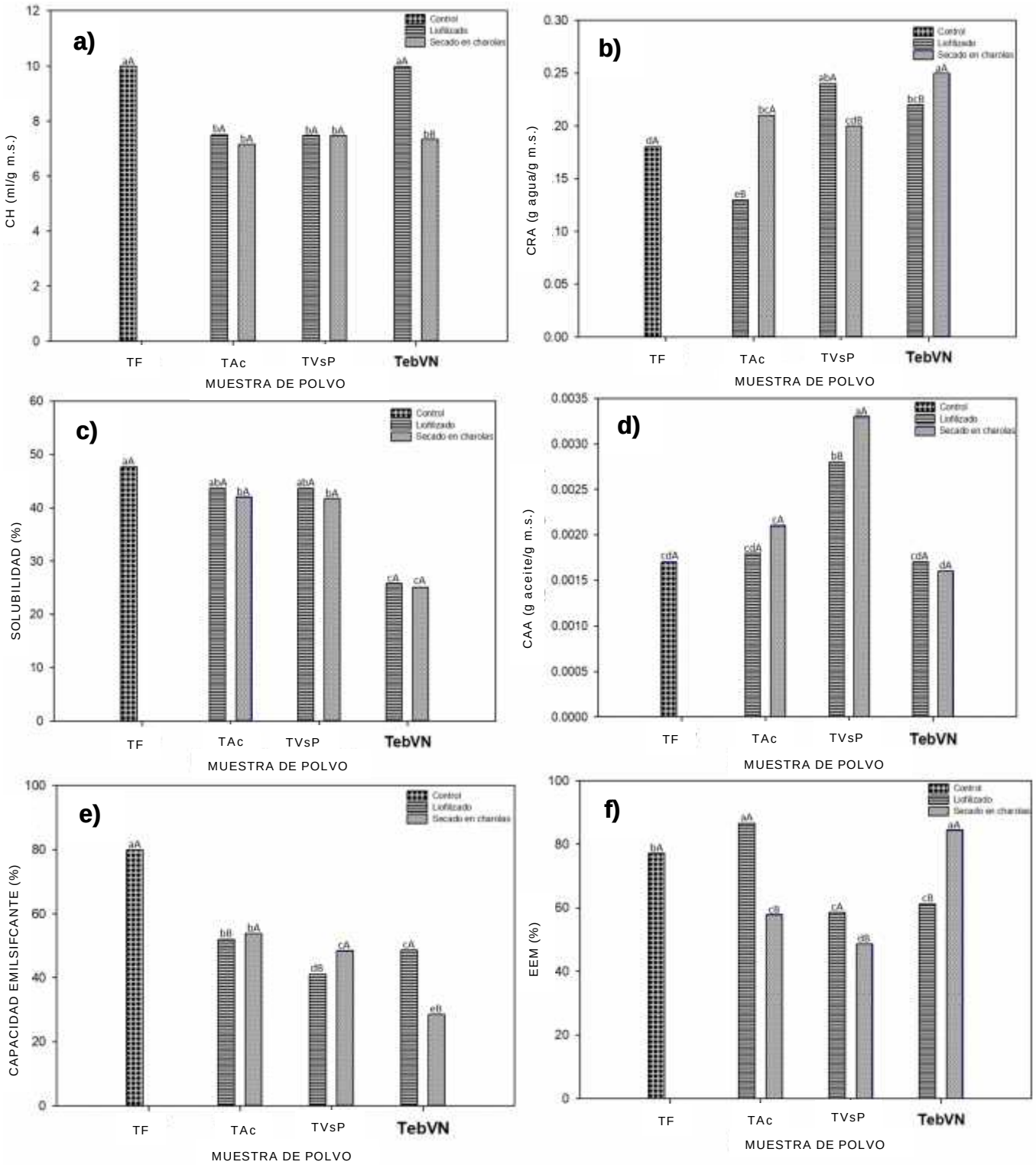


FIGURA 2a) Capacidad de hinchamiento, 2b) Capacidad de retención de agua, 2c) Solubilidad, 2d) Capacidad de absorción de aceite, 2e) Capacidad emulsificante y 2f) Estabilidad emulsificante de las inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote* frescas (TF) y secadas por liofilización (SL) y secado convectivo en charolas (SC) con diferentes pretratamientos: Tac=Tepejilote tratado por inmersión en ácido cítrico, TAeb=Tepejilote a ebullición; TVsP= Tepejilote vapor saturado a presión. Datos expresados como la media ± desviación estándar de tres experimentos independientes. Las letras minúsculas significan diferencia significativa ($p<0.05$) entre columnas, las letras mayúsculas significan diferencia significativa ($p<0.05$) entre filas.

Conclusiones.

Los polvos de las Inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote* con los diferentes pretratamientos (SL-Tac, SL-TAeb, SL-TVsP) aumentaron el contenido de grasas (51.68, 32.01 y 43.04%, respectivamente) con respecto al control. Las inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote* son ricas en proteínas no siendo afectadas por los métodos de secado, a excepción de SL-TAc y SC-TAc en el cual disminuyó 20.18 y14.87% respectivamente. El polvo de SL-TAeb tiene aplicación potencial en productos que requieren hidratación y conservación de frescura, debido a los altos niveles de CH (9.98 ml/g) y CRA (0.22 g/g), mientras que el polvo de SC-TAeb es ideal para alimentos bajos en grasa por su baja CAA (0.0016 g/g). Por lo tanto, los polvos de tepejilote pueden ser considerados como ingrediente alimenticios que pueden ser añadidos a una alta gama de productos alimenticios, mejorando su composición nutrimental, siendo utilizados según el producto a elaborar en base a sus propiedades tecnofuncionales

Referencias.

1. Centurión-Hidalgo, D., Alor-Chávez, M. J., Espinosa-Moreno, J., Gómez-García, E., Solano, M. L., & Poot-Matu, J. E. (2009). Contenido nutricional de inflorescencias de palmas en la sierra del estado de Tabasco. *Universidad y ciencia*, *25*(3), 193-199.

2. Flores, C. (2002). Informe de mercadeo de tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*).

3. Parzanese, M. (2012). Vegetales mínimamente procesados. *Alimentos Argentinos*, *55*, 31-39.

4. Barrett D.M. and Lloyd B., (2012). Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. JSci Food Agric 92:7–22.

5. Morales-Fernandez, A.J.,Vivar-Vera, G., Cortes-Cid, L.A., Paz-Gamboa, E.,Vivar-Vera, M.A.* (2018). Evaluación química y microestructural de inflorescencias de Chamaedorea tepejilote tratadas por diferentes métodos térmicos. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*, 1159-1166.

6. Martínez-Jimenez, M. C., Montalvo-Gonzalez, E.,Sayago-Ayerdi, S.G., Mercado-Mercado, G.,Ramirez-de Leon, J.A.,Paz-Gamboa, E., Vivar-Vera, M.A.(2017). E□ect of high hydrostatic pressure on the polyphenols and antioxidant activity of planta in pulp(Musa paradisiaca AAB). *JSci Food Agric*, 2508-2515.

7. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (2005). Official Methods of Analysis. In W. Horwitz & G. W. Latimer (eds.). 18th ed. Gastherburg, MD. USA: AOAC International.

8. Fellows, P (2017). Food Processing Technology. Principles and Practice. Fourth Edition 2017. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Elsevier. ISBN:978-0-08-101907-8.

9. Montalvo-González, E., Aguilar-Hernández, G., Hernández-Cázares, S.A., Ruiz-López, I.I., Pérez-Silva, A., Hernández-Torres, J, Vivar-Vera, M.A*. (2018). Production, chemical, physical and technological properties of antioxidant dietary fiber from pineapple pomace and effect as ingredient in sausages – CYTA-Journal of Food. 16(1):831-839.

10. Pantaleón-Velasco, M.R., Ruiz-López, I.I., Pérez-Silva, A., Bravo-Clemente, L., Mateos, R., Ruiz-Espinosa, H., Vivar-Vera, M.A.* (2014). Antioxidant and functional properties of a high dietary fibre powder from carambola (Averrhoa carambola L.) pomace – International Journal of Food Science & Technology.

Caracterización reológica en régimen rotacional de suspensiones de malanga (*Colocasia esculenta*) y yuca (*Manihot esculenta)*

S. D. Cabo-Araoz [1], P. Linares-Bravo[1], A. M. Rodríguez-Martínez[1], G. Luna-Solano[1], D. Cantú-Lozano[1]*
[1]Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No 852. Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba., Veracruz, México.
**dencantu@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se prepararon suspensiones de malanga y yuca a diferentes concentraciones, se utilizó glicerol como plastificante. Posteriormente, se caracterizaron reológicamente en régimen rotacional. Las soluciones presentaron un comportamiento no newtoniano con características dilatantes y un comportamiento de flujo mayor a 1 y se ajustaron al modelo de Herschel-Bulkley, esto mostró la existencia de partículas en suspensión que fueron capaces de formar un biopolímero a medida que se aumentó la viscosidad en función a la velocidad de corte, es decir, a la agitación. La caracterización fisicoquímica determinó que son mayormente orgánicas debido a la baja cantidad de sales inorgánicas representadas por las cenizas y de que posiblemente debido al origen de éstas el biopolímero resultante pueda ser comestible además de biodegradable.

***Palabras clave**: malanga, yuca, biopolímero, viscosidad.*

Abstract

Suspensions of malanga and cassava were prepared at different concentrations, glycerol was used as a plasticizer, later, they were characterized rheologically in a rotational regime. The solutions presented a non-Newtonian behavior with dilatant characteristics and a flow behavior greater than 1 and were adjusted to the Herschel-Bulkley model, this showed the existence of suspended particles that were able to form a biopolymer as the viscosity was increased depending on the cutting speed, that is, the agitation. The physicochemical characterization showed that they are mostly organic due to the low amount of inorganic salts represented by the ashes and that possibly due to the origin of these the resulting biopolymer can be edible as well as biodegradable.

***Key words**: malanga, cassava, biopolymer, viscosity.*

Introducción

El incremento en la generación de residuos plásticos que dependen en su totalidad del petróleo es un grave problema ambiental, aunado a esto, dicho mineral fósil experimenta en la actualidad un aumento continuo en su precio a nivel internacional; por otra parte, la disminución de las reservas petrolíferas mundiales y la implantación de políticas para combatir el cambio climático, además una estadística mundial muestra que el 43% de las especies de mamíferos marinos, 86 % de las especies de tortugas marinas, y 44 % de las especies de aves marinas son susceptibles a la ingestión desechos plásticos marinos [Malathy y col., 2014]. En los últimos años, el interés en los envases biodegradables como alternativa a los envases y empaques sintéticos a base de petróleo no biodegradables se ha incrementado para reducir el impacto sobre el medio ambiente y en la salud humana. Estos envases biodegradables juegan un importante papel en la prevención de las enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes [De Morales y col., 2016].

Existe ya una cantidad considerable de investigaciones para la obtención de biopolímeros (ácido poliláctico, polihidroxialcanoato, polihidroxibutirato, etc.) [Williams y Hillmyer, 2008] con la finalidad de sustituir de forma parcial o en su totalidad a los polímeros derivados del petróleo, pero la mayoría de ellos provienen de materias primas de alto costo. El uso de residuos agroindustriales en la obtención de biopolímeros se considera un medio adecuado para reducir el costo de elaboración y obtención de estos biomateriales, ya que la mayoría de estos residuos son ricos en carbohidratos [Moura y col*.,* 2016]. Muchas materias primas han sido usadas para obtener biopelículas biodegradables, destacando entre ellas biopolímeros de fuentes renovables como los tibicos, uno de los materiales orgánicos que cuenta con un bajo costo de producción, disponibilidad mundial y por su fácil manejo en la formación de biopelículas [Linares-Bravo y col., 2017].

En esta investigación se propone preparar soluciones para producir biopolímeros a partir de fécula de malanga (*Colocasia esculenta)* y yuca (*Manihot esculenta*), reforzados con biopelícula de granos de kefir de agua, con las características necesarias que permitan sustituir a los polímeros sintéticos, por esto, se diseña una metodología con comportamientos de flujo desde su formación hasta su obtención, una metodología adecuada para obtener biopolímeros. Un análisis fisicoquímico, y una caracterización reológica. Esta metodología permite determinar las propiedades de las soluciones obtenidas para definir su aplicación en la producción de polímeros para utilizarse como envase o empaque biodegradable. Con la aplicación de esta nueva tecnología se busca contribuir a cuidar el medio ambiente al minimizar el uso de polímeros sintéticos que, debido a su gran resistencia, perduran por periodos largos de tiempo en el medio ambiente, disminuir el costo de los plásticos utilizados en empaques al aprovechar la merma de la agroindustria como materia prima o subproductos como es la fécula de los tubérculos.

Metodología

Extracción de la fécula de *Colocasia Esculenta* y *Manihot esculenta*

Se lavó con agua y jabón neutro la materia prima (malanga y yuca), las cuales se pelaron y se cortaron en trozos medianos, después se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 0.03% para evitar el oscurecimiento enzimático. Los trozos se molieron en un procesador industrial. La mezcla se filtró con un colador convencional y separó por tres mallas No. 100, 200, y 400 (0.150, 0.075 y 0.038 mm), respectivamente, Las mezclas se dejaron sedimentar por 24 horas y se pasaron a secar en un secador de charolas a 45 °C por 8 horas. El almidón seco se trituró con mortero y pistilo y se pasó por una malla No. 100 (0.150 mm) y se almacenó en bolsas de plástico con cierre hermético hasta su posterior uso [Farrag y col., 2018].

Elaboración de las suspensiones formadoras de biopolímeros y biopelícula de granos de kefir

Se prepararon suspensiones formadoras de biopolímeros (SFP) de malanga y yuca usando un diseño unifactorial donde se varió la concentración de fécula en dos niveles 1.5 y 3.5 p/p utilizando glicerol como plastificante a un 30% del peso de la fécula a 25 °C, según lo reportado por Sessini y col., 2016. Para las suspensiones formadoras de biopelícula de kefir se usó un diseño factorial 2^2 donde los dos factores fueron la concentración de sustrato de sacarosa a 25 y 17 °Brix y la temperatura a 25 y 35 °C correspondientemente.

Parámetros fisicoquímicos

El análisis fisicoquímico se determinó de acuerdo a [AACC, 2000] humedad, cenizas, lípidos, proteína, acidez, fibra y solubilidad.

Ensayo rotacional

El análisis reológico se llevó a cabo de la siguiente forma y mediante pruebas de corte en estado estable, utilizando un Reómetro (Anton Paar modelo MCR301, Austria).

Las pruebas reológicas en estado estable se realizaron a velocidades de corte desde 0.1 a 1,000 s. Los comportamientos de flujo se analizaron mediante el empleo del modelo que mejor se ajuste a su comportamiento fenomenológico, se realizaron experimentos de corte a diferentes temperaturas (25, 35, 70°C) [Hyun K y col., 2006., Hyun K y col., 2011].

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica de la fécula de malanga y yuca.
En la Tabla 1 se muestra la caracterización fisicoquímica de la fécula de malanga y yuca donde se observó un bajo contenido de cenizas y humedad debido a su composición orgánica y a la poca presencia de sales inorgánicas tales como fósforo y magnesio que se incluyen en la composición de estos tubérculos, se observaron valores de pH de 6.8 y 6.3, por literatura se sabe que el pH neutro corresponde a un valor de 7 el resultado es 6.8 por lo cual se refiere a un pH cercano a la neutralidad semejante a lo reportado Sessini y col., 2016. y un bajo contenido de lípidos 0.30 y 0.20% para fécula de malanga y yuca, proteínas de 2.80 y 0.06% para fécula de malanga y yuca, respectivamente, comparado con las féculas de camote, makal y sagú que contienen en los cuales se encuentran valores de 0.41, 0.86, 0.75% de lípidos y valores de 3.24, 4.39, 0.22% de proteína correspondientemente [Hernández-Medina y col., 2008] la fuente más alta reportada en la fécula de malanga y yuca fueron los carbohidratos con un 80% de la composición de la fécula, ya que se encuentran por encima de la fécula de camote, makal y sagú que representa el 70% de su composición [Hernández-Medina y col., 2008], los principales componentes de malanga y yuca en proporción son 25% de amilosa y 75% de amilopectina esto afectará a las suspensiones de manera positiva ya que estos carbohidratos al entrar en punto de gelificación a más de 70°C pueden formar suspensiones biopoliméricas [Sessini y col., 2016].

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de las féculas de malanga y yuca

Parámetros	**Valor**	
	Fécula de	Fécula de Yuca
Cenizas (%)	0.76	0.29
Humedad (%)	12.70	9.48
pH [-]	6.8	6.3
Acidez (%)	0.33	0.26
Lípidos (%)	0.30	0.20
Proteínas (%)	2.80	0.06
Carbohidratos (%)	82.90	88.20

Caracterización fisicoquímica de las suspensiones de malanga y yuca

En la Tabla 2 se muestran la caracterización de las suspensiones de malanga y yuca, se observa una disminución del contenido de cenizas y el aumento de la humedad ya que al adicionar agua las sales inorgánicas se diluyen en el solvente universal, las muestras se acidificaron mostrando valores de acidez y pH más bajos. Para los lípidos no se encontró diferencia significativa entre las suspensiones y la fécula pura.

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de las suspensiones formadoras de biopelícula (SFB) de malanga y yuca

Parámetros	**Valor**	
	SFB Malanga	SFB Yuca
Cenizas (%)	0.01097	0.0059
Humedad (%)	95.0864	96.8628
pH [-]	4.6	4.7
Acidez (%)	0.76	0.76
Lípidos (%)	0.3765	0.3546
Carbohidratos	3.52	1.92

 ISSN 2007-8102

Caracterización reológica en régimen rotacional de las suspensiones de malanga, yuca y kefir

En la Figura 3 se muestran los reogramas en régimen rotacional de las suspensiones de malanga donde se observa un comportamiento no newtoniano con características dilatantes es decir a medida que aumenta la velocidad de corte aumenta la viscosidad. En la Tabla 3 se muestran los parámetros reológicos del modelo de Herschel-Bulkley (HB) resaltando el comportamiento de flujo que al ser mayor que 1 demuestra el comportamiento dilatante de la suspensión de malanga.

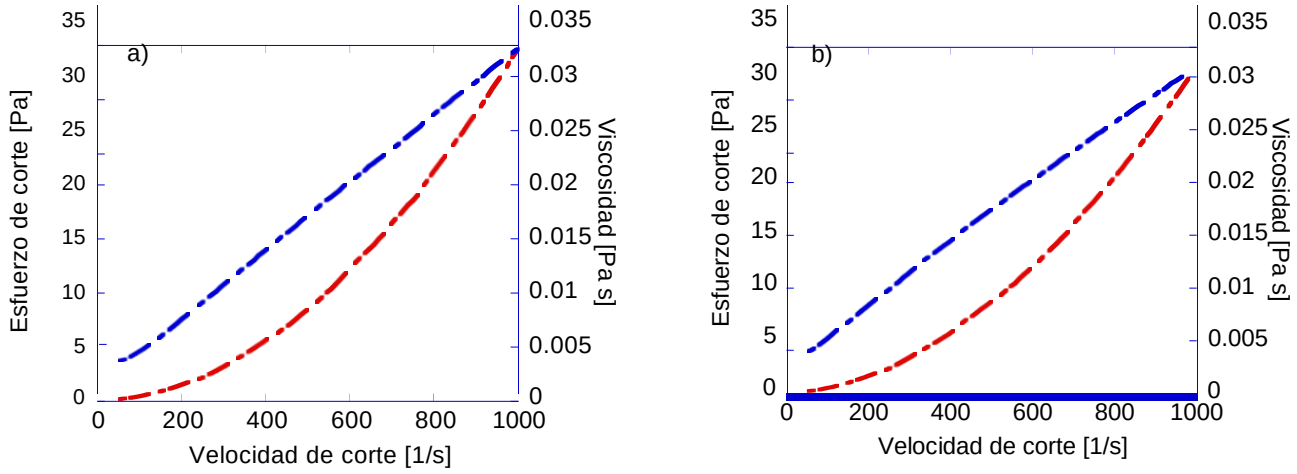


Figura 3. Reograma a 25°C de las suspensiones de malanga a) 1.5 p/p y b) 3.5 p/p donde la línea azul es la viscosidad aparente y la línea roja es el esfuerzo de corte

Tabla 3. Modelo de Herschel-Bulkley de la suspensión formadora de polímeros de malanga a 25 °C

Muestra	Modelo de Herschel-Bulkley	R^2
a) SFP 1.5 p/p	$\sigma = 0.072+7.520\text{x}10^{-5}\dot{\gamma}^{1.865}$	0.9914
b) SFP 3.5 p/p	$\sigma = 0.077+9.31\text{x}10^{-5}\dot{\gamma}^{1.840}$	0.9916

En la Figura 4 se muestran los reogramas en régimen rotacional de las suspensiones de yuca donde se observa un comportamiento no newtoniano con características dilatantes, es decir, a medida que aumenta la velocidad de corte, aumenta la viscosidad. En la Tabla 4 se muestran los parámetros reológicos del modelo de Herschel-Bulkley (HB) resaltando el comportamiento de flujo que al ser mayor que 1 demuestra el comportamiento dilatante de la suspensión de yuca.

 ISSN 2007-8102

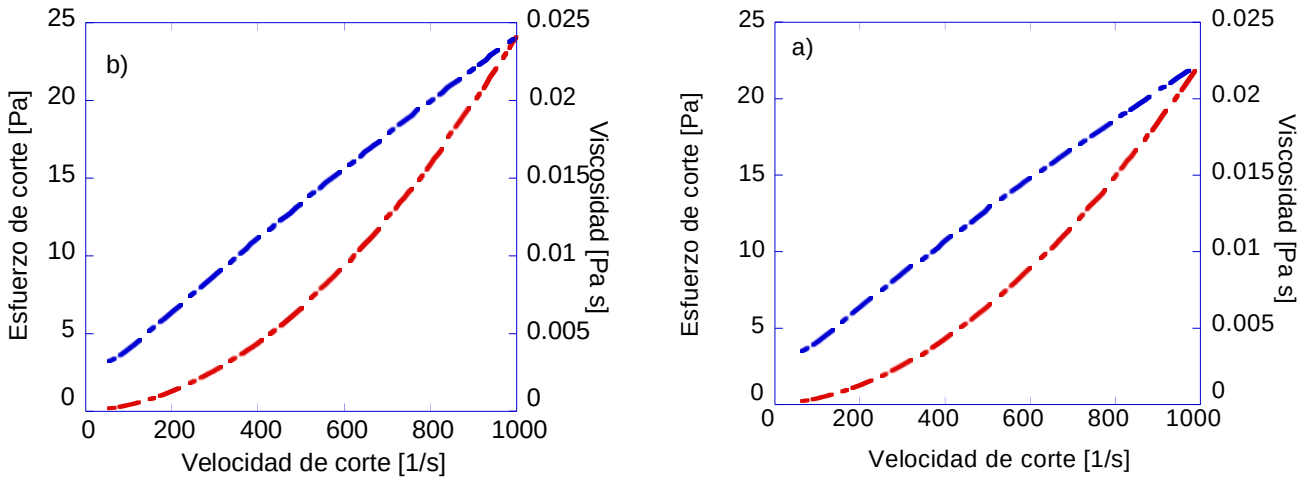


Figura 4. Reograma a 25°C de las suspensiones de yuca a) 1.5 p/p y b) 3.5 p/p donde la línea azul es la viscosidad aparente y la línea roja es el esfuerzo de corte

Tabla 4. Modelo de Herschel-Bulkley de las SFP de yuca a 25°C

Muestra	Modelo de Herschel-Bulkley	R^2
SFP 1.5 p/p	$\sigma = 0{,}073 + 7.75\text{x}10^{-5}\dot{\gamma}^{1.819}$	0.9873
SFP 3.5 p/p	$\sigma = 0.068 + 6.48\text{x}10^{-5}\dot{\gamma}^{1.856}$	0.9922

En la Figura 5 se muestran los reogramas en régimen rotacional de las suspensiones de kefir donde se observa un comportamiento no newtoniano con características dilatantes, es decir, a medida que aumenta la velocidad de corte, aumenta la viscosidad.

En la Tabla 5 se muestran los parámetros reológicos del modelo de Herschel-Bulkley, resaltando el comportamiento de flujo que, al ser mayor que 1, demuestra el comportamiento dilatante de la suspensión de kefir y esto indica que no existe diferencia significativa entre las diferentes temperaturas y concentraciones.

 ISSN 2007-8102

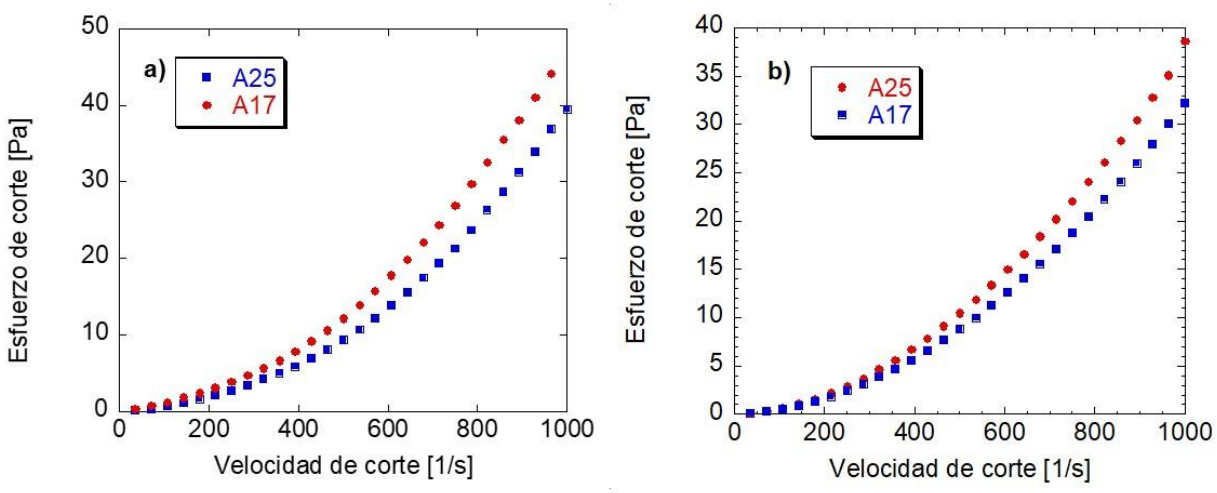


Figura 5. Reograma a 25°C en régimen rotacional de las suspensiones de kefir, donde A25 representa una concentración de sacarosa a 25° Brix y A17 una concentración de sacarosa a 17° Brix

Tabla 5. Parámetros reológicos de modelo Herschel – Bulkley de las suspensiones de kefir y su ajuste

Muestra	Temperatura [°C]	η [mPa·s]	σ_0 [mPa]	K [mPa s^n]	n [-]	R^2	"t" prob	"t"
A25	25	21.2	59.087	0.094	1.861	0.990	0.9898	0.0131
	35	22.2	59.155	0.094	1.850	0.990		
A17	25	24.0	56.516	0.097	1.856	0.991	0.9396	1.4340
	35	18.7	68.445	0.098	1.879	0.992		

Trabajo a futuro

Caracterizar las suspensiones de malanga, yuca y kefir en régimen oscilatorio (COGA).

Obtener y caracterizar, fisicoquímica, reológicamente en régimen rotacional y oscilatorio (COGA, COPA), los biopolímeros obtenidos de: malanga y yuca, así como la biopelícula de granos de kefir, para obtener las condiciones óptimas para sintetizar el biopolímero.

Optimizar el termoformado para la síntesis del biopolímero de fécula, de malanga y yuca, polimerizado con la biopelícula de granos de kefir.

Conclusiones

La caracterización fisicoquímica de las suspensiones resultantes de la fécula de malanga y yuca proporcionó información sobre su composición mayormente orgánica, debido a la baja cantidad de sales inorgánicas representadas por las cenizas. Posiblemente debido al origen de éstas, se infiere que el biopolímero resultante pueda ser comestible además de biodegradable. La caracterización reológica demostró un comportamiento no newtoniano con características dilatantes y un índice de comportamiento reológico mayor a 1. Los resultados se ajustaron perfectamente al modelo de Herschel-Bulkley, esto indicó que existen partículas en suspensión que fueron capaces de formar un biopolímero a medida que aumenta la viscosidad en función a la velocidad de corte, es decir, a la agitación. Se pretende continuar con la experimentación para obtener más resultados sobre este proceso de formación de biopolímeros.

Agradecimientos

A CONACYT por el apoyo económico a través de las becas nacionales con claves 960339 y 738332.

Al Tecnológico Nacional de México por su apoyo al proyecto “Producción de biopolímeos de féculas copolimerizadas con biopelícula de kefir para embalaje” con clave TecNM5947.19-P a través de la Convocatoria de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica 2019 para Institutos Tecnológicos Federales, Descentralizados y Centros.

A los productores de malanga y yuca de la empresa B.A. Export S.P.R de R.I. del municipio de Actopan Ver.

Referencias

1.AACC, (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. *Advancing Cereal Science Wollwide*.

2.De Moraes-Crizel, T., Hass-Costa, T. M., de Oliveira-Rios, A., Hickmann-Flóres, S. (2016). Valorization of food-grade industrial waste in the obtaining active biodegradable films for packaging. *Industrial Crops and Products* (**87)** 218-228 https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.039.

3.Farrag, Y., Ide, W., Montero, B., Rico, M., Rodríguez-Llamazares, S., Barral, L., Bouza, R. (2018). Starch films loaded with donut-shaped starch-quercetin microparticles: Characterization and release kinetics. *Macromolecules*, (**118**) Part B: 2201-2207. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.07.087.

4.Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D., (2008). Caracterizacion fisicoquímica de tubérculos cultivados en Yucatán, México*, Food Science and Technology* 3(**28):**223-229 http:dx.doi.org/10.1590/S0101-20612000300031.

5.Hyun K, Nam JG, Wilhelm M, Ahn KH, Lee SJ. (2006). Large amplitude oscillatory shear behavior of PEO-PPO-PEO triblock copolymer solutions. *Rheology* Acta. (**45**): 239-249.

6.Hyun K., Wilhelm M., Klein C. O., Soo Cho K., Gun Nam J., Hyun Ahn K., Jong Lee S., Ewoldt Randy H., McKinley Gareth H. (2011). A Review of Nonlinear Oscillatory Shear Tests: Analysis and Application of Large Amplitude Oscillatory Shear (LAOS). *Progress in Polymer Science*.

7.Linares-Bravo, P., Pérez-Ávila, R., Luna-Solano, G., Urrea-Garcia, G. R., Cantú- Lozano, D. (2017). “Crecimiento del kefir en soluciones formadoras de biopelículas a base de cáscara de piña”. Coloquio de Investigación Multidisciplinaria 2017. *Journal CIM*, (**5**): 878-884. ISSN 2007-8102.

8.Malathy, A. N., Santhosh, K. S., Udaykumar, N. (2014). Recent trends of Biodegradable polymer: Biodegradable films for Food Packaging and application of Nanotechnology in Biodegradable Food Packaging. *Current Trends in Technology and Science*, (**3**):73-79.

9.Sessini, V., Arrieta, M. P., Kenny, J. M., Peponi, L. (2016). Processing of edible films based on nanoreinforced gelatinized starch. *Polymer Degradation and Stability*, (**132**): 157-168. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.02.026.

10.Williams, C. K. & Hillmyer, M. A. (2008). Polymers from Renewable Resources: A Perspective for a Special Issue of Polymer Reviews. *Polymer Reviews*, (**48**), 1-10. http://dx.doi.org/10.1080/15583720701834133.

11.Moura, de P, I., da Silva, S, R., Silva, L, I., de Sousa, F, E. M., Oliveira, M, T., Valenzuela, B, M. J., Robert, N, J., Cantini, N, Á., Neumann, E. (2016). Lactobacillus kefiranofaciens and Lactobacillus satsumensis isolated from Brazilian kefir grains produce alpha-glucans that are potentially suitable for food applications. LWT - *Food Science and Technology*, (**72**) 390-398. http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.010.

Efecto de la harina de castaña sobre los algunos parámetros de extrusión de una botana

*A. V. Avendaño-Apolinar, J. G. Torruco-Uco, E. Ramirez-Figueroa, B. Hernandez-Santos, J. Rodríguez-Miranda**

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja S/N., Col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca, C.P. 68350, México.
**jesrodmir@gmail.com, jesus.rm@tuxtepec.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo de esta investigación fue, evaluar el efecto de la concentración de harina de castaña (*Artocarpus altilis*) en la harina de maíz nixtamalizado (*Zea mays* L.) sobre los parámetros de extrusión en la elaboración de botanas. Las variables evaluadas fueron: temperatura de extrusión (120 - 180 °C), contenido de humedad (18 - 22 g/100 g) y concentración de harina de semilla de castaña en harina de maiz nixtamalizado (0 - 70 g/100 g). La temperatura en su término lineal presentó efecto ($P < 0.05$) significativo negativo para la energía mecánica específica (EME) y torque (To). El contenido de humedad no presentó efecto ($P < 0.05$) significativo en ninguna de las variables de respuesta. Por otro lado, la concentración de harina de castaña, presentó efecto ($P < 0.05$) significativo negativo para la EME y To. Los resultados muestran que la reducción del contenido de harina de semilla de castaña disminuye la EME y el To.

***Palabras clave**: Artocarpus altilis, Energía mecánica específica, Zea mays.*

Abstract

The aim of this research was to evaluate the effect of the concentration of breadfruit flour (Artocarpus altilis) on nixtamalidated corn flour (Zea mays L.) on extrusion parameters in snack making. The variables evaluated were: extrusion temperature (120 - 180 °C), moisture content (18 - 22 g/100 g) and breadfruit seed flour concentration in nixtamalidated corn flour (0 - 70 g/100 g). The temperature in its linear term presented a significant negative effect ($P < 0.05$) for specific mechanical energy (SME) and torque (To). The moisture content had no significant effect ($P < 0.05$) in any of the response variables. On the other hand, breadfruit flour concentration showed a significant negative effect ($P < 0.05$) for SME and To. The results show that reducing the content of breadfruit seed flour decreases the SME and To.

Keywords: *Artocarpus altilis, specific mechanical energy, Zea mays.*

Introducción

En la actualidad las botanas son alimentos que suelen ser nombrados como: bocaditos o snacks, debido a su composición nutricional han sido señalados como productos no saludables, deficientes en nutrientes debido a su composición, ya que presentan elevadas cantidades de azúcar, grasa, sal, colorantes y aditivos, que pueden incrementar las enfermedades cardiovasculares, sobrepeso y obesidad en la población [Pérez-Ramos y col., 2017]. Estos productos son de fácil consumo además de satisfacer la sensación de hambre por cierto tiempo [Messer, 2006; Bustos y col., 2011]. Generalmente las botanas están elaboradas principalmente de maíz, el cuál a ser sometido a un proceso de nixtamalización, incrementa el contenido nutricional del producto final [Paredes-López y col., 2009]. La harina de maíz es ampliamente utilizada para la elaboración de alimentos extrudidos expandidos [Silva y col., 2014]. Se ha informado que las botanas elaboradas a partir de este cereal presentan buenas características físicas, funcionales y sensoriales [Rodríguez-Miranda y col., 2011]. En base a lo anterior, se puede optar por la elaboración de botanas nutritivas incorporando legumbres, vegetales o frutas en su

formulación. En general los productos tipo botana esperan tener estructura “expandida”, la cual puede ser medida y cuantificada por un número de métodos como la expansión, densidad y porosidad [Chinellato y col*.,* 2016]. La extrusión, es una de las tecnologías innovadoras que actualmente se está utilizando, como un proceso de cocción en la industria de los alimentos, el cuál es capaz de efectuar un número de operaciones que involucra el flujo de un material a diferentes condiciones controladas de mezclado, cocimiento, amasado, formado, expansión y secado [Zazueta y col*.,* 2011]. El interés en el uso de extrusores en la industria alimentaria, se deriva del hecho de que son capaces de combinar diversos ingredientes dando una nueva estructura a los alimentos y por lo tanto pueden ser útiles en el desarrollo de alimentos funcionales [Brennan y col*.,* 2013]. Existen investigaciones en donde, se han utilizado fuentes vegetales no convencionales para la adición de proteínas, fibra y almidón en productos extrudidos. El árbol de pan o también conocido como castaña, (*Artocarpus altilis*) es una especie más cultivadas en todo el mundo [Durán y Martínez, 2018]. Las frutas son generalmente redondas, ovaladas u oblongas, con un peso de 0.25 - 5 kg [Ragone, 2018]. Dentro del fruto se encuentran las semillas, las cuales son de color café marrón, de estructura semi-redonda, a partir de una sola fruta se pueden de 40 a 67 semillas. La composición de la semilla es aproximadamente un 75% de parte comestible y el resto de cáscaras, teniendo un peso que oscila entre los 8 - 8.5 gramos [Carrazco, 2010]. La semilla posee un alto valor alimenticio, su contenido proteico es de 8.80 g/100g. Además es rica en niacina, calcio, potasio, hierro, fibra dietética y vitaminas [Cabrera y Castillo, 2018]. Por lo anterior, en el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la concentración de harina de castaña (*Artocarpus altilis*) en la harina de maiz nixtamalidado (*Zea mays* L.) sobre algunos parámetros de extrusión en la elaboración de botanas.

Metodología

Materias primas

La semilla de castaña (*Artocarpus altilis*) se obtuvo en el municipio de Jalapa de Díaz, Oaxaca; se seleccionaron los frutos que presentaron coloración amarillenta en la cáscara para facilitar la extracción manual de la semilla. Se utilizó maíz (*Zea mays L.*) tipo criollo de semilla amarilla, obtenido en el municipio de Santa María Jacatepec, Oaxaca.

Obtención de la harina de semilla de castaña

Para la obtención de la harina de semilla de castaña se siguió la metodología propuesta por Ma y col. [2012] y Juárez-Barrientos y col. [2017]. Las semillas se cortaron en rebanadas y estas fueron sometidas a un proceso de blanqueamiento (100 °C/3 min), con el objetivo de inactivar la actividad de la peroxidasa en la semilla. Posteriormente fueron secadas a 60 °C/25 h en una estufa (RIOSSA, No. 303554, Modelo H-41, Serie: H040204, México), se pasaron por un molino eléctrico para granos (Marca Krups; modelo: GX410011, México) hasta reducir las partículas a un tamaño de malla No. 35 (0.5 mm). La harina obtenida se almacenó en recipientes de plástico a temperatura ambiente dentro de un desecador con sílica gel hasta su uso.

Obtención de la harina de maíz nixtamalizado

La obtención de harina de maíz nixtamalizado, se realizó de acuerdo a la metodología de Milán y col. [2004] y por la NMX-F-046-S-1980. Porciones de 100 g de maíz se mezclaron con una disolución de hidróxido de calcio (1.08 g de cal /100 g de maíz) y se sometieron a cocción a 85 °C/45 min; utilizando una relación grano/medio de cocción de 1:3, dejando reposar en el recipiente de cocción durante 8 horas, posteriormente la solución del cocimiento conocida como “nejayote” fue drenada y el nixtamal fue lavado con agua, los granos fueron molidos en una licuadora (Oster), y secados a 55 ºC/25 h en una estufa (RIOSSA, No. 303554, Modelo H-41, Serie: H040204, México), se dejó enfriar a temperatura ambiente y se realizó una molienda utilizando un molino eléctrico de granos (Marca Krups; modelo: GX410011, México), hasta reducir las partículas a un tamaño a 0.5 mm (malla No. 35) para la obtención de la harina.

Proceso de extrusión

Se utilizó un extrusor de tornillo simple marca Brabender (Modelo E19/25 D Instruments Inc South Hackensack, N.J. U.S.A), de laboratorio, de acuerdo a las siguientes condiciones: cuatro zonas de calentamiento Z1= 60 ºC, Z2 = 80 ºC, Z3 = 120 ºC y Z4 = 120 - 180 ºC; alimentación 20 kg/h; velocidad de tornillo 120 rpm; fuerza de compresión del tornillo 3:1; relación longitud/diámetro (L/D) 20:1 y diámetro interno del dado de salida circular de

3 mm. Antes de extrudir se realizó el mezclado de las formulaciones así como el ajuste del contenido de humedad de acuerdo al diseño de experimentos. Los extrudidos se secaron a 45 °C por 24 h hasta un 6% de humedad, posteriormente se almacenaron en bolsas de polietileno selladas a temperatura ambiente para su análisis posterior.

Diseño experimental y análisis de datos

Se realizó un diseño de experimentos Box Benhken, con tres variables independientes con 5 puntos centrales (Tabla 1) usando un paquete estadístico comercial (Design-Expert 7.0.0 Statease Inc., Minneapolis, MN, U.S.A). Las variables independientes evaluadas fueron: la temperatura de extrusión (120 - 180 °C) (X_1), contenido de humedad en la alimentación (18 – 22 g/100 g) (X_2) y la concentración de harina de semilla de castaña en la harina de maíz nixtamalizado (0 - 70 g/100 g) (X_3). Las variables de respuestas fueron: la energía mecánica específica (EME), el tiempo de residencia (TR) y el torque (To). Los resultados se analizaron por medio de regresión lineal múltiple. La significancia estadística de los términos de la regresión se examinó mediante el análisis de varianza (ANDEVA), para cada respuesta.

Parámetros del proceso de extrusión

Energía mecánica específica (EME)

Fue calculada de acuerdo a la metodología de Harper y Jansen [1981] y Martelhi [1983]. Con la siguiente ecuación:

$$EME = {(\Omega * \omega * 60)}/{f_m} \quad (1)$$

Donde: Ω esfuerzo neto ejercido, obtenido directamente del extrusor (N/m), ω velocidad angular del tornillo (rad/seg) y *fm* flujo de masa (g/min).

Tiempo de residencia (TR)

Se utilizó la metodología descrita por Likimani [1988]. Se añadió un colorante rojo a la muestra en la zona de alimentación, posteriormente se tomó el peso y el tiempo en que trascurrió la muestra al ser procesada dentro del extrusor.

Torque (To)

El torque (To) se obtuvo directamente del indicador en el panel de control. El cual mide el esfuerzo en el tornillo del extrusor. Se registraron los valores promedio de las lecturas por triplicado para cada ejecución.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra los datos experimentales obtenidos a partir del proceso de extrusión para EME, TR y To. Se puede observar que los valores de EME variaron de 209.03 a 404.38 J/g (Tabla 1). La Figura 1, muestra que la concentración de harina de castaña, presentó efecto ($P < 0.05$) significativo negativo para la EME. Los resultados para el tiempo de residencia variaron de 41.329 a 49.265 g/min (Tabla 1). La Figura 2, se observa que a diferentes concentraciones de HSC en la mezcla al ser extrudidas a altas temperaturas, el TR disminuye.

En el caso del torque los valores fueron de 13.32 a 24.60 Nm (Tabla 1). En la Figura 3, se puede observar que a bajas concentraciones de HSC y en concentraciones mayores de HMN a temperaturas menores a 160 °C el torque disminuye.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Diseño de experimental y datos experimentales de botanas extrudidas.

Tratamiento	Variables independientes Actuales y (codificadas)			Variables de respuestas		
	T (°C) X_1	Cont. H. (g/100g) X_2	Conc. HSC/HMN (g/100g) X_3	EME (J/g)	TR (g/min)	To (Nm)
1	120 (-1)	18 (-1)	35 (0)	355.41	45.25	24.60
2	180 (1)	18 (-1)	35 (0)	235.27	48.97	15.34
3	120 (-1)	22 (1)	35 (0)	404.38	43.49	23.34
4	180 (1)	22 (1)	35 (0)	237.05	45.96	14.64
5	120 (-1)	20 (0)	0 (-1)	388.52	46.737	24.00
6	180 (1)	20 (0)	0 (-1)	321.48	46.789	20.94
7	120 (-1)	20 (0)	70 (1)	284.35	46.492	17.72
8	180 (1)	20 (0)	70 (1)	209.03	47.372	13.32
9	150 (0)	18 (-1)	0 (-1)	343.50	47.339	22.34
10	150 (0)	22 (0)	0 (-1)	378.79	46.147	23.62
11	150 (0)	18 (-1)	70 (1)	277.60	41.329	18.52
12	150 (0)	22 (1)	70 (1)	251.20	45.874	15.68
13	150 (0)	20 (0)	35 (0)	331.96	46.107	20.56
14	150 (0)	20 (0)	35 (0)	278.72	47.747	17.44
15	150 (0)	20 (0)	35 (0)	315.26	46.995	19.94
16	150 (0)	20 (0)	35 (0)	362.93	47.823	23.02
17	150 (0)	20 (0)	35 (0)	315.27	49.265	20.60

X_1: Temperatura de extrusión (°C), X_2: Contenido de humedad (g/100g), X_3: Concentración de harina de castaña en la harina de maíz (g/100g). EME: Energía mecánica específica; TR: Tiempo de residencia; To: Torque.

En la Tabla 2 se muestra los coeficientes de regresión del proceso de extrusión para EME, TR y To. Se puede observar que la temperatura en su término lineal presentó efecto ($P < 0.05$) significativo negativo para la EME y To. El contenido de humedad no presentó efecto ($P < 0.05$) significativo en ninguna de las variables de respuesta. Por otro lado la concentración de harina de castaña, presentó efecto ($P < 0.05$) significativo negativo para la EME y To, esto se puede observar en las Figuras 1 y 3.

Tabla 2. Coeficientes de regresión del proceso de extrusión para la energía mecánica específica (EME), tiempo de residencia (TR) y torque (To).

Coeficientes		Respuestas		
		EME	TR	To
	Intercepto	**307.214***	**45.981***	**19.505***
	X_1	**-107.455***	1.779	**-6.355***
Lineal	X_2	14.909	-0.356	-0.880
	X_3	**-102.530***	-1.486	**-6.415***
	X_1^2	12.365	-0.005	0.938
Cuadrático	X_2^2	0.440	1.669	-0.106
	X_3^2	7.619	0.745	0.378
	X_1X_2	-23.598	-0.627	0.280
Interacción	X_1X_3	-4.137	0.413	-0.670
	X_2X_3	-30.842	2.868	-2.060
R^2		0.876	0.604	0.851

Los números en negritas indican efecto significativo ($P < 0.05$). X_1: Temperatura de extrusión, X_2: Contenido de humedad, X_3: Concentración de harina de castaña en la harina de maíz nixtamalizado.

 ISSN 2007-8102

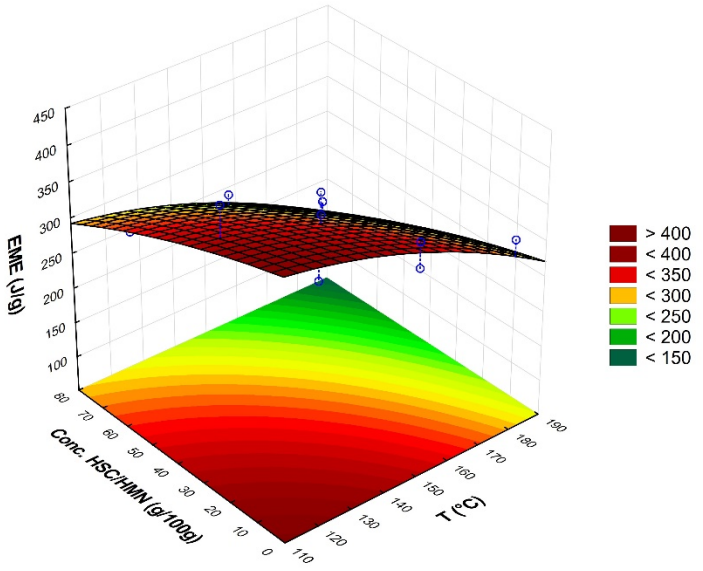


Figura 1. Efecto de la concentración de harina de semilla de castaña (HSC) en la harina de maíz nixtamalizado (HMN) y temperatura sobre la EME.

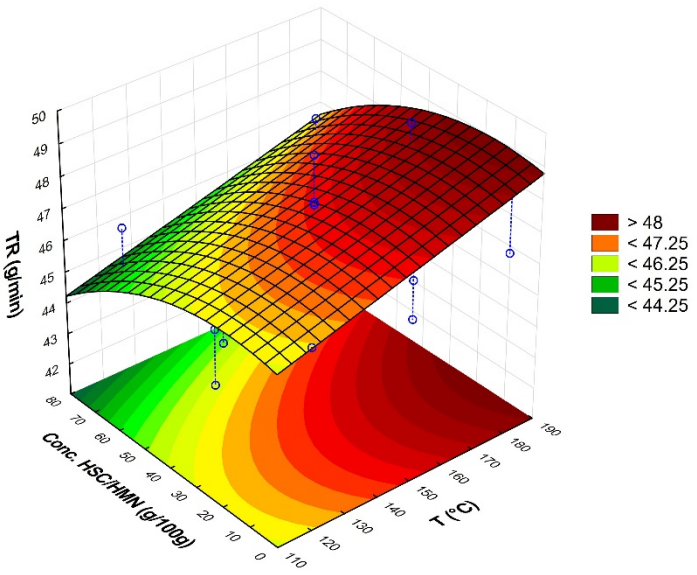


Figura 2. Efecto de la concentración de harina de semilla de castaña (HSC) en la harina de maíz nixtamalizado (HMN) y temperatura sobre el TR.

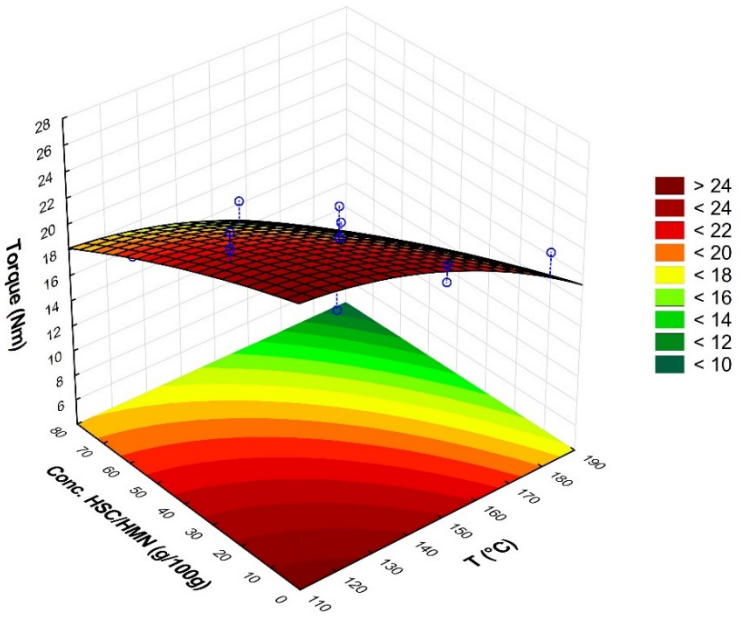


Figura 3. Efecto de la concentración de harina de semilla de castaña (HSC) en la harina de maíz nixtamalizado (HMN) y temperatura sobre el To.

Durante la extrusión la energía mecánica específica, tiene una correlación importante en las diversas transformaciones que presentan los diferentes componentes de la mezcla que se está procesando. Las transformaciones macromoleculares pueden ser la gelatinización del almidón y los cambios en la estructura de

las proteínas que, en consecuencia, determinan las propiedades reológicas de los materiales [Pensamiento-Niño y col., 2018]. En la Figura 1, se observa el efecto de la concentración HSC/HMN y la temperatura, a bajas concentraciones de HSC y a baja temperatura la EME aumenta, esto se debe a que al pasar la mezcla por el extrusor a baja temperatura la viscosidad es elevada, por lo tanto el flujo de la mezcla se dificulta cuando se procesa dentro del extrusor, por lo que se requiere un mayor esfuerzo y gasto de energía para que la mezcla pueda ser extrudida. Esto puede ser explicado de la siguiente manera; algunos almidones al ser analizados por DSC presentan dos transiciones, una en promedio entre 60 - 90 °C con una entalpía aproximada de 120 J/g, la segunda transición entre 110 y 150 °C, con una entalpía de 170 a 300 J/g. Jayakody y col. [2007] informaron que la temperatura de transición de la gelatinización está influenciada por el contenido de amilosa, la distribución de cadenas ramificadas de amilopectina, el contenido de proteínas y complejo de amilosa-lípidos. Riu y col., [2001] menciona que hay una disminución de EME cuándo se aumenta la temperatura de extrusión. Sucede lo contrario cuando el contenido de humedad y la temperatura es menor, incrementando la EME, esto se debe a que hay un aumento de la viscosidad en la mezcla. El incremento de la temperatura, provoca que el almidón pase por un proceso de plastificación, y como consecuencia la mezcla se comporte como un fluido. Las altas temperaturas están asociadas con una disminución de la viscosidad de la masa fundida dentro del extrusor, lo que favorece la reducción del suministro de energía al extrusor. Por lo tanto si se aumenta el contenido de humedad en la mezcla, se logra disminuir la viscosidad, y como consecuencia valores de EME menores [Rodríguez-Miranda y col., 2012].

El tiempo de residencia (TR) es considerado un parámetro que relaciona las variables del proceso de extrusión (como la velocidad del tornillo y el contenido de humedad) y los parámetros del producto (textura y sabor). El TR de los alimentos extruidos, determina el alcance de las reacciones químicas y la calidad de los productos extruidos [Rodríguez-Miranda y col., 2012]. En la Figura 2, se observa que a diferentes concentraciones de HSC en la mezcla al ser extrudidas a altas temperaturas, el TR disminuye. Aunque en este estudio el contenido de humedad no mostró efecto significativo, generalmente esto se debe a que hay un aumento del contenido de humedad, el cual induce a una disminución de la viscosidad, al igual que los altos contenidos de lípidos [Rodríguez-Miranda y col., 2012). Un tiempo de residencia bajo puede conducir a una mezcla dispersa y una inadecuada distribución [Gao y col., 2012]. El torque es una variable dependiente, que proporciona información sobre el esfuerzo que ejerce el tornillo durante el funcionamiento del extrusor [Mercier y col., 1989]. En la Figura 3, se puede observar que a bajas concentraciones de HSC y en concentraciones mayores de HMN a temperaturas menores a 160 °C el torque disminuye, debido a que durante el proceso el esfuerzo que realiza el tornillo no es riguroso. De acuerdo a lo reportado por Rosentrater y col. [2009], para la extrusión de dietas, informa que al aumentar la proporción de materia prima, el contenido de proteína y el contenido de humedad de alimentación al nivel medio de cada factor disminuyeron notablemente los valores de torque. Por otro lado la reducción del torque se ve favorecida con el incremento de la temperatura, debido a que hay una disminución de la viscosidad en la mezcla que se procesa [Kannadhason y col., 2009]. Otro factor que se atribuye a la disminución del torque, es el aumento del contenido de humedad esto sucede debido a que hay una mayor cantidad de agua disponible para que el almidón pueda gelatinizarse, lo que causa una disminución de la viscosidad en la mezcla, y como resultado una menor fricción en el extrusor, por lo que la dificultad del procesamiento disminuye [Pensamiento-Niño y col., 2018].

Trabajo a futuro

Se planea evaluar las propiedades fisicoquímicas del producto extrudido y la influencia de la harina de semilla de castaña sobre dichas propiedades, ya que en la presente investigación sólo se estudiaron los algunos parámetros del proceso de extrusión.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación mostraron que la cocción por extrusión de mezclas de harina de semilla de castaña y maíz nixtamalizado, utilizando un extrusor de tornillo simple puede ser una alternativa para producir botanas extrudidas con posibilidades de aceptación por parte de los consumidores, sin embargo, el aumento del contenido de harina de semilla de castaña aumenta el consumo de energía y el torque durante la obtención de la botana extrudida.

Referencias

1. Brennan, M-A.; Derbyshire, E.; Tiwari, B-K. and Brennan, C-S. (2013). Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. *Int. J. Food Sci. Techol*. 48**(5),** 893-902.

2. Bustos, N.; Kain, J.; Leyton, B. and Vio, F. (2011). Cambios en el patrón de consumo de alimentos en escolares chilenos con la implementación de un kiosco saludable. *Arch. Latinoam. Nutr.* 61**(3),** 302-307.
3. Cabrera Durán, E. y Castillo Martinez, J. (2018). Aprovechamiento de la fruta del árbol de pan (Artocarpus Altilis) para la obtención de un derivado alimenticio (harina). *Investig. Innov. Ing.* 6**(2)** 30-46.
4. Carrazco, Y. (2010). Elaboración y evaluación nutritiva de la harina de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) obtenida por proceso de deshidratación. Escuela Politécnica de Chimborazo. Retrieved from http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/56T00243.pdf
5. Chinellato, M.; Conegero, J.; Marques, D.; Oliveira, D.; Clemente, E. and Monteiro, A. (2016). Physical-Chemical and sensory quality of cassava extruded snack added with *Hibiscus sabdariffa* L. *Chem. Eng. Trans*. **(49),** 403-408.
6. Gao, Y.; Muzzio, F-J.; and Lerapetritou, M-G. (2012). A review of the Residence Time Distribution (RTD) applications in solid unit operations. *Powder techol.* **(*228*)** 416-423.
7. Guy, R; C, E. and Horne, A-W. (1988). Extrusion cooking and co-extrusion. *Food Structure: Its Creation and Evaluation, Butterworths, London*, 331-49.
8. Harper, J-M. and Jansen, G-R. (1985). Production of nutritious precooked foods in developing countries by low-cost extrusion technology. *Food Rev. International*, 1**(1),** 27-97.
9. Jayakody, L.; Lan, H.; Hoover, R.; Chang, P.; Liu, Q.; and Donner, E. (2007). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from two grass pea (*Lathyrus sativus* L.) cultivars grown in Canada. *Food Chem.* 105**(1),** 116-125.
10. Juárez Barrientos, J-M.; Hernández Santos, B.; Herman Lara, E.; Martínez Sánchez, C-E.; Torruco Uco, J-G.; de Jesús Ramírez Rivera, E. and Rodríguez Miranda, J. (2017). Effects of boiling on the functional, thermal and compositional properties of the Mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed Jackfruit seed meal properties. *Emir. J. Food Agricul.* 1-9.
11. Kannadhason, S.; Muthukumarappan, K. and Rosentrater, K-A. (2009). Effects of ingredients and extrusion parameters on aquafeeds containing DDGS and tapioca starch. *J. Aquaculture Feed Sci. Nutr*. 1**(1), 6**-21.
12. Likimani, T-L. (1988). α-Amlase activity and destruction of Bacillus globigii during extrusion cooking of conr /soy blends. Ph.D. thesis, Colorado State Univ., Fort Collins, CO.
13. Ma, H; Pan, Z.; Li, B.; Atungulu, G-G.; Olson, D-A.; Wall, M-M. and McHugh, T-H. (2012). Properties of extruded expandable breadfruit products. *LWT-Food Sci. Techol.* 46**(1),** 326-334.
14. Martelhi, F-G. (1983). Twin screw extruders: A basic understanding. Van Nostrand Reinhold: New York.
15. Mercier, C.; Linko, P. and Harper, J-M. (1989). Extrusion Cooking. American Association of Cereal Chemists. *Inc., St. Paul, Minnesota, USA*.
16. Messer, E. (2006). Globalización y dieta: significados, cultura y consecuencias en la nutrición. *Antropología y nutrición. México DF: Fundación Mexicana para la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana*, 27-74.
17. Milán Carrillo, J.; Gutiérrez Dorado, R.; Cuevas Rodríguez, E-O.; Garzón Tiznado, J.-A. and Reyes Moreno, C. (2004). Nixtamalized flour from quality protein maize (*Zea mays* L). Optimization of alkaline processing. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)*, 59**(1),** 35-44.
18. Mitchell, J-R. and Areas, J. A-G. (1992). Structural changes in biopolymers during extrusion. *Food Extrusion. Sci. and Techol.* 345-360.
19. Norma Oficial Mexicana. NMX-F-046-S-1980. Harina de maíz nixtamalizado norma mexicana. Dirección general de normas.
20. Paredes López, O.; Guevara Lara, F. and Bello Pérez, L-A. (2009). La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias*, 92**(92).**
21. Pensamiento Niño, C-A. (2018). Optimización y caracterización de una botana extrudida elaborada con harina de malanga (*Colocasia esculenta* L.) y pulpa de mango (*Mangifera indica* L.). (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico de Tuxtepec.Tuxtepec, Oaxaca.
22. Pensamiento Niño, C-A.; Gómez Aldapa, C-A.; Hernández Santos, B.; Juárez Barrientos, J-M.; Herman Lara, E.; Martínez Sánchez, C-E. and Rodríguez Miranda, J. (2018). Optimization and characterization of an extruded snack based on taro flour (*Colocasia esculenta* L.) enriched with mango pulp (*Mangifera indica* L.). *J. Food Sci. Techol. 55* **(10)**, 4244-4255.
23. Pérez Ramos, K.; Elías Peñafiel, C.; and Delgado Soriano, V. (2017). Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.). *Scien Agropecuaria*, 8**(4),** 377-388.
24. Ragone, D. (2018). Breadfruit *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg. In *Exotic Fruits* (pp. 53-60). Academic Press.
25. Rodríguez Miranda, J.; Delgado Licon, E.; Ramírez Wong, B.; Solís Soto, A.; Vivar Vera, M-A.; Gómez Aldapa, C-A. and Medrano Roldán, H. (2012). Effect of moisture, extrusion temperature and screw speed on residence

time, specific mechanical energy and psychochemical properties of bean flour and soy protein aquaculture feeds. *J. Anim. Prod. Adv*. 2**(1),** 65-73.

26. Rodríguez Miranda, J.; Ruiz López, I-I.; Herman Lara, E.; Martínez Sánchez, C-E.; Delgado Licon, E. and Vivar Vera, M-A. (2011). Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *LWT-Food Sci Technol*. 44**(3),** 673-680.
27. Rosentrater, K-A.; Muthukumarappan, K. and Kannadhason, S. (2009). Effects of ingredients and extrusion parameters on aquafeeds containing DDGS and potato starch. *J. of Aquaculture Feed Sci. Nut.* 1**(1),** 22-38.
28. Ryu, G. H. and Ng, P. K-W. (2001). Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch-Stärke*, 53**(3-4),** 147-154.
29. Silva, E. M-M.; Ascheri, J. L-R.; de Carvalho, C. W- P.; Takeiti, C. Y. and Berrios, J. D-J. (2014). Physical characteristics of extrudates from corn flour and dehulled carioca bean flour blend. *LWT-Food Sci. Techol*, 58**(2),** 620-626.
30. Zazueta Morales, J-J.; Jacobo Valenzuela, N.; Aguilar Palazuelos, E.; Limón Valenzuela, V. y Camacho Hernández, I-L. Extrusión cocción en el procesamiento de maíz: cambios físicos, químicos y calidad de productos. Universidad Autónoma de Sinaloa- Facultad de Ciencias Químico Biológicas. Escrito para la presentación del Simposium Internacional sobre Tecnologías Convencionales y Alternativas en el Procesamiento de Maíz. Chihuahua, Chihuahua. México, 2011.

Cultivo, aislamiento, caracterización y preservación micelial de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler en medio enriquecido.

C. López Sánchez[1], E. Reyes Rodríguez[2], F.J. Palma Cruz[2]*
[1]Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca.
[2]División de Estudios de Posgrado e investigación, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030.
**Claudia.lopez@itoaxaca.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El presente estudio, se llevó a cabo para determinar las condiciones óptimas para el crecimiento micelial de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler, a fin de proporcionar el propágalo de este hongo comestible a productores forestales del norte de Oaxaca, México. Se estudiaron cuatro cepas de *Lentinula edodes* (111, 763, 147 y 455). Las cepas 111 y 763 mostraron un crecimiento micelial óptimo en agar extracto de malta complementado con sémola de trigo a 24 °C. La cepa 147 tuvo el mejor crecimiento micelial en el agar extracto de malta adicionado con sémola de trigo a 26 °C. La cepa 455 creció mejor en agar de dextrosa y papa suplementado con aserrín de pino y sémola de trigo a 26 °C. Los métodos de preservación para los cultivos de hongos para asegurar una viabilidad del 100% fueron subcultivos y almacenamiento periódico con aceite mineral.

***Palabras clave**: aislamiento, Lentinula edodes, preservación.*

Abstract

The present study was carried out to determine the optimal conditions for mycelial growth of Lentinula edodes (Berk.) Pegler, in order to provide spawn of this edible mushroom to producers from the forest of north of Oaxaca, Mexico. Four strains of Lentinula edodes were studied (111, 763, 147 and 455). Strains 111 and 763 showed optimal mycelial growth in malt extract agar supplemented with durum wheat semolina at 24°C. Strain 147 had the best mycelial growth in malt extract agar added with wheat semolina at 26°C. Strain 455 grew best in potato dextrose agar supplemented with pine sawdust and wheat semolina at 26°C. The preservation methods for fungal cultures to ensure 100% viability were periodic subculturing and storage with a mineral oil.

***Key words**: isolation, Lentinula edodes, preservation.*

Introducción

El cultivo de basidiomicetos ha sido considerado como una actividad económicamente rentable [Ríos-Ruiz y col., 2017], para ello se han seleccionado cepas fúngicas con características deseables, tales como rápida velocidad de crecimiento, alto rendimiento y elevada eficiencia biológica [Ahmed y col., 2013]. Para evitar la degeneración y el envejecimiento de las cepas, se ha requerido de una adecuada preservación y de medidas para evitar el daño a nivel celular. Lo anterior es debido a la carencia o agotamiento de los nutrientes en los medios de cultivo; acumulación de secreciones tóxicas propias del metabolismo del hongo; alteración del pH en el medio de cultivo; disminución de la concentración de oxígeno y la consecuente acumulación de CO_2. Entre los diversos procedimientos de conservación utilizados para hongos, destacan el cultivo periódico en placas o tubos de agar [Ferreti de Lima y Borba, 2001., Smith y col., 2001., Montesinos-Matías y col., 2015], la conservación de esporas en aceite mineral, tierra, arena, silica gel o por liofilización, congelación en nitrógeno líquido y en agua destilada [Gato, 2010].

La evaluación de diferentes medios de cultivo y sustratos para la producción de inóculo de *L. edodes* ha contribuido a mejorar las condiciones de crecimiento del hongo, proporcionándole un mejor contenido nutricional para ser evaluado por sus propiedades alimenticias y medicinales. A nivel laboratorio, una vez obtenida la cepa, se ha evaluado la velocidad de crecimiento radial (VCR) (mm/h) para establecer el grado de adaptación y desarrollo del hongo en distintos sustratos en medio sólido [Coello-Loor y col., 2017]. Esta investigación, tuvo

 ISSN 2007-8102

como objetivo el establecer las mejores condiciones de crecimiento en medio sólido con enriquecimiento, el análisis y selección de los métodos de conservación de distintas cepas aisladas de *L. edodes* de dos fuentes distintas (biocilindros de madera y carpóforos).

Metodología

Obtención de cepas

Las cepas de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler utilizadas en el desarrollo experimental, se obtuvieron a partir del micelio conservado en biocilindros de madera colonizados con las cepas 111, 147 y 763 provenientes de Japón, mismas que se sembraron como se reportó previamente en Smith y col., [2001], para lo cual se tomaron pequeñas muestras utilizando unas pinzas de disección debidamente esterilizadas y en seguida se sembraron en cajas con agar extracto de malta; a continuación, se incubaron a 26 ^{o} C por 24 h, se resembraron hasta obtener un cultivo axénico. Otra de las cepas (identificada con el número 455), se aisló directamente de hongos cultivados en la Sierra Juárez, para lo cual se realizó el lavado de los carpóforos con detergente comercial, y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 5 % por 10 min; posteriormente y con la ayuda de un bisturí estéril, se cortaron en pequeños cuadros de aproximadamente 1 cm^2, y se colocaron en placas con agar extracto de malta. Y al igual que el resto de las cajas, se incubaron a 26 ^{o}C en ausencia de luz; se observaron cada 24 h para evitar contaminaciones y se resembraron hasta obtener un cultivo axénico (Figura 1).



(a) **(b)**

Figura 1. Aislamiento de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler, a partir de biocilindros de madera colonizados con las cepas 111, 147 y 763 provenientes de Japón (a) y de carpóforos producidos en la Sierra Juárez, cepa 455 (b).

Selección del medio de cultivo y temperatura

Las cepas obtenidas se propagaron en los siguientes medios de cultivo y combinaciones enriquecidas: 1) agar extracto de malta (EM) con aserrín de pino (EM/A), EM con sémola de trigo (EM/S), EM con aserrín de pino/sémola de trigo (EM/AS); 2) agar dextrosa y papa (PDA) con aserrín de pino (PDA/A), PDA con sémola de trigo (PDA/S), PDA con aserrín de pino/sémola de trigo (PDA/AS); 3) agar dextrosa sabouraud (ADS) con aserrín de pino (ADS/A), ADS con sémola de trigo (ADS/S), ADS con aserrín de pino/sémola de trigo (ADS/AS); y Czapeck Dox (CZ) con aserrín de pino (CZ/A), CZ con sémola de trigo (CZ/S), CZ con aserrín de pino/sémola de trigo (CZ/AS). Todas las cajas se incubaron a tres diferentes temperaturas: 22 °C, 24 °C y 26 °C [Ferreti de Lima y Borba, 2001, Smith y col., 2001, Jasinska y col., 2012, Montesinos-Matías y col., 2015]. Posteriormente, se realizó una cinética de crecimiento radial, en la cual se midió el diámetro del micelio cada 24 h. Para la codificación final de los resultados, se realizó análisis de varianza con el software SAS® (Statistical Analysis Software) University Edition, Estados Unidos.

Métodos de preservación de cepas

La resiembra periódica, se realizó por fragmentación en tubos conteniendo agar extracto de malta, se incubaron a 26 °C por espacio de cinco días, y al final se refrigeraron para su conservación. Se prepararon tubos de ensaye con agar extracto de malta y posterior a la incubación se adiciono aceite mineral hasta cubrir el agar y se conservaron a temperatura ambiente.

 ISSN 2007-8102

Para la preservación en suelo estéril, se preparó una mezcla que contenía 78 % de arena, 2 % de carbonato de calcio, 20 % de suelo de jardín; se distribuyó en tubos de ensaye y se esterilizó a 15 lb de presión, a 121°C por 15 min, en seguida los tubos se inocularon agregando una suspensión de micelio y se mantuvieron a temperatura ambiente.

En el caso de la conservación en silica gel, se hidrató y se distribuyó en tubos de ensaye estériles, los cuales se inocularon con una suspensión de micelio y mantuvieron a temperatura ambiente.

Para la conservación de las cepas en papel filtro, se cortaron fragmentos de papel filtro de 1cm^2 y se distribuyeron en tubos de ensaye, se esterilizaron y se inocularon sumergiéndolos en una suspensión de micelio previamente preparada para cada cepa y se mantuvieron a temperatura ambiente.

La conservación en agua estéril consistió en colocar 3 mL de agua destilada en tubos de ensaye, posteriormente se esterilizaron, y se inocularon adicionándoles una suspensión de micelio, conservándose a temperatura ambiente.

Cada experimento, se hizo por triplicado estableciendo un diseño factorial en el que se conservaron las cepas por un espacio de tres meses. Para la obtención de los cultivos axénicos de las cepas codificadas como 111, 147 y 763, fue necesaria la adición de nistatina al medio de cultivo, con el propósito de evitar la presencia de levaduras; respecto a la cepa 455 la contaminación por bacterias fue eliminada mediante la adición de ampicilina al medio de cultivo.

Resultados y discusión

Aislamiento

El análisis de varianza, permitió reconocer que existe diferencia significativa entre los tratamientos utilizados, es decir, el medio de cultivo y la temperatura influyeron en el incremento del desarrollo micelial de las cepas, con un α de 0.05%. La prueba reportó que para las cepas 111 y 763, las condiciones óptimas de desarrollo micelial se alcanzaron con agar extracto de malta adicionada con sémola de trigo a 24 °C (Figuras 2 y 3). La cepa 147, mostro su mejor desarrollo en agar extracto de malta adicionado con sémola de trigo, e incubada a 26 °C (Figura 4). En cambio, la cepa 455 creció mejor en agar dextrosa y papa adicionado con aserrín de pino y sémola de trigo a 26°C (Figura 5).

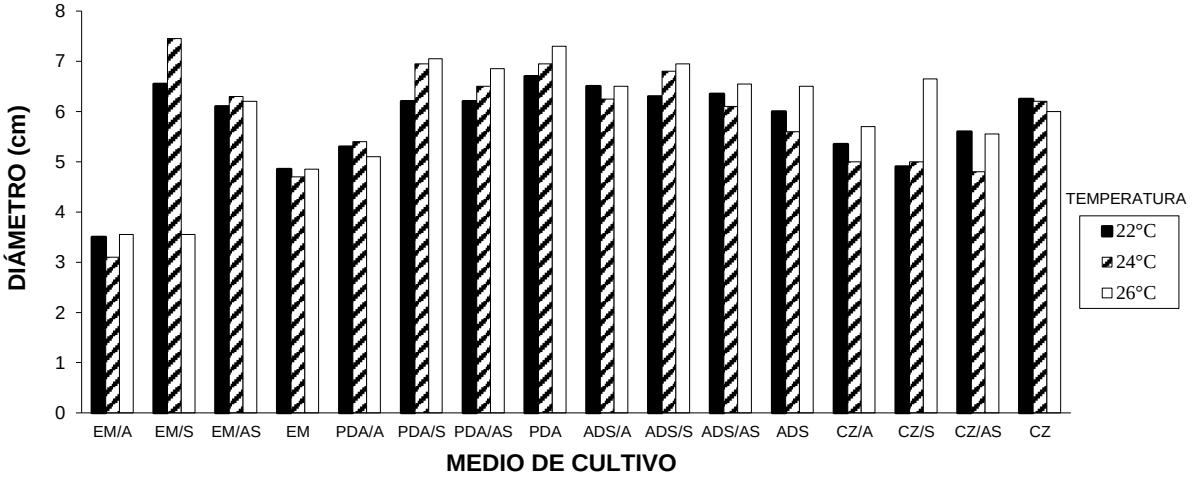


Figura 2. Crecimiento radial de la cepa 111 de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler.

 ISSN 2007-8102

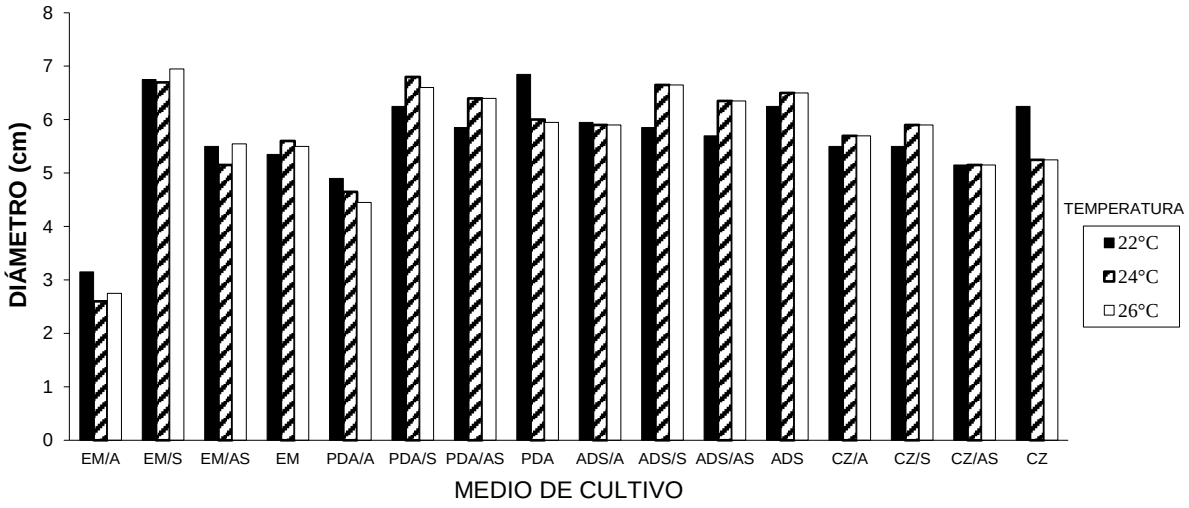


Figura 3. Crecimiento radial de la cepa 763 de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler.

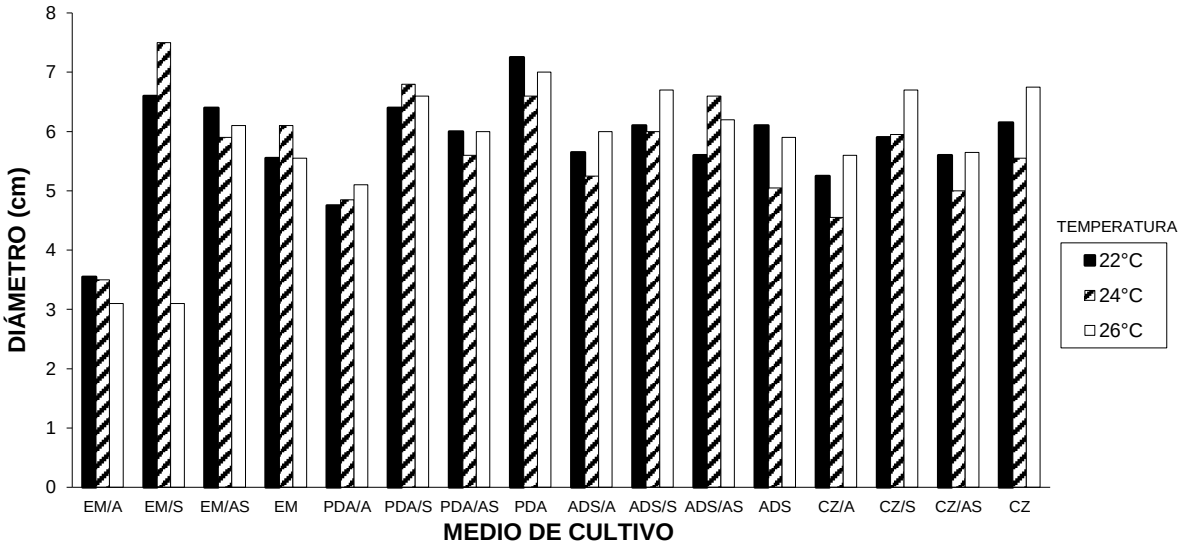


Figura 4. Crecimiento radial de la cepa 147 de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler

 ISSN 2007-8102

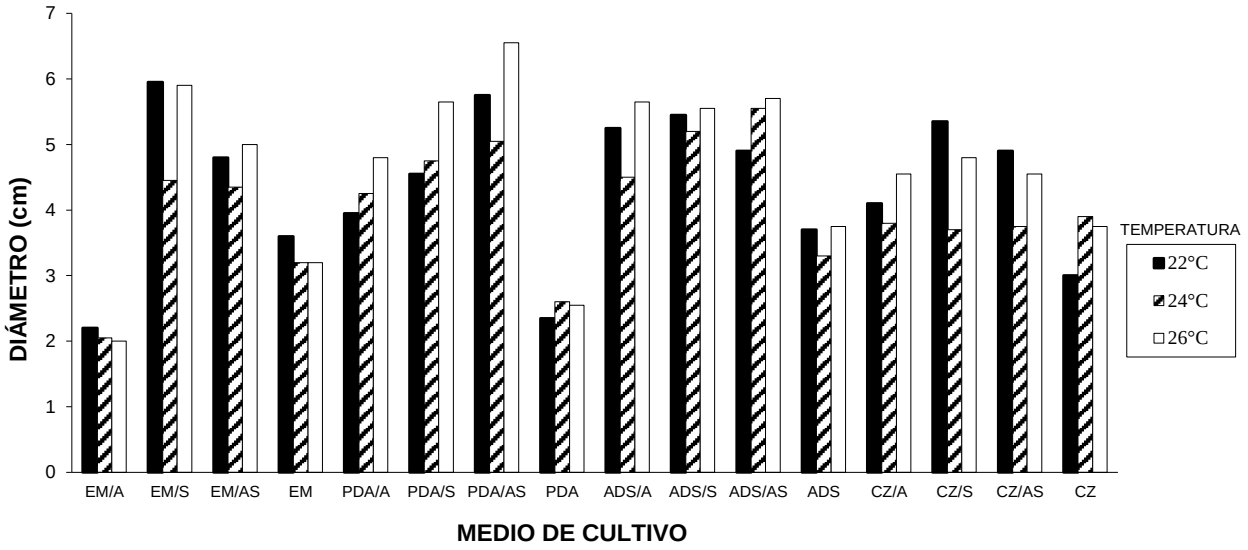


Figura 5. Crecimiento radial de la cepa 455 de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler

Análisis de métodos de preservación

El ANOVA mostró diferencia significativa entre los tratamientos se descartó la hipótesis nula que originalmente indicaba que ni la cepa ni el método de resiembra afectaban la viabilidad en el crecimiento del hongo. Respecto a la viabilidad de las cepas, la comparación de medias por Tukey indicó que la resiembra periódica y la conservación en aceite mineral fueron los tratamientos que permitieron la mejor respuesta de los hongos estudiados (Figura 6).

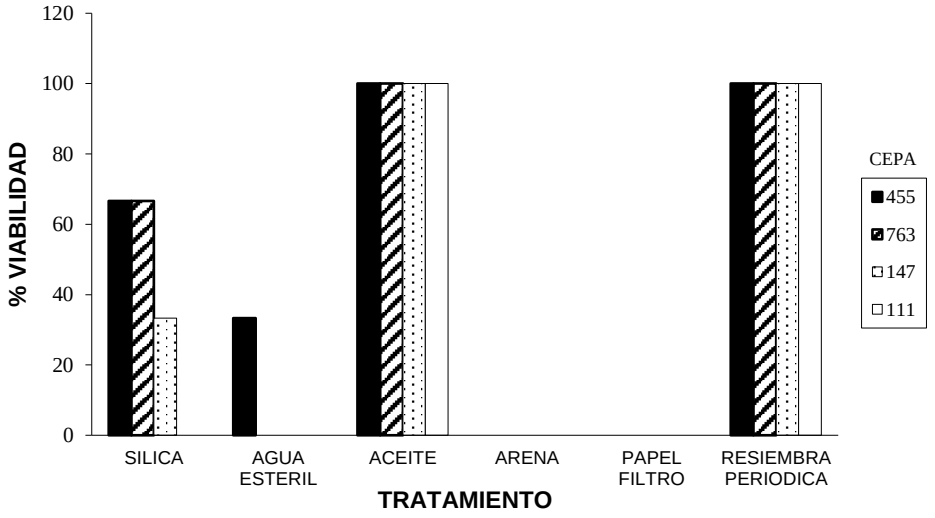


Figura 6. Preservación mediante diferentes procedimientos, de las cuatro cepas de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler estudiadas.

Trabajo a futuro

Se realizarán cinéticas de crecimiento micelial por fermentación sumergida con y sin enriquecimiento en medio extracto de malta a 26°C determinando presencia de polisacáridos (cromatografía), proteína (Bradford) y biomasa. Al realizar la purificación de Lentinano y proteína se realizarán estudios en líneas celulares de cáncer.

Conclusiones

El mejor medio de cultivo para crecimiento micelial de las cepas de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler, fue el agar extracto de malta (EM), debido al contenido de carbohidratos que favorecieron el crecimiento de los basidiomicetos en estudio. Jasinska y col., [2012], reportaron también que el crecimiento micelial de *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing, fue favorecido por el empleo del agar extracto de malta como medio de cultivo.

En nuestro estudio, es importante destacar que los medios de cultivo enriquecidos con sémola de trigo y la mezcla de aserrín de pino y sémola de trigo, mostraron el crecimiento más vigoroso de todo el experimento, esto probablemente debido a los nutrientes que posee la sémola de trigo y que aporta al metabolismo de las cepas. En cambio, los medios de cultivo suplementados con aserrín de pino no mostraron ningún cambio en la velocidad de crecimiento del micelio, posiblemente debido a la abundancia de celulosa y lignina, mismas que resultan ser moléculas que no son tan fáciles de ser aprovechadas por las cepas de *Lentinula* estudiadas.

Los métodos de conservación fueron rutinarios y utilizados para asegurar que las cepas se mantuvieran en óptimas condiciones, el hecho de conservar cepas de origen japonés dio relevancia al presente estudio. De los métodos de conservación evaluados, la resiembra periódica y el aceite mineral fueron los mejores tratamientos para la preservación de las cepas de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler, ya que los otros métodos se han utilizado para hongos esporulados. Esta misma conclusión ha sido validada por otros estudios como los de Pinzón y col., [2009], quienes encontraron que este método de preservación permitió los mayores porcentajes de viabilidad de las cepas de los fitopatógenos estudiados por ellos.

Referencias

1. Ahmed M.; Abdullah N.; Ahmed K.U. y Bhuyan M. H. M. B. (2013). Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. **(48)** 197- 202.
2. Coello-Loor C. D.: Avellaneda-Cevallos J. H.; Barrara-Álvarez A. E.; Peña-Galeas M., Mépez M. P. F. y Racines-Macías E. R. (2017). Evaluación del crecimiento y producción de biomasa de dos cepas del género *Pleurotus* spp., cultivadas en un medio agar con diferentes sustratos. Tecnología de los Alimentos. **(10)** 33-39.
3. Ferreti de Lima R. and Borba C. M. (2001). Viability, morphological characteristics and dimorphic ability of fungi preserved by different methods. Revista Iberoamericana de Micología. **(18)** 191-196.
4. Gato C. Y. (2010). Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum rifai*. Fitosanidad. **(14)** 189-195.
5. Jasinska A.; Siwulski M. y Sobieralski K. (2012). Mycelium growth and yielding of black poplar mushroom-*Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. on different substrates. Journal of Agricultural Science and Technology. **(2)** 1040-1047.
6. Montesinos-Matías R.; Ayala-Zermeño M. A. y Berlanga-Padilla A. M. (2015). Manual para la conservación y mantenimiento de hongos entomopatógenos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-Servicio Nacional de Sanidad. Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). México. 65.
7. Pinzón G. Y. A.; Bustamante S. L. y Buitrago G. (2009). Evaluación de métodos para la conservación de hongos fitopatógenos del ñame (*Dioscórea sp*). Revista Colombiana de Biotecnología. **(11)** 8-18.
8. Ríos-Ruiz, W. F.; Valdez-Núñez R. A. y Jiménez-Flores J. P. (2017). Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos Agroindustriales. Scientia Agropecuaria. **(8)** 327-335.
9. Smith, D.; Ryan M. J. y Day J. G. (2001). The United Kingdom national culture collection (UKNCC) biological resource: properties, maintenance and management. Pineapple Planet. Surrey UK. 382.

Caracterización fisicoquímica del agua de lluvia para su aprovechamiento.

A. L. Gómez Calzada[1], C. M. Flores Guzmán[1], J. U. Reyes López[2], C. Ponce Parra[1], E. del Ángel Meraz[1]*
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, [1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Licenciatura en Ingeniería Química, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km.1 Col. La Esmeralda, CP. 86690, Cunduacán Tabasco, México.
[2]División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Carretera Estatal Libre Villahermosa-Comalcalco Km. 27+000 s/n Ranchería Ribera Alta, C.P. 86205, Jalpa de Méndez, Tabasco, México.
[*]ulises260887@gmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El agua de lluvia es un recurso que se puede utilizar para afrontar los problemas de escases en diversas regiones de México y del mundo. De ahí el interés por estudiar el potencial de aprovechamiento como fuente alternativa para uso en los sanitarios y otros servicios de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Se hizo una caracterización mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos como turbidez, pH, demanda química de oxígeno, sólidos totales, y cloruros; para ello, se analizaron cinco muestras en temporada de estiaje y cinco en temporada de avenidas. Los parámetros que resultaron mayores que los máximos permitidos por la Normatividad fueron la turbidez y la demanda química de oxígeno; por lo tanto el agua se puede utilizar para diversos servicios.

Palabras clave: *Agua, lluvia, caracterización, aprovechamiento*

Abstract

Rain water is a resource that can be used to deal with the problems of scarcity in many parts of Mexico and the world. Hence the interest in studying the potential as an alternative source for use in the health and other services of the Academic Division of Engineering and Architecture (DAIA) of the Juárez Autonomous University of Tabasco (UJAT). A characterization by physicochemical parameters analysis was done as turbidity, pH, chemical oxygen demand, total solids, and chloride, therefore carried out five samples in the dry season and five in season of avenues. The parameters that were greater than the maximum allowed by the regulations were the turbidity and chemical oxygen demand; therefore the water can be used for various services.

Key words: *water, rain, characterization, use*

Introducción

El agua es el recurso más importante que existe en el planeta, todos los seres vivos lo requieren para subsistir; los seres humanos tenemos en promedio, 70% de agua como parte del peso de nuestro cuerpo y además este recurso es indispensable para todas las funciones vitales del organismo; su falta, inicialmente, origina molestias y malestares, si persisten puede ser causa de muerte [Grandez, 2015].

En el trabajo desarrollado por [García y Fernández, 2011], se señala que el hombre no es ajeno a sus efectos en su entorno, pues ha experimentado tanto la abundancia como la escasez del agua. Así, desde tiempos pasados enfrenta las sequías, las tormentas, las crecientes de los ríos y las inundaciones. La búsqueda de su bienestar lo ha llevado al asentamiento en ciudades y poblados, hecho que lo ha obligado a desarrollar tecnologías que le permitan controlar el agua y disminuir los efectos de los fenómenos climáticos. Los límites permisibles de las propiedades físicas y químicas del agua de lluvia son generalmente superiores a las que

presentan las fuentes de agua superficiales, estas a su vez pueden ser más duras debido a los minerales que se encuentran a su paso.

El agua de lluvia es en teoría pura, sin embargo, al caer se escurre a través de superficies arrastrando contaminantes que pueden ser tóxicos. Por ejemplo, en estudios realizados por la ONU se ha comprobado que, en algunos techos tanto de zonas urbanas como rurales, se han registrado valores altos en plomo. También algunos análisis han detectado niveles altos de Coliformes totales; además, en zonas urbanas con alto nivel de contaminación en el aire, la situación empeora ya que la atmosfera se contamina con ozono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno y en menor cantidad otros gases o contaminantes naturales y/o producto de la actividad humana. A esto hay que sumarle que en las ciudades, las superficies por las que escurre como calles o techos, tienen niveles más altos de químicos, hidrocarburos, basura y otros contaminantes. La calidad de agua de lluvia no se ha estudiado a fondo, se desconocen en varias localidades urbanas sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, que dependen de diversos componentes presentes en el aire por actividades antrópicas y condiciones naturales. Su evaluación permite definir en cierta medida la calidad del aire y los potenciales contaminantes que pueden hacerse presentes en mayor o menor concentración [Paz y col., 2014].

Debido a la importancia de buscar otras alternativas del abastecimiento de agua para su aprovechamiento en diferentes actividades humanas, se planteó aprovechar el agua de lluvia de las instalaciones de la DAIA UJAT, para esto, se propuso como objetivo realizar una caracterización fisicoquímica para conocer la calidad.

Metodología

El procedimiento para la realización de este trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo a la metodología que se muestra en la Figura 1. Se seleccionó un punto de captación de agua en la DAIA, UJAT; se les aplicó el procesamiento de las muestras en el laboratorio y se obtuvieron resultados de los diversos análisis.

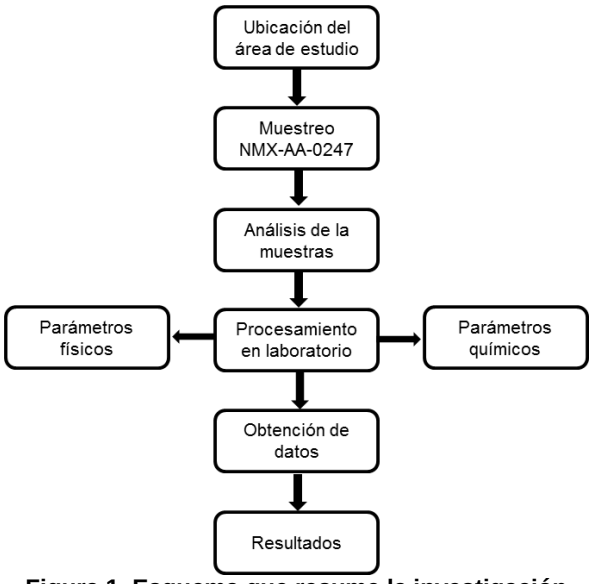


Figura 1. Esquema que resume la investigación

Muestreo, identificación y preservación de las muestras

Épocas de muestreo.
Se realizaron dos temporadas de muestreos que corresponden al tiempo de estiaje en los meses de febrero-agosto y en el tiempo de avenidas que corresponde a los meses de septiembre-enero, la zona determinada para la captación de muestras se delimitó únicamente en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura UJAT. La realización del muestreo se llevó acabo según la norma oficial mexicana [NMX-AA-014-1980].

Recipientes.
Se siguieron las recomendaciones marcadas para el acondicionamiento de los recipientes; elección del material, tamaño, lavado o esterilización para usarlos en condiciones asépticas conforme a la normatividad seguida para cada parámetro determinado.

Para el muestreo se utilizaron envases de material inerte (polietileno y polipropileno) debido a que cumplen con la exigencia de las normas establecidas para los parámetros que se determinaron.

Los recipientes contaron con cierre hermético ya que las muestras de aguas pueden estar sujetas a la acción microbiana y a pérdidas o ganancias de CO_2 u otros gases cuando se exponen al aire. Se identificaron las muestras con etiquetas con los siguientes datos; nombre de la muestra, fecha y hora de muestreo, temperatura de la muestra y presión atmosférica. Una vez tomadas las muestras, se protegieron de la luz solar depositadas en una hielera para su trasportación [NMX-AA-003-1980].

Preparación del recipiente.
Los recipientes de plástico se limpiaron previamente enjuagándolos tres veces con agua destilada, posteriormente se llenaron con una solución de ácido clorhídrico 1M (10% V/V) dejándolos reposar un periodo de 12 horas. A continuación, se enjuagaron con agua destilada, empleando aproximadamente 1/4 del volumen de la botella en cada enjuagado, con ayuda del medidor de pH se midió hasta que no marcara ácido en la misma, lo cual se consiguió hasta la tercera lavada.

Transporte de la muestra.
Las muestras se trasladaron al laboratorio de análisis instrumental de la DAIA UJAT en frascos de polietileno y polipropileno, dentro de una nevera para protegerlas de la luz solar, se transportaron evitando agitación y exposición prolongada al aire libre. Se conservaron refrigeradas entre 0-4°C para garantizar su conservación hasta su análisis.

Determinación de parámetros fisicoquímicos

Determinación de solidos totales de acuerdo a la norma NMX-AA-034-SCFI-2001.
El límite máximo permisible de acuerdo a la norma NOM-127-SSA1-1994, es de 1000 mg/L. La determinación de este parámetro se basó en una medida gravimétrica la cual se llevó a cabo después de que la muestra de agua agregada en la capsula de porcelana, es evaporada casi en su totalidad sin llegar a ebullición con la ayuda de una parrilla de calentamiento posteriormente fue depositada en el horno de secado a 105 °C por una hora, para después trasladarlas aun desecador y dejarlas enfriar.

Determinación de pH (potencial Hidrogeno de acuerdo a la norma NMX-AA-008-SCFI-2011.
El límite máximo permisible para este parámetro de acuerdo a la norma NOM-127-SSA1-1994 es de 8.5. El análisis de este parámetro fue llevado a cabo según la norma NMX-AA-008-SCFI-2011 con ayuda del equipo Ohaus ST20 Starter Pen Phmeter, previamente calibrado con soluciones bases reguladoras de pH 4, 7 y 10 antes de tomar lectura a las muestras.

Determinación de turbidez de acuerdo a la norma NMX-AA-038-SCFI-2001.
El límite máximo permisible según la norma NOM-127-SSA1-1994 es de 5 UNT. Para la determinación de este parámetro se transportaron las muestras con ayuda de una nevera, para mantener sus propiedades hasta el laboratorio de Tecnología del Agua ubicado en la División Académica de Ciencias Biológicas, este análisis se llevó a cabo de acuerdo a la norma NMX-AA-038-SCFI-2001 en el equipo LaMotte TC3000we TRI-METER.

Determinación de demanda química de oxígeno (DQO) de acuerdo a la norma NMX-AA-030/2-SCFI-2011.
El límite máximo permisible en este parámetro según la CONAGUA [SEMARNAT, 2013] es de 40 mg/L.
En la determinación de este análisis se requirió transportar las muestras con una nevera para mantener sus propiedades, hasta el laboratorio de Análisis y Caracterización y el laboratorio de Biotecnología ubicados en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura este análisis se llevó a cabo de acuerdo a la norma NMX-AA-030/2-SCFI-2011 método de tubo sellado a pequeña escala, éste análisis se llevó a cabo con la ayuda de los equipos HYCEL THERMAL BLOCK y UV-Vis Genesys 20 Thermo spectronic.

Determinación de cloruros de acuerdo a la norma NMX-AA-073-SCFI-2001.
La determinación de este parámetro se realizó en el laboratorio de Análisis y Caracterización de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, se procedió a trabajar con un volumen de muestra de 25 mL depositado en un matraz Erlenmeyer, se le agrego unas gotas de fenolftaleína posteriormente se tituló con nitrato de plata utilizando como indicador cromato de potasio, la plata reaccionó con los cloruros para formar un precipitado de cloruro de plata. Al agotarse el ión cloruro, empezó la precipitación del cromato, la formación de cromato de plata pudo identificarse por el cambio de color de la disolución de amarillo-anaranjado.

Resultados y discusión

Solidos Totales

Se observó que la mayor concentración de sólidos totales se encuentra en la temporada de avenidas con un promedio registrado de 132 mg/L, en cuanto a la temporada de estiaje se registró la menor concentración con un promedio de 108 mg/L. Sin embargo, en ambas temporadas los valores de sólidos totales del agua de lluvia de la DAIA UJAT no exceden el límite máximo permisible especificado por la norma NOM-127-SSA1-1994 con un valor de1000mg/L.

Los datos obtenidos de sólidos totales en el agua de lluvia son bajos en ambas temporadas de muestreo, esto es conveniente para tener una buena calidad de agua ya que las aguas con altas concentraciones de sólidos no son adecuadas para muchas aplicaciones, e incluso resultan estéticamente insatisfactoria para bañarse, de igual manera es de gran importancia el debido control de los sólidos totales en los procesos de tratamientos físicos y biológico.

En la Figura 2 se muestra la gráfica de los resultados en solidos suspendidos totales, donde se puede apreciar que estos no sobrepasan al límite máximo permisible, el cual está señalado con una línea punteada.

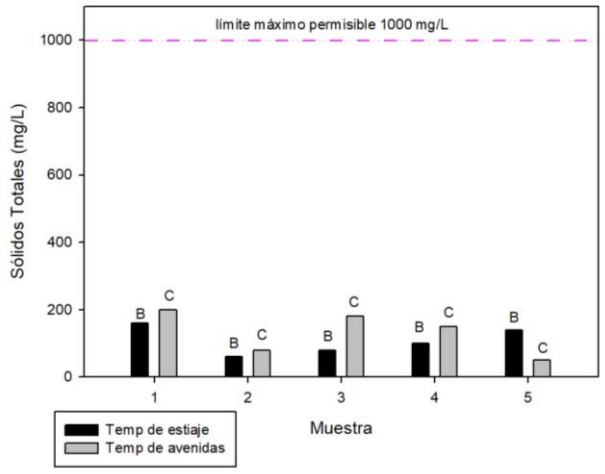


Figura 2. Gráfica comparativa de valores de Sólidos totales en ambas temporadas.

Determinación de pH

Los datos obtenidos del pH en la temporada de estiaje se encuentran en un promedio de 6.45 y en cuanto a la temporada de avenidas se reporta un promedio de 6.35, en ambas temporadas de muestreo se observó un grado básico para el agua de lluvia. Dichos resultados no exceden el límite máximo permisible del agua de lluvia en la DAIA-UJAT, el cual se encuentra con un valor de 8.5 para este parámetro de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994.

Los datos obtenidos de pH en el agua de lluvia se mantienen dentro del límite máximo permisible en ambas temporadas, esto nos da a conocer que la calidad del aire de Cunduacán no se encuentra contaminado excesivamente por óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno generados principalmente por vehículos y plantas industriales que mezclados con el agua de la atmosfera generan un pH de 3-5 ocasionando la lluvia acida, la

 ISSN 2007-8102

cual ocasiona la acidificación de los cuerpos de agua dañando a los seres vivos que viven ellos, también es responsable del deterioro acelerado de construcciones.

Turbidez

Para la turbidez, se observó un promedio de 2.42 UNT en la temporada de estiaje y 7.50 UNT para la temporada de avenidas, siendo esta ultima la que excede el límite máximo permisible reportado con un valor de 5 UNT según la NOM-127-SSA1-1994 (Figura 3). Esto pudiera deberse al incremento de contaminación atmosférica en la región, y de igual manera al crecimiento de algas que se originaron en los techos de la DAIA UJAT durante el periodo que se recolecto el agua.

Los valores obtenidos de una turbidez baja en el agua de lluvia de la DAIA UJAT son favorables debido a que la turbidez del agua es un parámetro de importancia no solo porque es una característica de pureza en el agua a consumir. También la turbidez interfiere en procesos de tratamiento de las aguas como es en la desinfección con agentes químicos o con radiación ultravioleta, disminuyendo la efectividad biocida de éstos lo cual representa un riesgo en el consumidor.

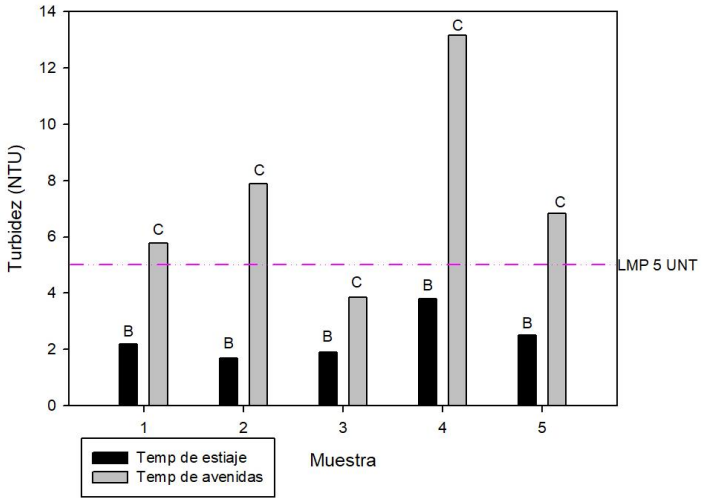


Figura 3. Gráfica comparativa de valores de Turbidez de ambas temporadas.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxigeno permitió obtener resultados acerca del contenido total de materia orgánica e inorgánica presente en el agua de lluvia. En la tabla 1 se observan los resultados obtenidos para este análisis, obteniéndose un promedio de 574.23 mg/L para la temporada de estiaje y 444.75 mg/L para la temporada de avenidas, siendo la temporada de estiaje con la mayor concentración de DQO.

Los resultados obtenidos exceden el límite máximo permisible el cual es de 40 mg/L. Esto pudiera deberse al contenido total de materia orgánica e inorgánica presente en el agua de lluvia de la DAIA-UJAT, la cual está compuesta principalmente por algas, lamas, residuos de plantas, esto da a conocer que el agua arrastro mucha materia orgánica de los tejados, por lo cual debe dársele un tratamiento para reducir la demanda química de oxígeno a una concentración aceptable.

Tabla 1. Datos obtenidos de la determinación de Demanda Química de Oxígeno.

Demanda química de oxigeno (2 mL)		
Muestra	Temporada de estiaje (mg/L)	Temporada de avenidas (mg/L)
1	1100	449.55
2	329.55	374.55
3	609.55	624.55
4	284.44	439.55
5	549.55	334.55
Promedio	**574.23**	**444.75**

 ISSN 2007-8102

Cloruros

Los datos obtenidos para el análisis de cloruro del agua de lluvia se muestran en la Figura 4, donde se puede observar que ambas temporadas están dentro de un mismo rango, siendo en la temporada de estiaje la mayor concentración, con un promedio de 196.338 mg/L mientras que la temporada de avenidas cuenta con un promedio de 117.5628 mg/L, lo cual nos indica que ambas temporadas se encuentran por debajo del límite máximo permisible de acuerdo a la norma NMX-AA-073-SCFI-2001 el cual es de 255 mg/L.

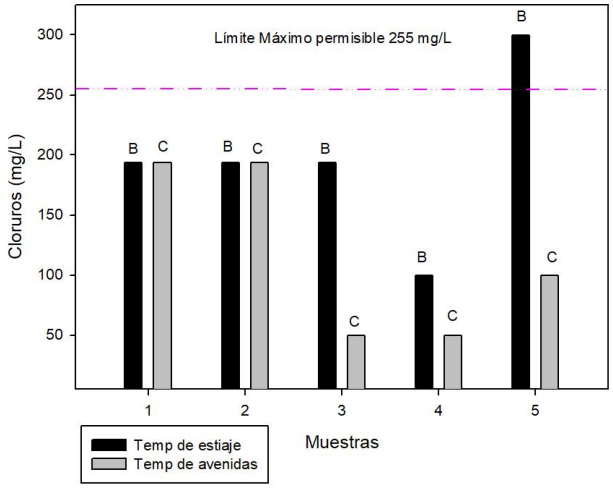


Figura 4. Gráfica comparativa de valores de Cloruros de ambas temporadas.

La presencia del ion cloruro es necesaria en aguas potables pero en concentraciones muy altas es perjudicial, los resultados obtenidos son favorables ya que, de lo contrario, un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas de igual forma es dañino para la salud ya que el consumo elevado de sal produce hipertensión arterial, ya que los riñones no son capaces de eliminar la que sobra.

Conclusiones

Conforme a los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados, el agua de lluvia de dicha División se considera apta para su uso doméstico como limpieza de baños y riego de jardines, sin embargo, para su consumo humano no es recomendable, ya que para que esta sea adecuada para consumo debe de cumplir con todos los límites máximos permisibles de las normas oficiales mexicanas.

Se llegó a la conclusión de que el agua de lluvia de esta zona no está excesivamente contaminada a comparación de ríos y lagunas, ya que la mayoría de los análisis fisicoquímicos no exceden los límites máximos permisibles establecidos por las normas oficiales mexicanas lo cual la convierte en una muy buena opción para su aprovechamiento, sin descartar que para lograr una buena calidad del agua es necesario darle un tratamiento para su potabilización.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los ingenieros responsables de los laboratorios de la División Académica de Ciencias Biológicas.

Referencias

1. García, J.V. & Fernández, G. (2011) Estudio de la calidad de agua de lluvia captada en una casa semiurbana al sur-poniente de la ciudad de México. P. 1-8

2. Grandez Rodríguez, P. (2015). Aprovechamiento de agua de lluvia, para optimizar el uso de agua potable residencial. Perú. Tesis de posgrado. Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Civil Unidad de Posgrado. Pág. 27.
3. NMX-AA-003-1980 Aguas residuales-Muestreo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.
4. NMX-AA-008-SCFI-2011 Análisis de agua – determinación del pH – método de prueba- (cancela a la NMX-AA-088-SCFI-2000).
5. NMX-AA-014-1980 Cuerpos receptores-Muestreo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1980.
6. NMX-AA-030/2-SCFI-2011 Análisis de agua - determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba - parte 2 - determinación del índice de la demanda química de oxígeno – método de tubo sellado a pequeña escala.
7. NMX-AA-034-SCFI-2015 Análisis de agua – medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba (cancela a la NMX-AA-034-SCFI-2001).
8. NMX-AA-038-SCFI-2001 Análisis de agua – determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba (cancela a la NMX-AA-038-1981).
9. NMX-AA-073-SCFI-2001 análisis de agua - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la (NMX-AA-073-1981).
10. NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilizacion.
11. Paz Reyes, J. J. Jiménez Tecillo, F. J. y Sánchez Cruz. B. (2017). Urge un manejo sustentable del agua de Tabasco. Recuperado de: http://ru.iiec.unam.mx/3799/. (02 Enero 2018).
12. SEMARNAT. (2012). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Recuperado de: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/00_intros/pdf.html. (13 junio 2018).

Degradación de piridina utilizando al ZnO dopado con Au y Ag utilizando luz natural.

C. Montalvo Romero[1], C. A. Aguilar Ucan[1], D. Cantú Lozano[2]*, R. Alcocer de la Hoz[1], F. Anguebes Franchessi[1]
[1]Facultad de Química, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, col. Benito Juárez C.P. 24180, Ciudad del Carmen, Campeche, México
[2]DEPI, Instituto tecnológico de Orizaba, oriente 9, colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
**c_montalvo10@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Para llevar a cabo la mineralización o degradación del compuesto piridina por medio de fotocatálisis, fue empleado óxido de Zinc (ZnO), el cual es considerado como un excelente foto catalizador bajo radiación de luz UV, sin embargo, debido a que se desea que este sistema sea sustentable al medio ambiente, es necesario modificar los niveles energéticos que presenta el ZnO para la aplicación de luz solar lo cual fue logrado por medio del dopaje del foto catalizador con nano partículas metálicas de oro (Au) y plata (Ag). Los resultados muestran que aun pH de 7.8 se lograron mejores resultados de degradación., mientras que al variar el flujo, el de 7 L/min presento una mejor degradación, mientras que el proceso de variación de la concentración el catalizador de ZnO-Au tuvo un mejor porcentaje de remoción entre el 90 a 98 %.

***Palabras clave**: Piridina, fotocatálisis, dopaje, luz natural.*

Abstract

Zinc Oxide (ZnO) was used to carry out the mineralization or degradation of the pyridine compound, which is considered an excellent photocatalyst under UV light radiation, however, because it is desired that this system is sustainable to the environment, it is necessary to modify the energy levels presented by the ZnO for the application of sunlight which was achieved by means of doping the photocatalyst with metal nanoparticles of gold (Au) and silver (Ag). The results show that a pH of 7.8 achieved better results of degradation, whereas when the flow varied, the one of 0.5 L/min showed a better degradation, while in the process of variation of the concentration the ZnO-Au catalyst had a better percentage of removal from 90 to 98%.

***Key words**: Pyridine, photocatalysis, doping, natural light .*

Introducción

Los residuos (sólidos, líquidos y gaseosos) ocupan un lugar principal en la amplia gama de temas relacionados con la salud y la protección del Medio Ambiente. La contaminación del aire, los suelos y del agua ha sido atribuida también a la gestión inapropiada de los residuos, y aunque la naturaleza tiene capacidad de diluir, extender, degradar, absorber o de otra forma reducir el impacto de los residuos no deseados en la atmósfera, en las vías fluviales y en la tierra, se han generado importantes desequilibrios ecológicos allí donde se ha excedido la capacidad de asimilación natural de esta.

Cada vez más, la salud pública y las preocupaciones ambientales impulsan los esfuerzos para descontaminar las aguas previamente consideradas limpias. Se necesitan métodos más eficaces, menos costosos y robustos para desinfectar y descontaminar las aguas desde el punto de origen hasta el punto de uso, sin afectar el medio ambiente ni poner en peligro la salud humana por el propio tratamiento [Malato y col., 2009; Miranda y col., 2011].

Podría pensarse que una alternativa ante las problemáticas ambientales del agua pudiese ser las plantas de tratamientos de aguas residuales (PTAR) convencionales, sin embargo, esto no es así, debido a que estas solo transfieren los contaminantes de una fase a otra, presentando propiedades fisicoquímicas robustas que les confieren características únicas que los hacen más resistentes a los tratamientos convencionales.

La piridina es un compuesto orgánico tóxico y flamable, encontrado en aguas residuales industriales debido a que es ampliamente usado en la síntesis de vitaminas, caucho, pesticidas y herbicidas [Marques, Rodríguez y Herrera 2011., 2008; Pinedo, López y Moctezuma, 2016; Swarnakar, Kanel y Nepal, 2013].

Se ha reportado que los compuestos aromáticos N-heterocíclicos logran exhibir un amplio rango de toxicidad en varias formas de vida. Hay una cantidad significante de compuestos aromáticos N-heterocíclicos en efluentes que son liberados al ambiente como resultado de actividades industriales asociadas con el carbón y esquisto proveniente del procesamiento de combustibles, farmacéuticos, pesticidas, colorantes y en la producción de aditivos para alimentos. La piridina es un compuesto orgánico N-heterocíclico básico y debido a su amplio rango de aplicaciones ha sido detectada tanto en la superficie como en el fondo de cuerpos de agua, mostrando toxicidad a la vida acuática y creando problemáticas [Zhu y col., 2016, Pinedo, López y Moctezuma, 2016; Swarnakar, Kanel y Nepal, 2013; Esparza, Hernández y Borges, 2012].

La aplicación de protocolos más exhaustivos de tratamiento de aguas residuales, incluyendo el uso de tecnologías nuevas y mejoradas, es una tarea necesaria. Las tecnologías de oxidación, entre ellas Los Procesos Avanzados de Oxidación (PAO), son considerandos recientemente una opción interesante para resolver este problema, principalmente por su versatilidad [Miranda y col., 2011].

A pesar de los resultados favorables que se han obtenido en los PAO, grandes esfuerzos por parte de la comunidad científica son realizados para la optimización de los procesos fotocatalíticos, tales como la síntesis de nuevos fotocatalizadores y la generación de nuevos sistemas de reacción que permitan el uso de energías sustentables.

Los PAO pueden ser aplicados como post tratamientos o pretratamientos de procesos biológicos. La integración de diferentes PAO en una secuencia de procesos complementarios es también un acercamiento a lograr que un efluente sea biodegradable y pueda ser adicionalmente tratado por procesos baratos y convencionales, reduciendo el tiempo de residencia y el consumo de reactivos en comparación con solo el uso de los PAO.

En la Tabla 1 se muestra el listado de los PAO divididos en dos categorías principales.

Tabla 1. Procesos avanzados de oxidación clasificados en dos categorías fotoquímicosy no fotoquímicos[Montalvo, 2010].

Procesos Fotoquímicos	Procesos no Fotoquímicos
Fotólisis del agua en el ultravioleta de vacío	Ozonización en medio alcalina (O_3/OH).
UV/peróxido de hidrógeno	Ozonización con peróxido de hidrogeno (O_3/H_2O_2).
UV/O_3	Radiolísis γ y tratamiento con haces de electrones.
Fotofentón y relacionados	Plasma no térmico
Oxidación en agua en el ultravioleta	Oxidación electroquímica
Fotocatálisis heterogénea.	Descarga electro hidráulica-Ultrasonido

Entre los PAO, la fotocatálisis heterogénea que emplea catalizadores semiconductores (TiO_2, ZnO, F_2O_3, CdS, GaP y ZnS) ha demostrado su eficacia en la degradación de una amplia gama de productos orgánicos refractarios ambiguos a compuestos fácilmente biodegradables y eventualmente mineralizados a materiales inocuos como dióxido de carbono y agua. Entre los catalizadores semiconductores, el dióxido de titanio (TiO_2) ha recibido el mayor interés para eliminación y destrucción de compuestos orgánicos recalcitrantes dentro de la tecnología de fotocatálisis [Hahn, 2011].

Es posible representar el comportamiento del semiconductor ZnO por medio de diagramas de TiO_2 ya que estos son muy similares, una característica muy importante es el ancho de banda prohibida (E_{bg}) idéntico que poseen ambos semiconductores, como se muestra en la Figura 1 donde al hacer incidir un fotón sobre el catalizador el electrón de la banda de valencia pasa a un estado energético mayor, pasando a la banda de conducción

 ISSN 2007-8102

generándose el par electrón-hueco, que en un sistema acuoso se producen la foto oxidación y la foto reducción. El ZnO posee un E_{bg} de 3.37 eV mientras que el TiO_2 tiene un E_{bg} de 3.2 eV [Samadi y col., 2016; Xu, Shi y Huang, 2004].

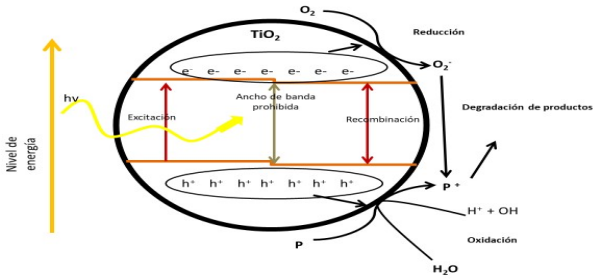


Figura 1. Mecanismo de formación foto inducido del par electrón - hueco en un semiconductor TiO_2.

Los procesos fotocatalíticos proceden de la participación de estas especies de radicales reactivos a través de las siguientes reacciones [Samadi y col., 2016]:

$$ZnO + hv \rightarrow ZnO\ (h_{vB}^{+} + e_{cB}^{-})$$

$$H_2O + h_{vB}^{+} \rightarrow \bullet \mathrm{OH} + \mathrm{H}^{+}$$

$$O_2 + e_{cB}^{-} \rightarrow O_2^{-} \bullet$$

$$O_2^{-} \bullet + \mathrm{H}^{+} \rightarrow HO_2^{-}$$

$$HO_2^{-} + H^{+} \rightarrow H_2O_2$$

$$H_2O_2 + hv \rightarrow 2\ . \bullet \mathrm{OH}$$

Metodología

Descripción del equipo.
La degradación se llevó a cabo en un fotorreactor de película descendente en el que se realizó la degradación del compuesto piridina. El sistema es una estructura metálica que consta de una plancha, donde fueron colocadas las placas de arcilla que soportan a catalizadores, desde la parte superior fluye el agua en forma de cascada creando una película que va descendiendo sobre estas. Las placas empleadas son de cerámica compuestas de arcilla.

Preparación de las soluciones.
Se prepararon soluciones de 5, 10, 20, 30, 40, 50 ppm cada una en 6L de agua. Conociendo que 1ppm = 1 µL/L con la ayuda de una micro pipeta con volumen de 10µL, cada uno de 6L se preparaba por separado en un matraz volumétrico de 1 L, para finalmente colocarlos en recipiente recolector del reactor.

Pruebas realizadas para la evaluación de los parámetros de reacciones.
Para la evaluación de los parámetros de reacción llevados a cabo en un sistema de reacción de película descendente fue necesario establecer periodos de tiempo en los cuales se trabajó por grupos de placas y el orden en el que se realizaría la evaluación de los parámetros para un desarrollo más fácil del trabajo de investigación. Las pruebas para cada grupo de placas consistieron en el análisis del tiempo de residencia hidráulico (TRH), potencial de hidrogeno (pH) y tipo de luz (natural), al finalizar estos análisis se eligieron las

 ISSN 2007-8102

variables con los mejores resultados y se procedió a llevar a cabo la degradación de distintas concentraciones de piridina en solución.

Las muestras obtenidas fueron analizadas por espectroscopia UV-vis, y concentración de piridina al término de las reacciones, fueron realizados por pruebas de cromatografía líquida de alta resolución (CLAR) y carbono orgánico total (COT) respectivamente.

Resultados y discusión.

Variación de pH: Para determinar el comportamiento de los catalizadores con respecto a distintos pH, se manejaron tres diferentes pH, 7.8, 5.5 y 8.5., los resultados son mostrados en la Figura 2.

En esta Figura 2 la línea roja que se resalta muestra el espectro de piridina sin reacción, es decir, a tiempo inicial la cual presenta tres bandas de absorción, una banda de absorción primaria a 256 nm, una secundaria a 240 nm y una terciaria a 270 como lo reportan Montalvo y col., (2010), que corresponden a las transiciones π-π* características de un anillo aromático [Lampman, 2010 y Moctezuma y col., 2013]. El tercer máximo corresponde a una banda de absorción ή-π [Leyva y col., 2008]. La mineralización del componente aromático es evidente debido a que sus bandas de absorción características van desapareciendo después de un tiempo de reacción de 24 h.

En estas el flujo de la solución se mantuvo constante a 0.5 L/min. Manejándose un tiempo de 24 h de reacción, tomando muestras en intervalos de 3 h.

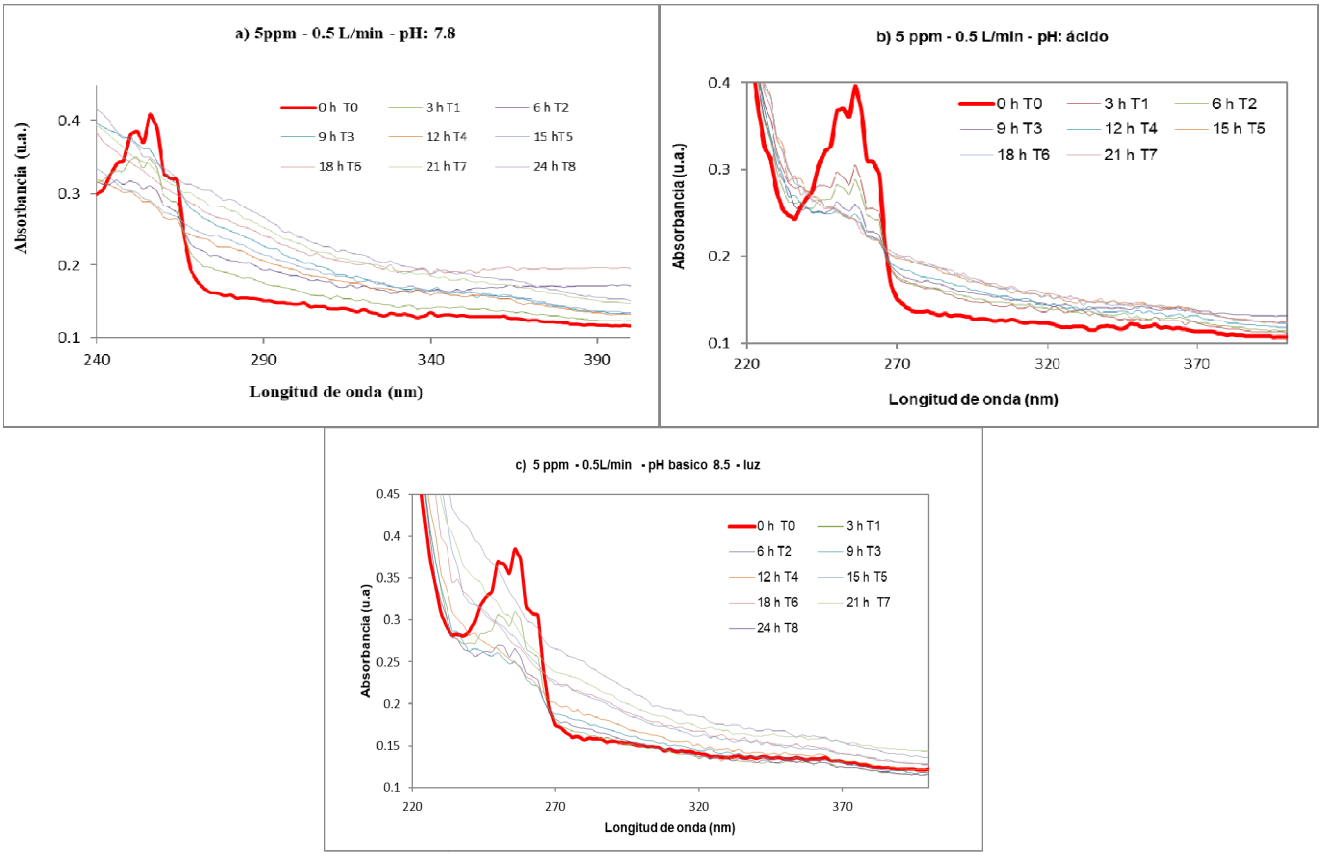


Figura 2. Espectros UV-vis de degradación de piridina a 5ppm con ZnO /Au y luz natural.
a) 5ppm - pH natural (7.8), b) 5 ppm – ácido (5.5), c) 5ppm – básico (8.5)

 ISSN 2007-8102

Los espectros de UV-vis de piridina a 5ppm con ZnO /Au - luz natural y con caudal de 1L/min mostraron que se obtenía una degradación óptima trabajando con un pH neutro y con pH ácido. Cabe mencionar que un pH alcalino alto el óxido de zinc sufre una ionización como lo demostró Leyva y col. (2008).

Aunque no se logra apreciar a primera vista la absorbancia máxima de 256 nm de la Figura 2 (a) se ve como el tiempo a 3 h este punto disminuye de 0.38 a 0.25 nm y a un tiempo de 9 h esta absorbancia llega a un mínimo, lo que no pasa con los otros flujos manejados.

Variación de Flujo: Para realizar un análisis de la difusión de fluido dentro del reactor y su afectación a los tiempos de reacción fotocatalítica, se realizó una evaluación de la trasferencia de masa de los reactivos entre el seno del fluido y la superficie de las láminas de arcilla efectuando variaciones de flujo. Como se muestra en la Figura 3.

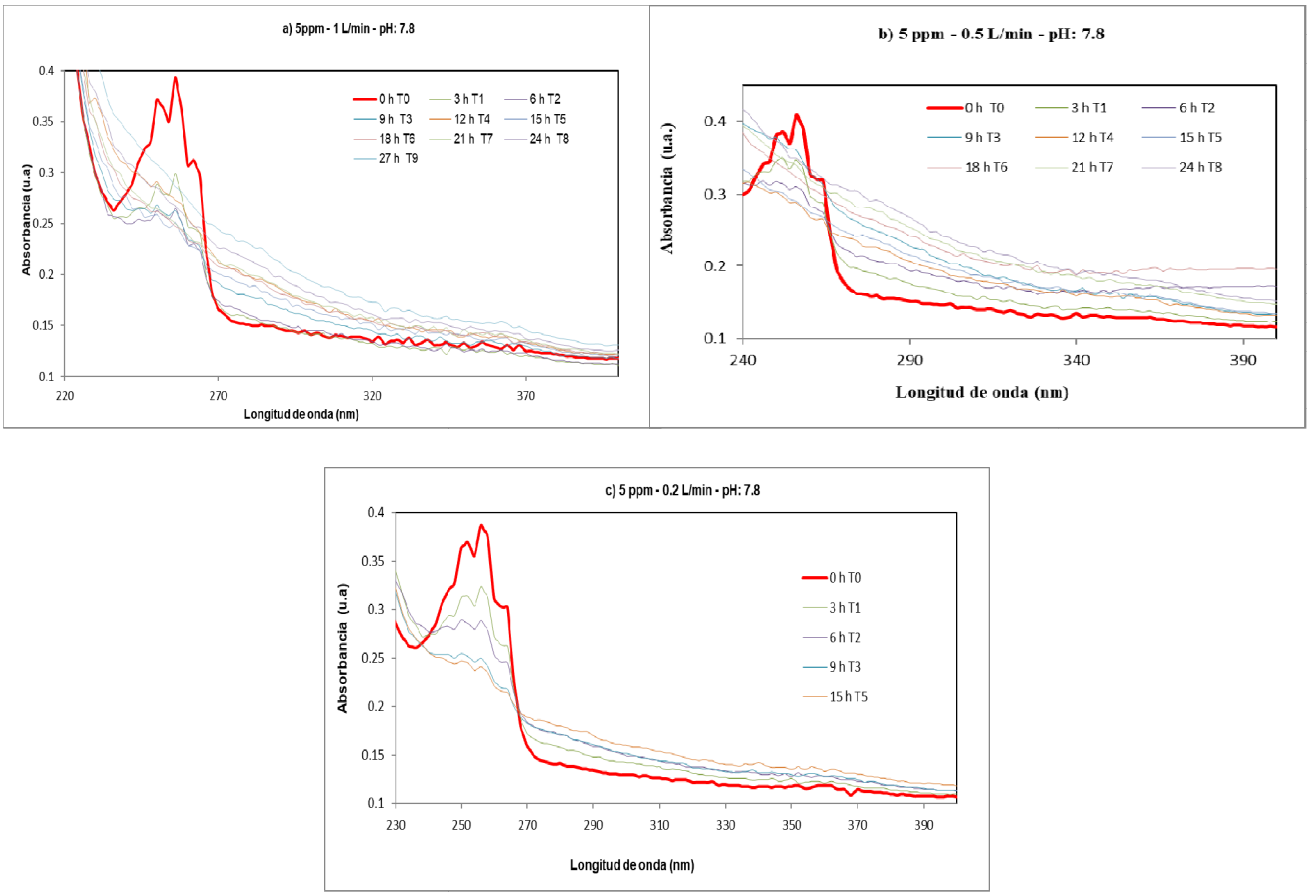


Figura 3. Espectros UV – vis de degradación de piridina a 5 ppm con ZnO /Au - luz natural y pH natural. a) 5 ppm y 1 L/min, b) 5 ppm y 0.5 L/min, c) 5 ppm y 0.2 L/min.

Fueron realizadas pruebas con 0.2 L/min, 0.5 L/min y 1 L/min para una misma concentración y por medio de espectroscopia UV-vis se analizaron los resultados para los 3 distintos caudales.

En este caso particular con las condiciones de piridina a 5 ppm con ZnO /Au - luz natural y pH natural para los 3 distintos caudales empleados, el caudal de 0.5 L/min para las condiciones antes mencionadas, fue el adecuado para llevar a cabo la degradación de la piridina. El comportamiento mostrado a flujos de recirculación de 0.2 L/min es un fenómeno que se presenta a causa de flujos laminares sobre una superficie plana, ya que a esta velocidad se crea una capa límite y a medida que esta capa se mueve a lo largo del cuerpo, la acción continua de los esfuerzos cortantes tiende a desacelerar las partículas adicionales del fluido, haciendo que el espesor de

 ISSN 2007-8102

la capa aumente [Streeter y col., 2000]. Al aumentar la capa límite la transferencia de masa es menor y esto repercute sobre la eficiencia de degradación.

Degradaciones: Al obtener las condiciones de operación adecuadas para los catalizadores, se realizó la degradación de las distintas concentraciones de piridina en solución, las cuales son 5, 10, 20, 30,40 y 50 ppm, en un intervalo de tiempo máximo de 24 h para ambos catalizadores. Como se observa en la Figura 4, en esta se muestra que el catalizador dopado con oro muestra una mejor degradación del compuesto orgánico.

En la Figura 4 (a) y 4 (b) confirman que a bajas concentraciones de piridina, ambos catalizadores degradan rápidamente el compuesto, requiriendo un tiempo de entre 6 y 9 horas, mientras que a altas concentraciones el comportamiento es totalmente diferente ya que se requiere una mayor producción de radicales hidroxilo para poder oxidar el compuesto [Abramovic y col., 2011; Rivas y col., 2010].

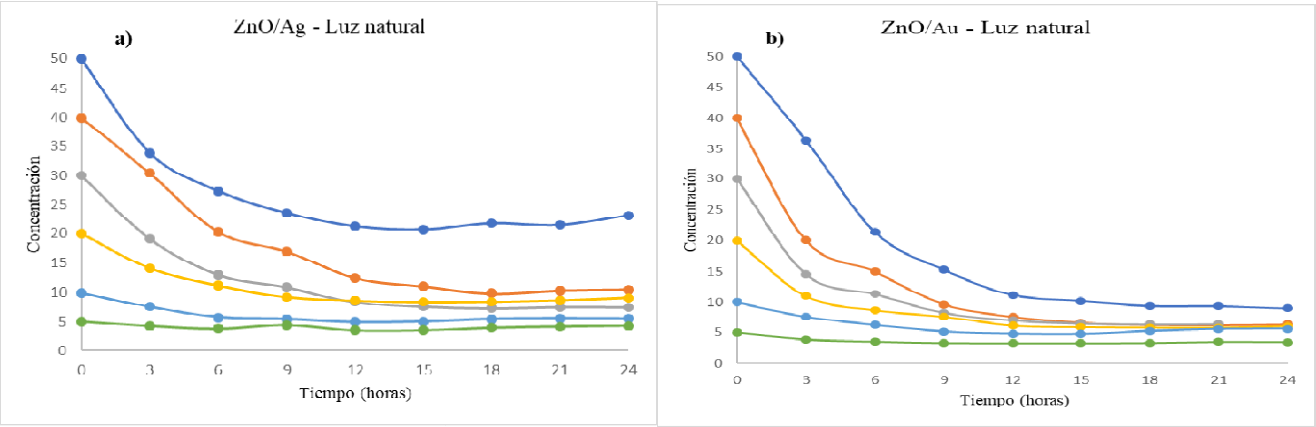


Figura 4. Graficas de degradación de Piridina a distintas concentraciones en ppm durante 24h. a) catalizador ZnO/Ag y luz natural, b) catalizador ZnO/Au y luz natural.

Conclusiones

El sistema de reacción empleado es considerado óptimo para realizar degradaciones fotocataliticas del compuesto piridina debido a la facilidad que permite para la modificación de distintas variables. Para el catalizador ZnO/Au irradiado con luz natural, los tiempos de degradación obtenidos, fueron de 0.5 L/min de residencia hidráulica y un pH de 7.8 (natural). el comportamiento del pH es constante a lo largo de la reacción por lo tanto no es necesario la aplicación de sustancias reguladoras de pH. Para el catalizador ZnO/Ag irradiada, con luz natural, se obtuvo que las condiciones de operaciones óptimas del tiempo de residencia hidráulico, fueron de 0.5 L/min y el pH 7.8 (natural), siendo las mismas para el ZnO/Au. El ZnO/Au fue el fotocatalizador que mostro mejores resultados en comparación con el ZnO/Ag, lo cual está relacionado con la cantidad de electrones libres que tienen el oro en su última capa de valencia, favoreciendo la cantidad de especies radicales que se forman en la superficie del fotocatalizador. Sin embargo, las eficiencias de degradación son muy idénticas para ambos tipos de dopaje. La síntesis empleada para la impregnación del fotocatalizador y sus respectivos dopajes es considerada adecuada debido a las características del sistema y a los resultados de degradación obtenidos. Es posible lograr la degradación del compuesto piridina partiendo altas y bajas concentraciones con ambos tipos de catalizadores, aunque el que presento mejores porcentajes de degradación al ser irradiado con luz natural es el ZnO/Au.

Referencias.

1. Abramovic B., Kler S., Sokic D., Lausevic M., Radovuic T., Vione D. (2011*).*Photocatalytic degradation of metoprololtartrate in suspensions of two TiO_2-based photocatalytic with different surface area. Identification of intermediates and proposal of degradation path ways. *J. harzard Mater*. **(198)** 123-132.

2. Esparza P., Hernandez T., Borges M. (2012). TiO_2 Modification by hydrothermal treatment and doping to improve its photocatalytic behavior under visible light. *Catal. Today.***(210)** 135 – 141.
3. Hahn B. (2011). Zinc oxide nanostructure and their applications. Korean J. *Chem. Eng*. **(28)** 1979-1813.
4. Lampman G. M., Pavia D. L., Kriz G. S., Vyvyan J. R. (2010). Spectroscopy. Brooks/Cole Cengage Learning, Toronto.
5. Leyva E, Montalvo C., Moctezuma E. y Leyva S. (2008). Photocatalytic degradation of pyridine in wáter solution using ZnO as analternative catalyst to TiO_2. *J. Ceramic Process. Res*. **(5)** 45-462.
6. Malato S., Fernández P., Maldonado M., Blanco J., Gernjak W. (2009). Decontamination and disinfection of waterby solar photocatalysis: Recentoverview and trends.*Catal.Today***(147)** 1–59.
7. Marquez A., Rodríguez M., Herrera C. (2011) Effect of surface morphology of ZnO electrodeposited on photocatalytic oxidation of methylene Blue dye part I: analytical study. *Int. J. Electrochem*. *Sci*.**(6)** 4059-4069.
8. Miranda N., Suarez S., Sánchez B., Coronado J., Malato S. Maldonado M. (2011). Degradación fotocatalítica de contaminantes emergentes en efluentes municipales de plantas de tratamiento de aguas residuales usando TiO2 en una planta solar piloto.*App. Cat. B: Environ.* **(103)** 294–301.
9. Montalvo C., (2010). Degradación fotocatalítica de compuestos que aportan olor al agua residual y potable. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí.
10. Pinedo A., Lopez M., Moctezuma E. (2016). Photocatalytic decomposition of metoprolol and its intermediate organic reaction products: kinetics and degradation pathway. *Int. J. Chem. React. Eng.* **(14)** 809-820.
11. Rivas F. J., Gimeno., O., Borralho T., Carbajo M. (2010). UV-C radiation based methods foraqueous metoprolol elimination. *J. Hazard Mater.* **(179)** 357-362.
12. Samadi M., Zirak M., Naseri A., Khorashadizade E., Moshfegh A., (2016). Progresos recientes sobre nanoestructuras dopadas de ZnO para fotocatálisis con Luz Visible. *Thin Solid Films*. **(605)** 2-19.
13. Streeter V., Wylie E., Bedford K. Mecánica de fluidos. 2000. Mc Graw Hill.
14. Swarnakar P., Kanel R., Nepal D. (2013). Silver deposited titanium dioxide thin film for photocatalysis of organic compounds using natural light. *Solar Energy*. **(88)** 242-249.
15. Xu J., Shi Y., Huang J. (2004). Doping metal ions only onto the catalyst Surface. *J.Mol. Cat.**(219)*** 351-355.
16. Zhu Q., Moggride G., Mohamed A., Mantle L., Lynn M., Agostino G. (2016). Adsorción de piridina de una solución acuosa por adsorbentes poliméricos MN 200 y estudios PFG – NMR. *Chem. Eng.J*. **(306)** 67- 76.

Síntesis y caracterización de SBA-15 dopada con Al por Auto-Ensamblaje Inducido por Evaporación

E. Aguilar García[1], M. A. Pérez Cruz[1], R. Hernández Huesca[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Avenida San Claudio, San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Puebla, México.
**eric.aguilargarcia@gmail.com.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se sintetizó sílice tipo SBA-15 pura y dopada con Al por el método de Auto-Ensamblaje Inducido por Evaporación (EISA). La sílice mostró un alto grado ordenamiento hexagonal de poros como se demostró por el análisis de difracción de rayos a bajo ángulo y el Al quedó dentro de la estructura de la sílice y/o altamente disperso, además, se obtuvo una morfología diferente a la obtenida por el método hidrotérmico. Por otro lado, por el análisis por FTIR se observaron las vibraciones de los grupos Si-O-Al que demuestran la incorporación del Al, mientras que por UV-Vis Reflectancia Difusa se observaron bandas atribuidas a Al tetra y hexa-coordinado en la red estructural de la sílice lo que comprueba que el dopado por este método fue efectivo. La actividad catalítica se evaluó con la reacción de conversión de 2-propanol, donde el Al genera sitios ácidos de gran fuerza obteniendo conversiones de propeno superiores al 99%, con estos resultados los catalizadores estudiados pueden se aplicados para otras reacciones en condiciones ácidas.

***Palabras clave**: SBA-15, EISA, Catálisis Ácida, 2-Propanol*

Abstract

SBA-15 silica pure and doped with Al was synthesized by Evaporation Induced Self Assembly (EISA) method. The silica showed highly ordered mesopores in small angle X-ray diffraction analysis and the Al doped was found inside of structure of SBA-15 or highly dispersed, also, it was observed a different morphology than the one produced by hydrothermal synthesis method. On the other hand, the presence of Al incorporated inside the silica was demonstrated by vibrations of groups Si-O-Al in FTIR analysis, while, bands assigned to tetra and hexa-coordinate Al in the framework silica were observed with studies UV-Vis by Reflectance Diffuse. The catalytic activity was evaluated by 2-propanol conversion reaction, in these materials the aluminum generates strong acids sites that produced bigger conversions than 99% of propene, with these results the catalyst studied can be applied in other acids reaction.

***Key words**: SBA-15, EISA, Acid Catalysis, 2-Propanol*

Introducción

Los catalizadores con propiedades ácidas se emplean en diferentes áreas de la industria como petroquímica, refinación de petróleo y química fina, un ejemplo de ellos son las zeolitas, que además han sido ampliamente usadas en otras áreas como adsorción y separaciones de mezclas gaseosas, pero, por su naturaleza microporosa su aplicación es limitada a procesos donde no tenga problemas de difusión de compuestos [Hu y col., 2006]. Con el descubrimiento de los materiales mesoporosos tipo MCM-41 [Beck y col., 1992] y SBA-15 [Zhao y col., 1998] se amplió el panorama para fabricación de catalizadores con poros más amplios permitieran el fácil movimiento de flujos hacía dentro y fuera de la porosidad.

La SBA-15 es muy usada por sus ventajas como superficie específica (500-1000 m^2g^{-1}), volumen de poro desarrollado y paredes gruesas que brinda estabilidad térmica y mecánica para diferentes aplicaciones como la catálisis [Sakthivel y col., 2000]. Este tipo de sílice es neutra pero debido alta densidad de grupos silanol (Si-OH) permite la fácil modificación de su superficie anclando fases metálicas o grupos funcionales que le puedan brindan propiedades ácidas, esta modificación se lleva a cabo por procesos post-síntesis, como el de impregnación a volumen incipiente [Moyaca y Jones, 1999]. En este proceso, si no hay alta dispersión metálica provoca la

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

obstrucción de la porosidad por la formación de aglomerados o partículas grandes, lo que puede afectar a la actividad del catalizador. Aunque, hay procesos donde el metal se incorpora en la red estructural de la sílice durante su proceso de formación (dopado) y de esta manera queda mejor distribuido y/o dentro de la estructura de la sílice evitando los problemas que genera la impregnación [Brent y Ross, 1999].

El método de Auto-Ensamblaje Inducido por Evaporación (Evaporation Induced Self-Assembly - EISA) es un método de fácil manufactura, se realiza en condiciones ambientales, además, no necesita el empleo de equipo sofisticado y se evita el uso de grandes cantidades de agua y ácidos fuertes como en el método hidrotérmico, lo que representa ahorro de energía, agua y se evitan la formación de grandes cantidades de desechos. Con este método se han obtenido catalizadores dopados con buena estructura porosa por ejemplo [Wuan y Liu, 2008] sintetizaron SBA-15 dopada con Al y Sn y [Zhang y col., 2017] que sintetizaron esta misma sílice dopada con Fe.

Por otro lado, la reacción de conversión de 2-propanol ha sido ampliamente utilizada para caracterizar catalizadores, debido a su simplicidad y fácil interpretación de resultados. En esta reacción generalmente ocurren dos tipos de reacción: deshidratación sobre sitios ácidos para producir propeno y deshidrogenación sobre sitios básicos para obtener acetona, aunque puede ocurrir una tercera para producir éter isopropílico por una reacción bimolecular sobre sitios ácidos de mayor fuerza [Rožić y col., 2011]. En este trabajo se estudió la síntesis de sílice tipo SBA-15 dopada con Al en diferentes relaciones molares, se caracterizaron fisicoquímicamente y se evaluó la actividad catalítica de los materiales en la reacción de conversión de 2-propanol.

Metodología

Materiales

Se utilizó: para la síntesis de los catalizadores el copolímero tribloque Pluronic P123 y tetraetil ortosilicato (99.999%) de Sigma Aldrich, etanol (>99.9%) de Fermont, ácido clorhídrico grado reactivo de J. T. Baker, cloruro de aluminio hexahidratado (>99.9%) de Meyer y agua desionizada. Para el análisis por espectroscopía infrarroja se usó bromuro de potasio para IR de Merck. Para la reacción de conversión de 2-propanol se utilizó 2-propanol (>99.5%) de Meyer y N_2 de ultra alta pureza (99.999%) y para el análisis en el cromatógrafo de gases He y H_2 grado cromatográfico (99.998%) y aire extraseco.

Síntesis de SBA-15 y dopada con Al

Para la síntesis de SBA-15 pura se siguió el procedimiento reportado por [Wuan y Liu, 2008], donde 2 g de Pluronic P123 se disolvieron en 38 mL de etanol con agitación por 2 h, enseguida se agregaron 0.5 mL de HCl 0.5 N y 0.5 mL de agua desionizada conservando la agitación por 30 minutos, después se adicionaron 4.46 mL de tetraetil ortosilicato, y se mantuvo la agitación por 24 h, posteriormente la mezcla se dispersó en un cristalizador de vidrio para su secado por 48 h a temperatura ambiente y presión atmosférica. Por último, el material formado se removió, se calcinó a 550 °C y se trituró para obtener un polvo blanco fino. En el caso del dopado con Al se siguió el mismo procedimiento anterior, pero se reemplazó el HCl por la cantidad del cloruro de aluminio necesario para llevar el dopado en diferentes relaciones molares Al/Si (0.01, 0.05, 0.08 y 0.10). La nomenclatura usada para etiquetar a los catalizadores sintetizados fue XAl-SBA-15, donde X es la relación molar usada.

Caracterización fisicoquímica

El análisis por difracción de rayos X (DRX) a bajo ángulo se llevó a cabo en el equipo marca Bruker modelo D8 Discover, con una radiación CuKα λ= 1.5406 Å, un voltaje de 40 KV, una intensidad de 30 mA y un tamaño de paso de 0.02 en el rango de 2θ entre 0.5° - 5°, mientras que los análisis por DRX en el rango de 2θ entre 5° - 80° se realizaron en un equipo marcar Bruker modelo D8 Advanced con radiación de CuKα de λ = 1.541874 Å, una intensidad de 30 mA y un tamaño de paso de 0.04.

Los análisis por microscopía electrónica de barrido (MEB) se realizaron en un microscopio JEOL JSM-7800 F, con filamento de tungsteno como fuente de electrones y operando a alto vacío. Los análisis por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) se realizaron en un espectrómetro marca Varian modelo Excalibur en un rango de medición de 400 – 4000 cm^{-1}, los materiales se prepararon con una pastilla de bromuro de potasio. Y los análisis por espectroscopía de UV-Vis por Reflectancia Difusa (UV-Vis RD) se utilizó un espectrómetro marca Varian modelo Cary 300 con un barrido entre 200 – 800 nm.

 ISSN 2007-8102

Caracterización catalítica

La conversión de 2-propanol se llevó a cabo en un sistema catalítico mostrado en la Figura 1, que consta de un saturador donde fluye una corriente de N_2 a través del 2-propanol en fase líquida para arrastrar el vapor de este. En seguida, se encuentra un controlador de dirección del flujo, el cual sirve para enviar la corriente gaseosa hacía el reactor y al cromatógrafo de gases, posteriormente está un reactor tubular de cuarzo con una cama porosa donde se deposita el catalizador, a su vez el reactor está dentro de un horno tubular que controla la temperatura de reacción y por último, se encuentra un cromatógrafo de gases marca Perkin Elmer modelo XL con detector de flama ionizada (FID) usando una columna empacada Porapak N 80/100 de 6 pies de longitud y 1/8 de pulgada de diámetro interno. Para esta reacción se usaron 50 mg de catalizador, temperatura de reacción de 300°C, flujo de N_2 de 60 ml min^{-1} y la temperatura en el saturador fue de 14°C.

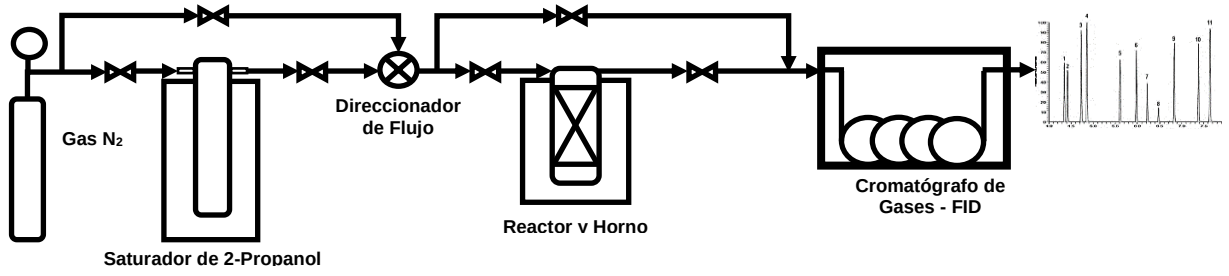


Figura 1. Sistema catalítico para la reacción de conversión de 2-propanol.

Para el cálculo de la conversión de los productos obtenidos, el área cromatográfica de cada compuesto se corrigió dividiéndola entre un factor de respuesta o sensibilidad relativa (0.53, 1.00 y 0.49 para 2-propanol, propeno y acetona respectivamente), el área corregida se normalizó y se calculó el porcentaje de conversión para cada producto ($\%C_i$) con la ecuación 1, en donde el área corregida de cada compuesto (Ac_i) se dividió entre la suma de las áreas corregidas de todos los compuestos ($\sum_1^n Ac_i$) y todo esto se multiplica por 100, mientras que la velocidad de reacción (V) que se muestra en la ecuación 2, se calculó multiplicando la velocidad de flujo de N_2 (F / mL min^{-1}), la presión parcial de vapor del 2-propanol (P/22.3 torr), el porcentaje de conversión ($\%C_i$) y las constantes 273 y 1000, dividido entre la temperatura (T / °C), la masa del catalizador (m / mg) y las constantes 22400, 760 y 100 . Por último, la selectividad de cada producto ($\%S$) se calculó con la ecuación 3, donde el porcentaje de conversión de cada producto ($\%C_i$) se dividió entre su masa molar correspondiente (M_i) y todo esto se dividió entre la suma total de los cocientes de las conversiones entre su masa molar de cada producto.

$$\%C_i = \frac{Ac_i}{\sum_1^n Ac_i} \times 100 \quad (1)$$

$$V = \frac{F}{22400}\frac{P}{760}\frac{273}{T}\frac{1000}{m}\frac{\%C_i}{100} \quad (2)$$

$$\%S = \frac{{}^{\%C_i}/_{M_i}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\%C_i}{M_i}\right)} \quad (3)$$

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Difracción de rayos X

En la Figura 2a se observa que la síntesis de SBA-15 pura por el método EISA logró obtener una sílice con alto grado ordenamiento hexagonal de poros a largo alcance, perteneciente al grupo espacial *P6mm*, de acuerdo con los picos de difracción en 1.08°, 1.70° y 2.10° pertenecientes a los planos d_{100}, d_{110} y d_{200} [Grosso y col., 2004] demostrando que el procedimiento de síntesis fue eficiente para obtener este material, mientras que la Figura 2b indica que se trata de una sílice amorfa por la señal ancha que va de 15° a 40° aproximadamente, lo que es característico de este tipo de materiales, por otro lado, los catalizadores no mostraron señales que pertenezcan a fases cristalinas del metal dopado, lo nos puede inferir que el Al quedó dentro de la estructura o muy bien disperso en la SBA-15, este resultado coincide con los reportados por Bhange y col., 2011.

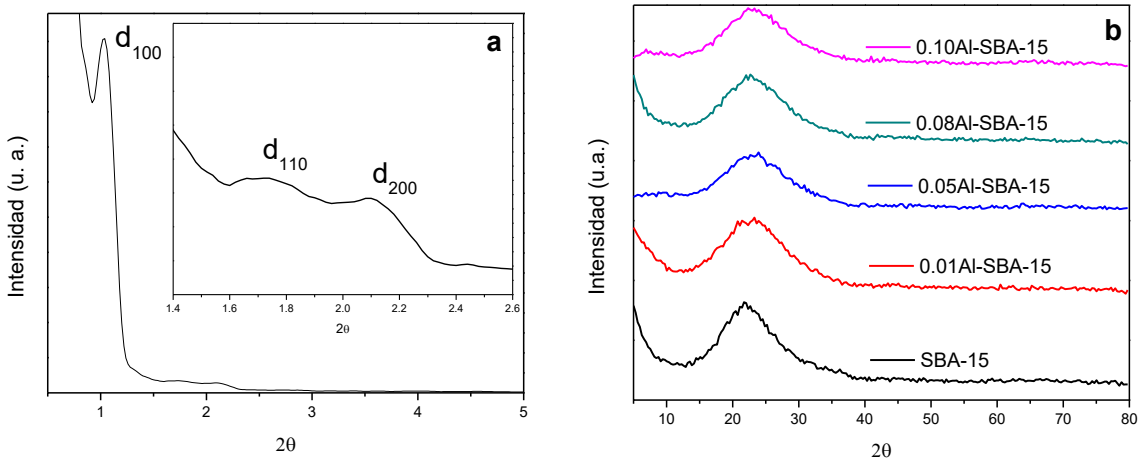


Figura 2. a) Difractograma de rayos X a bajo ángulo y b) Difractograma de rayos X de la SBA-15 y dopada con Al.

Microscopia electrónica de barrido

En las micrografías mostradas en la Figura 3 se observa que tanto la SBA-15 como dopada con Al, tienen una morfología diferente a la forma de filamentos de tamaños y forma informe que se obtienen por el método hidrotérmico [Zhao y col, 2000], en cambio, en los materiales aquí estudiados se observó la formación filamentos pero que están aglomerados formando partículas más grandes sin forma definida ni tamaño uniforme, esto se generó debido a que por el método empleado al final de la síntesis se obtiene una especie de membrana donde se compactaron todos los filamentos para formar un aglomerado, que posteriormente se calcina y tritura, mientras que, en condiciones hidrotermales desde el final de la síntesis se obtiene un polvo fino el cual no sufre cambios después de ser calcinado.

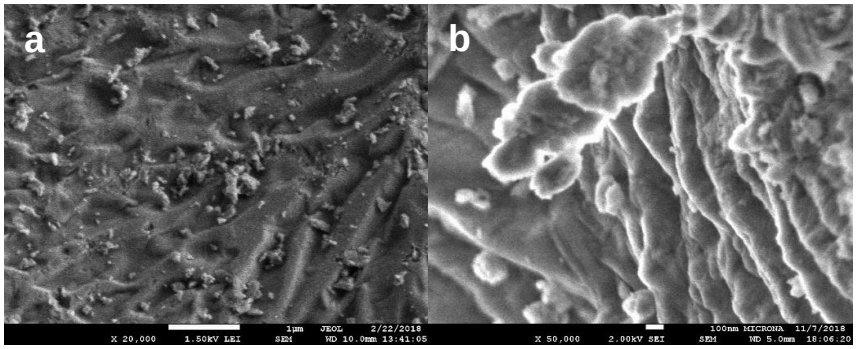


Figura 3. Micrografía de a) SBA-15 y b) 0.05Al-SBA-15

 ISSN 2007-8102

Espectroscopía Infrarroja

Por espectroscopía infrarroja en la Figura 4 se aprecian las siguientes bandas: 1080 cm^{-1} y 804 cm^{-1} que corresponden a los modos vibracionales de tensión asimétrica y simétrica de los grupos Si-O-Si respectivamente, mientras que la vibración de flexión del grupo Si-O-Si se observó en 460 cm^{-1}. La banda ancha en 3464 cm^{-1} corresponde a la vibración de los grupos silanoles (Si-OH) y moléculas de agua fisisorbidas, mientras que la banda 1641 cm^{-1} se atribuye a la vibración de tensión de los grupos Si-OH [Tomer y col., 2016]. La evidencia de la incorporación del metal dopado en la red estructural de la sílice es la banda alrededor de 964 cm^{-1} que en estructuras de silicatos se asigna a defectos de la forma Si-O-M, donde M = Metal [Charan y col., 2015], y la banda alrededor de 3651 cm^{-1} que es asignada a la presencia de sitios ácidos tipo Brönsted en la forma Si_3-O-M-OH [Anunciata y col., 2007].

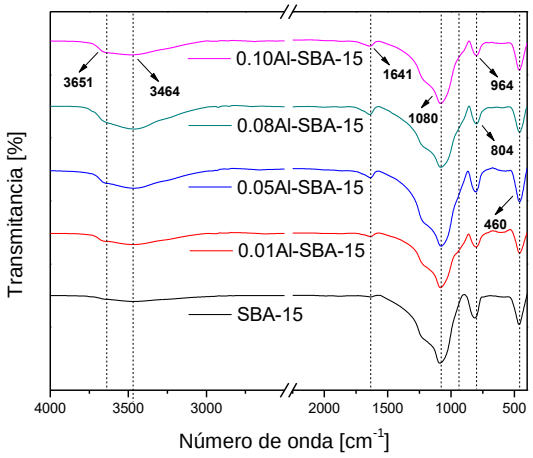


Figura 4. Espectro FTIR de los catalizadores dopados de Al a diferentes relaciones molares.

Espectroscopía UV-Vis por Reflectancia Difusa

En la figura 5 se presenta el espectro de UV-Vis RD de la SBA-15 pura y dopada con Al, la SBA-15 pura muestra las bandas de 225 y 260-300 nm que corresponden a la transferencia de carga de la absorción UV en la red estructural de la sílice [Elías y col., 2016]. Cuando la sílice es dopada con la menor cantidad de Al/Si=0.01 se observa un incremento de la banda 225 nm que se atribuye a la transición de la transferencia de carga del enlace Al-O tetra-coordinado dentro de la estructura de la SBA-15 y una disminución de la banda de 265 nm debido a la sustitución del Si por el Al [Zanjunchi y Razavi, 2001], cuando se aumenta la cantidad del metal a la relación 0.05 la banda de 225 nm disminuye y aparece una banda > 330 nm con baja intensidad, asignada con Al fuera de la estructura pero está pequeñas cantidades [Garbowski y Mirodatos, 1982], al seguir aumentando la cantidad de Al a 0.08 y 0.10 se observa que la banda de 225 nm se reduce aún más y la banda 330 nm aumenta indicando un incremento de Al fuera de la estructura de la sílice, pero queda altamente disperso como se vio por DRX. Por otro lado, en estos dos últimos catalizadores aparece una banda ancha que va de 250 a 320 nm atribuida a la distorsión de la red estructural provocando la pérdida de simetría del Al tetra-coordinado y que se genera durante el proceso de calcinación y/o una parte de Al es expulsada de la estructura [Zanjunchi y Razavi, 2001].

Zanjanchi y Asgari [2004] encontraron para materiales silíceos tipo MCM41 modificados con Al por síntesis directa, si el Al está dentro de la estructura del catalizador se encuentra en un ambiente tetra-coordinado (tetraedro), mientras que si se localiza fuera de la red estructural el Al se presenta como hexa-coordinado (octaedro), lo cual lo confirmaron con los análisis de Resonancia Magnética Nuclear de ^{27}Al. Por tanto, se puede decir para los materiales aquí estudiados presentan Al tetra-coordinado dentro de la red estructural a bajas concentraciones (0.01Al-SBA-15 y 0.05Al-SBA-15), al incrementar la concentración una cierta cantidad de Al es expulsada fuera de la red en un ambiente hexa-coordinado (0.08Al-SBA-15 y 0.10Al-SBA-15).

 ISSN 2007-8102

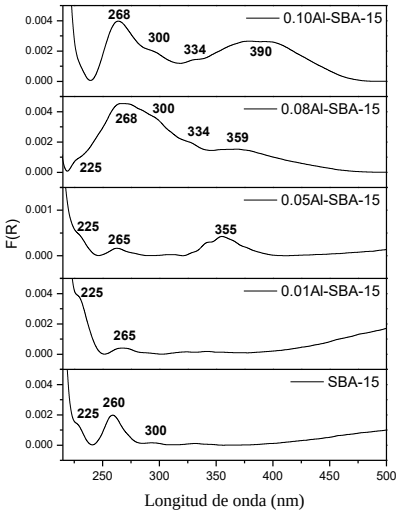


Figura 5. Espectros UV-Vis por Reflectancia Difusa de los catalizadores de Al.

Conversión de 2-propanol

En la figura 6a se muestran los resultados de la reacción de conversión de 2-Propanol en la SBA-15 y los catalizadores, donde se observa el efecto del Al en la SBA-15. Los catalizadores 0.05Al-SBA-15, 0.08Al-SBA-15 y 0.10Al-SBA-15 presentaron desde el minuto 1:00 de reacción conversiones a propeno superiores a 95% para posteriormente ir aumentando hasta alcanzar 99.06%, 99.76% y 99.82% respectivamente.

Por otro lado, el catalizador 0.01Al-SBA-15 tuvo mayor conversión de propeno que 0.05Al-SBA-15 y 0.08Al-SBA-15 al inicio de la reacción, pero enseguida se comenzó a desactivar hasta concluir por debajo de estos, esto se puede atribuir a que 0.01Al-SBA-15 sólo tiene Al tetra-coordinado como se ve por UV-Vis RD, este tipo coordinación se ha reportado que es más ácido que el hexa-coordinado [Wang y col., 1999], por lo que al comenzar la reacción los sitios ácidos generados por el Al tetra-coordinado producen mayores conversiones a propeno que 0.05Al-SBA-15 y 0.08Al-SBA-15 los cuales tienen una mezcla de especies de Al, sin embargo, la muestra 0.01Al-SBA-15 se desactivó enseguida debido a la baja cantidad de sitios activos comparado con los demás que tienen mayores concentraciones de Al, mientras para 0.10Al-SBA-15 donde sólo se observaron especies de Al hexa-coordinado mostró la mayor conversión a propeno, para este catalizador la alta actividad catalítica es influenciada por la alta población de los sitios ácidos generada por la mayor cantidad de Al.

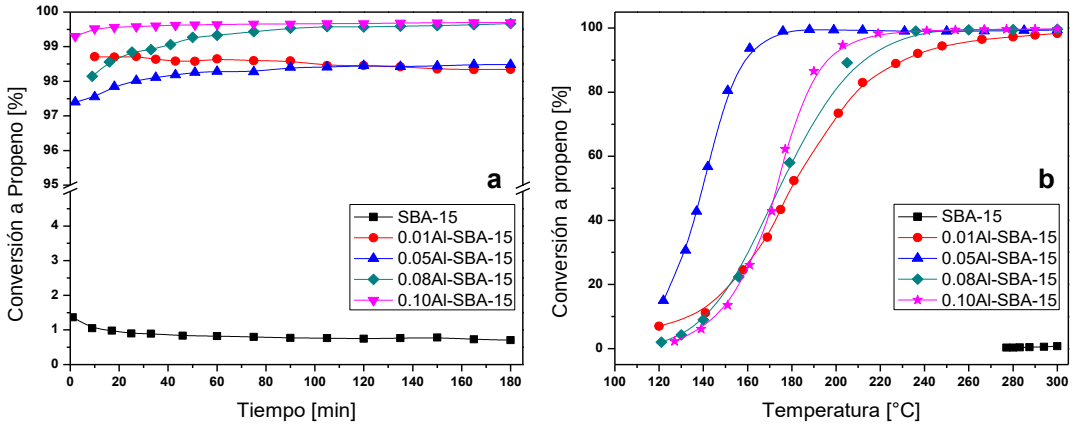


Figura 6. Conversión a propeno de los catalizadores de Al en la conversión de 2-propanol a 300°C.

 ISSN 2007-8102

La actividad de los catalizadores en esta reacción a diferentes temperaturas se muestran en la Figura 6b, donde se observa que 0.05Al-SBA-15 tiene las mayores conversiones a propeno a temperatura más bajas, esto es debido a que 0.05Al-SBA-15 además de presentar al Al altamente disperso como se vio por UV-Vis RD y DRX respectivamente, posee una mayor cantidad de Al con respecto a 0.01Al-SBA-15 y una mayor proporción de Al tetra-coordinado en relación con 0.08Al-SBA-15 y 0.10Al-SBA-15, en este último la banda correspondiente a Al tetraédrico desapareció, y como se ha mencionado anteriormente la coordinación tetraédrica tiene una mayor fuerza ácida que la hexa-coordinada.

Además de propeno, en todos los catalizadores se produjo isopropiléter y acetona con conversiones muy bajas en promedio de 1.30% y 0.65% respectivamente, al inicio de la reacción para posteriormente disminuir por debajo de 0.12% para ambos compuestos después de 180 minutos de reacción. El isopropiléter se generó por una reacción bimolecular en sitios ácidos tipo Lewis de gran fuerza [Ortiz y col., 2005], mientras que la presencia de acetona en materiales esencialmente ácidos se debe a defectos estructurales como vacancias del metal en la red, creándose sitios con carga negativa que funcionan como sitios básicos [Wang y col., 1999].

Las velocidades de reacción de los catalizadores (Figura 7a), muestran el mismo comportamiento que las conversiones, la rapidez de producción a propeno es aproximadamente 1.926 L h^{-1} por gramo de catalizador y en la figura 7b se encuentran las selectividades a propeno donde se observa que estos catalizadores presentaron selectividades superiores al 99% al final de la reacción debido a su naturaleza ácida.

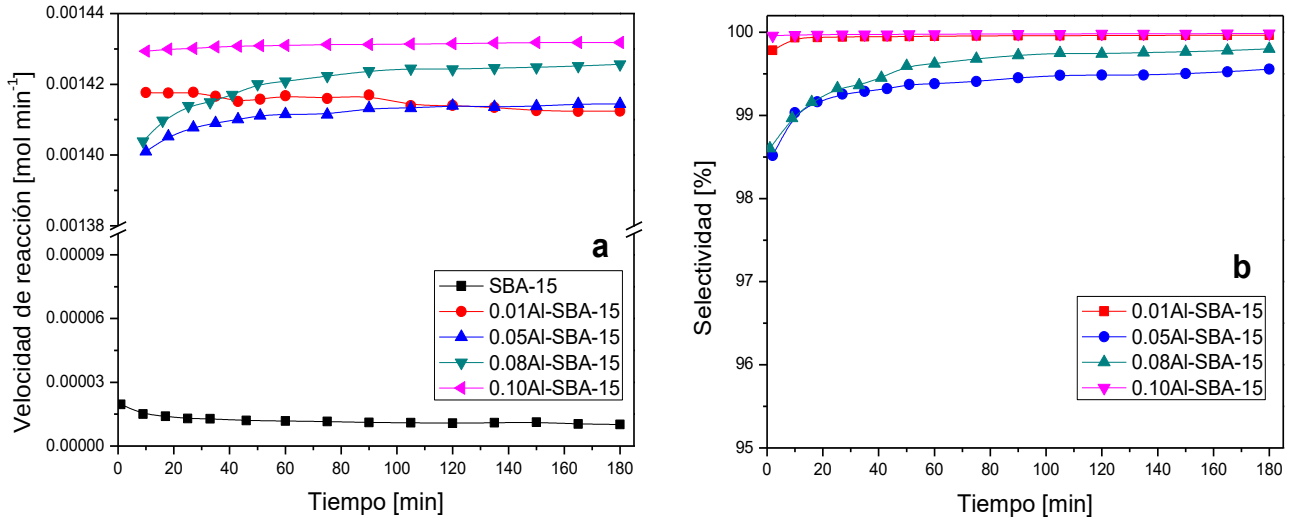


Figura 7. Velocidad de reacción para la conversión de 2-propanol a propeno en los catalizadores de Al a 300°C.

Conclusiones

El método de síntesis EISA fue eficiente para la síntesis de SBA-15 con buen arreglo hexagonal de poros a largo alcance, además, permitió la fabricación de catalizadores dopados con Al en esta sílice con morfología diferente a la obtenida en condiciones hidrotérmicas, logrando la incorporación del metal en la estructura lo que genera sitios ácidos de diferente fuerza (Al tetra y hexa-coordinado). La acidez generada por el Al se ve reflejada en la conversión de 2-propanol a propeno, en donde a 300°C todos los catalizadores presentan conversiones superiores al 97%, resultando el 0.10Al-SBA-15 el de mayor producción de propeno con 99.82% de conversión después de 3 horas de reacción sin mostrar aparente desactivación, pero, el 0.05Al-SBA-15 muestra mayores conversiones a temperaturas menores de hasta 170 °C teniendo influencia el ambiente coordinado del Al, tetra-coordinado más ácido y activo que hexa-coordinado a menores temperaturas. Con estos resultados los catalizadores estudiados en este trabajo se pueden emplear en otras reacciones donde se requieran catalizadores con propiedades altamente ácidas.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada dentro del programa de Doctorado en Ciencias Químicas - BUAP, al Dr. Hernani Yee Madeira de la ESFM del IPN por la realización de los análisis por difracción de rayos X, al Dr. Julián Hernández Torres del Centro de Investigación MICRONA de la Universidad Veracruzana por la elaboración de los análisis por microscopía electrónica de barrido.

Referencias

1. Anunziata, O. A., Beltramone, A. R., Martínez, M. L., & Belon, L. L. (2007). Synthesis and characterization of SBA-3, SBA-15, and SBA-1 nanostructured catalytic materials. *J. Colloid Interf. Sci*. **(315)** 184-190.
2. Beck, J. S., Vartuli, J. C., Roth, W. J., Leonowicz, M. E., Kresge, C. T., Schmitt, K. D., & Higgins, J. B. (1992). A new family of mesoporous molecular sieves prepared with liquid crystal templates. *J. Am. Chem. Soc*. **(114)** 10834-10843.
3. Bhange, P., Bhange, D. S., Pradhan, S., & Ramaswamy, V. (2011). Direct synthesis of well-ordered mesoporous Al-SBA-15 and its correlation with the catalytic activity. *Appl. Catal. A-Gen.* **(400)** 176-184.
4. Breen, J. P., & Ross, J. R. (1999). Methanol reforming for fuel-cell applications: development of zirconia-containing Cu–Zn–Al catalysts. *Catal. Today*. **(51)** 521-533.
5. Charan, P. H. K., & Rao, G. R. (2015). Textural and morphological studies of transition metal doped SBA-15 by co-condensation method. *J. Chem. Sci*. **(127)** 909-919.
6. Elías, V. R., Ferrero, G. O., Oliveira, R. G., & Eimer, G. A. (2016). Improved stability in SBA-15 mesoporous materials as catalysts for photo-degradation processes. *Micropor. Mesopor. Mat*. **(236)** 218-227.
7. Garbowski, E. D., & Mirodatos, C. (1982). Investigation of structural charge transfer in zeolites by UV spectroscopy. *J. Phys. Chem.* **(86)** 97-102.
8. Grosso, D., Cagnol, F., Soler-Illia, G. D. A., Crepaldi, E. L., Amenitsch, H., Brunet-Bruneau, A. & Sanchez, C. (2004). Fundamentals of mesostructuring through evaporation-induced self-assembly. *Adv. Funct. Mater.* **(14)** 309-322.
9. Hu, W., Luo, Q., Su, Y., Chen, L., Yue, Y., Ye, C., & Deng, F. (2006). Acid sites in mesoporous Al-SBA-15 material as revealed by solid-state NMR spectroscopy. *Micropor. Mesopor. Mat.* **(92)** 22-30.
10. Mokaya, R., & Jones, W. (1999). Efficient post-synthesis alumination of MCM-41 using aluminium chlorohydrate containing Al polycations. *J. Mater. Chem*. **(9)** 555-561.
11. Ortiz-Islas, E., López, T., Navarrete, J., Bokhimi, X., & Gómez, R. (2005). High selectivity to isopropyl ether over sulfated titania in the isopropanol decomposition. *J. Mol. Catal. A-Chem*. **(228)** 345-350.
12. Rožić, L., Grbić, B., Radić, N., Petrović, S., Novaković, T., Vuković, Z., & Nedić, Z. (2011). Mesoporous 12-tungstophosphoric acid/activated bentonite catalysts for oxidation of 2-propanol. *Appl. Clay Sci*. **(53)** 151-156.
13. Sakthivel, A., Badamali, S. K., & Selvam, P. (2000). para-Selective t-butylation of phenol over mesoporous H-AlMCM-41. *Micropor. Mesopor. Mat*. **(39)** 457-463.
14. Tomer, V. K., Devi, S., Malik, R., Nehra, S. P., & Duhan, S. (2016). Fast response with high performance humidity sensing of Ag–SnO_2/SBA-15 nanohybrid sensors. *Micropor. Mesopor. Mat*. **(219)** 240-248.
15. Wang, J., & Liu, Q. (2008). A simple method to directly synthesize Al-SBA-15 mesoporous materials with different Al contents. *Solid State Commun*. **(148)** 529-533.
16. Wang, J. A., Bokhimi, X., Novaro, O., Lopez, T., Tzompantzi, F., Gomez, R. & Lopez-Salinas, E. (1999). Effects of structural defects and acid–basic properties on the activity and selectivity of isopropanol decomposition on nanocrystallite sol–gel alumina catalyst. *J. Mol. Catal. A-Chem*. **(137)** 239-252.
17. Zanjanchi, M. A., & Asgari, S. (2004). Incorporation of aluminum into the framework of mesoporous MCM-41: the contribution of diffuse reflectance spectroscopy. *Solid State Ionics*. **(171)** 277-282.
18. Zanjanchi, M. A., & Razavi, A. (2001). Identification and estimation of extra-framework aluminium in acidic mazzite by diffuse reflectance spectroscopy. *Spectrochim. Acta A-M.* **(57)** 119-127.
19. Zhang, T. M., Li, D. Y., & Liu, W. (2017). Catalytic Activity of Fe-SBA-15 Prepared by Evaporation-Induced Self-Assembly (EISA) Method. *Mater. Sci. Forum*. **(898)** 1916-1922.
20. Zhao, D., Feng, J., Huo, Q., Melosh, N., Fredrickson, G. H., Chmelka, B. F., & Stucky, G. D. (1998). Triblock copolymer syntheses of mesoporous silica with periodic 50 to 300 angstrom pores. *Science,* **(279)** 548-552.
21. Zhao, D., Sun, J., Li, Q., & Stucky, G. D. (2000). Morphological control of highly ordered mesoporous silica SBA-15. *Chem. Mater*. **(12)** 275-279.

Electrosíntesis de la molécula orgánica hexanodiamina (HMDA).

K. Angulo Xicoténcatl[1], D. Blanco[2], E. Del Ángel Meraz[3]*

[1] División Académica de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Licenciatura en Ingeniería Química, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez. Col. La Esmeralda. C.P.86690, Cunduacán, Tabasco, México. Kixshel18@gmail.com

[2] New York University, Department of Chemical and Biomolecular Engineering. 6 MetroTech Center, Brooklyn, NY 11201, EE.UU.

[3] División Académica de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Licenciatura en Ingeniería Química, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez. Col. La Esmeralda. C.P.86690, Cunduacán, Tabasco, México.

**ebelia.delangel@ujat.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Este estudio propone como alternativa la electrosíntesis de la molécula orgánica 1,6-hexanodiamina (HMDA). El método experimental se realizó a partir de dos soluciones: la primera compuesta por metanol, agua, tetrametilamonio (TMAOH) y adiponitrilo (ADN); la segunda compuesta por agua, etilendiaminotetraacético (EDTA), tetrametilamonio (TMAOH) y adiponitrilo (ADN). Las soluciones mencionadas con anterioridad fueron hidrogenadas electroquímicamente en una Celda electrolítica por una membrana de nafion utilizando electrodos de cadmio con catalizador de Raney-Nickel. Para esto, se sintetizaron 7 electrodos, los cuales se sometieron a tres experimentos diferentes a -40 μA con condiciones de operación variables. Posteriormente las muestras obtenidas se ingresaron a un equipo de Espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear y mediante un programa personalizado en MATLAB se analizaron y compararon para cada electrodo la conversión y la selectividad de HMDA. Los experimentos que arrojaron mayor eficiencia farádica y selectividad entre 65-85% fueron aquellos realizados con la solución compuesta por EDTA, TMAOH y ADN por 30 minutos y a 120min de lixiviación.

***Palabras clave**: electrosíntesis, electrodeposición, hexanodiamina, Raney-Nickel.*

Abstract

This study is proposed as an alternative to the electrosynthesis of the organic molecule 1,6-hexanediamine (HMDA). The experimental method was carried out from two solutions: the first one consisting of methanol, water, tetramethylammonium (TMAOH) and adiponitrile (DNA); the second one consists of water, ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), tetramethylammonium (TMAOH) and adiponitrile (DNA). The solutions previously were electrochemically hydrogenated in an electrolytic cell by an energy membrane through cadmium electrodes with a Raney-Nickel catalyst. For this, we will synthesize 7 electrodes, which were subjected to three different experiments at -40 μA with variable operating conditions. Subsequently, the samples were included in a nuclear magnetic spectroscopy equipment and, through a customized program in MATLAB, the conversion and selectivity of HMDA will be analyzed and compared for each electrode. The experiments that showed greater faradica efficiency and selectivity between 65-85% were made with the solution composed of EDTA, TMAOH and DNA for 30 minutes and 120 min of leaching.

***Key words**: electrosynthesis, electrodeposition, hexanediamine, Raney-Nickel.*

Introducción

El Nylon 66 es un polímero comercial producto de la polimerización de ácido adípico (AD) y hexanodiamina (HMDA), utilizado en diferentes procesos industriales debido a sus excelentes propiedades físicas, químicas y mecánicas [Franco, 2016]. Además, dispone de una amplia variedad de aplicaciones comerciales tales como plásticos moldeados, films, fibras, tejidos, textiles y fibras [Lee y col. 2019]. Su crecimiento en el mercado global combinado con el Nylon 6 fue de 24.440 millones de dólares, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) estimada de más del 6.1% de 2017 a 2015 [Grand View Research, 2019].

La HMDA es considerada como un intermediario clave al consumirse en la fabricación del Nylon 66 en un 90% [IHS Markit, 2017]. La proyección del tamaño del mercado mundial de HMDA se valoró en 5.35 billones de dólares

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

en 2017, con la proyección de un 5% CAGR de 2017 a 2022, alcanzando 6.82 billones para 2022 [Markets y Markets, 2017]. La hidrogenación catalítica de ADN es la ruta industrial más utilizada en la fabricación de HMDA, tanta ha sido su demanda que en 2005 se reportó una producción global de Adiponitrilo (precursor de la HMDA) de 1.55 millones de toneladas [Dai y col. 2012]. Las rutas de síntesis de la hexanodiamina son basadas en hidrocarburos requiriendo fuentes externas de nitrógeno como: $NH_3, NaCN\ y\ HCN$; diversos catalizadores como óxido de cobalto, óxido de hierro, cobalto de Nickel entre otros; temperaturas de entre 60-200°C y presiones de entre 300-7000 psi [Chemical Research, 1987]. En la Fig. 1 se observa la ruta de fabricación de la HMDA a partir de ADN para producir Nylon 66.

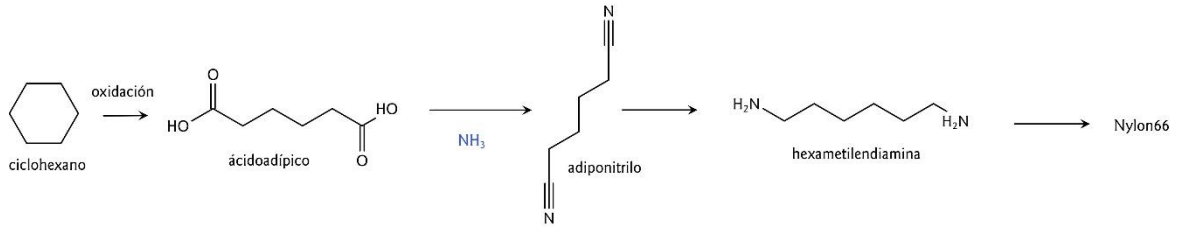


Figura 1. Ruta de fabricación de la HMDA a partir de ADN para producir Nylon 66

El aumento en la demanda de requerimientos energéticos, combustibles y productos derivados de procesos termoquímicos está causando una realidad insostenible en la industria. El 26% del consumo energético mundial en la industria manufacturera se debe a estos procesos convencionales [Orella, 2018] y un 90% de las materias primas en países desarrollados y emergentes se basan de combustibles fósiles y transformaciones del petróleo crudo [Dros y col. 2015]. Las cifras y los requerimientos antes mencionados, la notable disminución en los recursos fósiles y la creciente preocupación por el cuidado del medio ambiente han enfatizado la necesidad de utilizar materias primas renovables y desarrollar rutas alternativas en la industria química y de combustibles [Huber y col. 2003].

El desarrollo de rutas y métodos alternativos ha sido de gran interés para la síntesis de compuestos orgánico considerando las cuestiones ambientales, los peligros en la industria y los costos elevados de producción. Por otro lado, es posible que todos estos procesos convencionales que generaran emisiones de carbono sean remplazados por procesos electroquímicos. Los cuales, tienen una plataforma prominente al integrar fuentes de energía renovables y disminuir la huella de carbono de los procesos termoquímicos [Blanco y col. 2018]. Además, estas técnicas han sido reportadas en comparación de los métodos tradicionales como menos costosas en producción y más simples en operación [Yugender y col. 2017]. Aunque estos procesos electroquímicos de base orgánica no llevan a cabo la mayoría de los procesos actuales, es necesario centrar la atención en ellos ya que podrían mejorar en un 75% la sustentabilidad de los procesos [European Chemical Industry Society, 2017].
La electrosíntesis de HMDA fue reportada por primera vez como subproducto, al ser el 6-aminocapronitilo el producto de interés. Dicha reacción se vio fuertemente afectada en el transporte de masa por la inestabilidad de la electro hidrogenación del adiponitrilo [Song y Pintauro, 1990]. La compañía de Solutia, es una de las empresas ya existentes que reportan por electrosíntesis más de $4.8X10^5$ toneladas por año de ADN [Karimi y col. 2011]. Sin embargo, México no tiene acceso a esta tecnología y a pesar de que ha logrado dinamizar su participación en el comercio exterior con el incremento en exportaciones del 9.67% anual en el periodo 2003-2017, el déficit comercial sigue presente con importaciones del 6.04% anual [Góngora, 2014].

La mayoría de los estudios relacionados con electro síntesis de moléculas orgánicas, se enfocan en la determinación de la potencia eléctrica requerida para producir determinada cantidad de materia y obtener las condiciones de operación adecuadas como las propiedades del transporte, tiempo de residencia, voltaje, potencial Z, pH, constituyentes químicos y características específicas que optimicen los electrodos para un proceso de operación [Piña y col. 2011]. Este trabajo muestra un enfoque alternativo para la producción de hexanodiamina (HMDA) realizando hidrogenación electrocatalítica. Se sintetizaron múltiples electrodos de Cadmio con catalizador de Raney Nickel a diversas condiciones, tal como se indica en la Tabla 1, posteriormente se evaluó la eficiencia farádica y la selectividad de la HMDA en cada experimento.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Elaboración del electrodo de trabajo

Para la fabricación del electrodo, se requirió individualmente $1cm^2$ de lámina de cadmio y $7cm$ de cable para alimentación de corriente. Mediante soldadura se adhirió el cable a la lámina de cadmio y con Resina Epoxi se cubrió la parte trasera de la lámina (para evitar transmisión de corriente no deseada) y la parte frontal de la lámina.

Electrodeposición y activación del electrodo de trabajo

Se preparó una solución electrolítica de 20mL de agua, 6g de catalizador Raney-Nickel, 0.25g de ácido bórico, 1.45g de sulfato de Nickel y 1.35g de cloruro de amonio. Posteriormente el electrodo de Cadmio previamente elaborado y una barra magnética se introdujeron a la solución electrolítica y luego en una Placa Calefactora.
Para lograr la electrodeposición (adherencia del catalizador Raney-Nickel), se utilizó un Potenciostato Biológico VSP-300 aplicando corriente eléctrica por 100 minutos para monitorear el grado de adherencia del catalizador.
Una vez transcurrido el tiempo de suministro de carga eléctrica, el electrodo se activó por un determinado tiempo en una solución de $20\ mL$ de agua y $5\ g\ de\ NaOH$. En la Tabla 1 se aprecian las condiciones variantes de carga eléctrica y tiempo de activación, las cuales se presentan para evaluar la eficiencia del electrodo en la celda electroquímica.

Tabla 1. Condiciones de operación de electrodeposición

Electrodo	Corriente eléctrica	Tiempo de activación
Electrodo Cd/ Raney-Nickel	-30uA	60 min
	-40uA	120 min
		30 min

Blanco y col. [2018] afirman que: Los procesos electro sintéticos orgánicos igual requieren de un control riguroso en las reacciones químicas secundarias; por lo que se deben seleccionar adecuadamente las condiciones de operación como: densidad de corriente, temperatura, presión y tiempo para así maximizar la selectividad de los productos deseados.

Diseño y fabricación de la Celda electroquímica

La literatura nos indica que para el estudio a nivel laboratorio de reacciones electro-sintéticas, es necesaria una celda electroquímica [Volke y col. 2014]. En dicha celda, se lleva a cabo una reacción química no espontánea a medida que se alimenta energía eléctrica de una fuente externa y corriente directa a través de dos electrodos (ánodo y cátodo) sumergidos en un electrolito [Reyes, 2012].
Los experimentos de electro-síntesis de HMDA en los que se evaluaron los electrodos, se llevaron a cabo en una celda electroquímica fabricada por una resina Polyjet traslúcida impresa en 3D con la herramienta de fabricación Stratasys Object 3.0, en la Figura 2 se aprecia el diseño de la celda electroquímica. La Celda electroquímica funciona con: a) Electrodo de referencia-Electrodo de cloruro de plata Ag/AgCl en solución 4M de KCl; b) Electrodo de trabajo-Elaborado de $1\ cm^2$ de cadmio y cubierto por catalizador de Raney-Nickel; c) Electrodo auxiliar-Elaborado con Platino y recubierto por malla de Titanio.

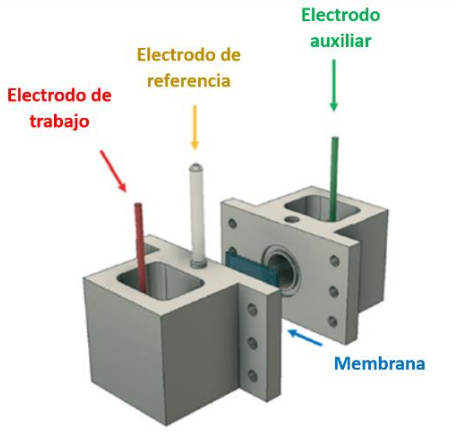


Figura 2. Celda electrolítica de tres electrodos [Blanco, 2019]. Electrodo de trabajo, Electrodo de referencia y Electrodo auxiliar

Durante el proceso de electrosíntesis, según Danly [1990], se requiere de la separación del anolito y catolito por lo que una membrana de Nafion N117, se utilizó para realizar esta función y dar paso al intercambio catiónico. Para sellar la membrana se utilizaron anillos Viton O-Rings y tuercas para los costados de la Celda.
Cabe destacar que los experimentos se realizaron a temperatura constante en ambiente controlado, por lo que se implica la semejanza térmica como condición de operación despreciable para el análisis de los resultados.

Caracterización electroquímica

Dos soluciones electrolíticas se prepararon para ser utilizadas como catolito: la primera compuesta por 13.96mL de metanol, 5.94mL de agua, 1.425g de Tetrametilamonio (TMAOH) y 3.27mL de Adiponitrilo (ADN); la segunda

compuesta por 21.7g de agua,0.25g de Etilendiaminotetraacético (EDTA), 2g de Fosfato trisódico, 0.045g de TetrametilamoniO y 2.93mL Adiponitrilo (ADN). Mientras que una solución 1M de ácido sulfúrico se utilizó como anolito. Para el catolito y el anolito se pipeteó un volumen constante de 7mL de solución y se introdujo posteriormente al lugar correspondiente de cada uno en la Celda electrolítica. En todos los experimentos se utilizó para agitación una barra magnética de 10x5 mm y 700 rpm y se aplicó una corriente constante de -40uA con el Potenciostato Biológico. En esta sección se evaluaron los electrodos de trabajo previamente sintetizados (Cadmio/Raney-Nickel), cada uno se sometió a tres pruebas experimentales tal a como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones experimentales de cada electrodo de Cadmio/Raney-Nickel

Electrodo	Solución (Catolito)	Corriente eléctrica	Tiempo
Electrodo Cd/Raney-Nickel	13.96 mL metanol, 5.94 mL agua, 1.425gTMAOH y 3.27 mL de ADN	-40uA	60 min
	13.96 mL metanol, 5.94 mL agua, 1.425gTMAOH y 3.27 mL de ADN	-40uA	30 min
	21.7g agua, 0.25g EDTA, 2g de fosfato trisódico, 0.045g de TMAOH y 2.93mL de ADN	-40uA	30 min

Análisis químico de resultados

Al término de cada experimento se extrajeron 200uL de solución orgánica electrolítica (catolito) y 750 μl de solvente Resina D2O con una pipeta automática de 1000uL ; dichos volúmenes se depositan en tubos de RMN y posteriormente se agitaron para mezclar la solución.

Las muestras se analizaron en el equipo de Espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (NMR), donde se evaluaron parámetros de conversión para ADN y selectividad de HMDA. Los fines del análisis fueron cuantitativos calibrando con etilenglicol y calculando el área bajo las curvas de los espectros de interés. Para la correlación de la medida de cada experimento respecto al consumo y producción de cada especie nos basamos en la Ley de Faraday, donde la selectividad de cada producto es equivalente a la eficiencia farádica. Para la obtención de los resultados próximos a mostrar se utilizó un software especializado de MATLAB en el que la Eficiencia Farádica se calculó con la siguiente ecuación:

$$E_f = \frac{i}{i_t} \quad (1)$$

Donde E_f es la Eficiencia Farádica, i la corriente real e i_t la corriente teórica esperada.

Para calcular la medida de dispersión de los resultados, se calculó la desviación estándar (S) de los datos de eficiencia farádica a determinada corriente eléctrica utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}} \quad (3)$$

Resultados y discusión

Los estudios realizados en la celda electrolítica se llevaron a cabo a una corriente de -40uA y los realizados para la electrodeposición a -40uA y -30uA. Donde la cinética de la reacción, el transporte de masa, la conversión y la selectividad se ven afectados principalmente por la carga de la corriente eléctrica, la composición de las soluciones electrolíticas, los parámetros de reacción y el tiempo de activación del electrodo.

Efecto de la corriente de -30μA en la conversión

Se realizaron 4 electrodos de Cadmio/Raney-Nickel aplicando -30uA de carga eléctrica durante la electrodeposición. Al término, cada electrodo se activó en la solución de cloruro de sodio a tiempos variantes de 30, 60 y 120min para cada uno. Posteriormente, se evaluaron individualmente en la Celda electroquímica con tres pruebas a diferentes condiciones indicadas en la Tabla 2.

 ISSN 2007-8102

Se obtuvieron para la evaluación del electrodo 1, conversiones de ADN relativamente constantes en cada experimento, pero no superiores al 55% (Figura 3). El tiempo de lixiviación no varió la eficiencia Farádica considerablemente ya que al aplicar (2) y (3) la desviación estándar $(S) = 0.8146$, que indica que la dispersión de los datos es casi insignificante. La solución de agua en la que se evaluó el electrodo por 30 min logró un promedio del 52% de la conversión más elevada. La solución de metanol a 30 min generó una conversión del 19%, la cual se vio seriamente afectada por la inestabilidad del electrolito al producir hexametilendiamina (HMI) como subproducto, dicha reacción se reporta en (4).

$$NC(CH_2)_4CN + 8H_{ads} \rightarrow CH_2(CH_2)_4CH_2 + NH_3 \quad (4)$$

La literatura nos indica que uno de los factores que repercuten en la eficiencia farádica, son las reacciones electroquímicas paralelas [Reyes, 2012].

En la Figura 4, se muestran las conversiones del electrodo 2. Se obtuvo una conversión del 81% para la solución de agua a 30 min, sin embargo, el tiempo de lixiviación afectó considerablemente el transporte de masa durante la reacción, ya que para 60 y 30 min la conversión fue de 38% y 56% respectivamente con una $S = 0.6145$. La solución de metanol por 30 min presentó la conversión de 32% de ADN más baja en la evaluación del electrodo, siendo nuevamente afectada por las reacciones electroquímicas paralelas. Sin embargo, se obtiene una conversión elevada para la solución de agua a 30 min; esto fue debido a la estabilidad del electrodo al permanecer 60 min en la solución de HCl. Un factor que puede afectar de manera positiva la eficiencia farádica es la reacción química de los reactivos catalizados por los electrodos según su tiempo de activación [Reyes, 2012].

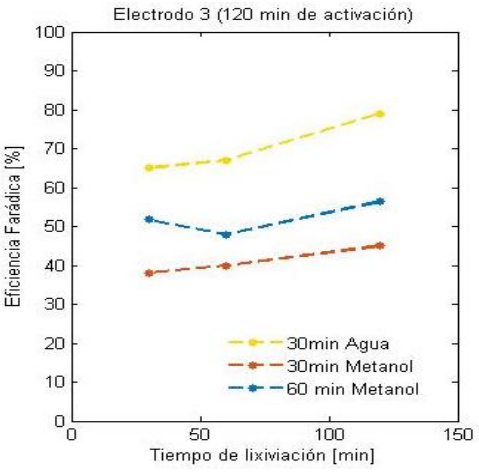


Figura 5. Efecto de la corriente eléctrica y tiempo de activación del electrodo 3 de Cadmio/Raney-Nickel (120 min de activación) en la conversión de ADN a HMDA.

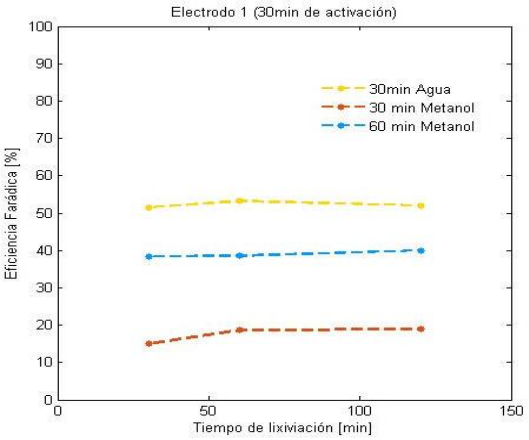


Figura 3. Efecto de corriente eléctrica y tiempo de activación del electrodo 1 de Cadmio/Raney-Nickel (30 min de activación) en la conversión de ADN a HMDA.

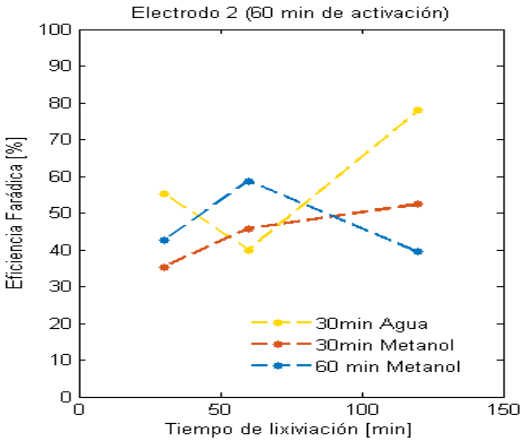


Figura 4. Efecto de corriente eléctrica y el tiempo de activación del electrodo 2 de Cadmio/Raney-Nickel (60 min de activación) en la conversión de ADN a HMDA.

En el electro 3 se obtuvo una conversión del 71.66% para la solución de 30min en agua, para esto la concentración del hidrogeno electro generado en la superficie del electrodo con el catalizador Raney Nickel fue insignificante, indicando mayor estabilidad en la reacción deseada. Sin embargo, el tiempo de lixiviación presentó variaciones del 10 % y 12% para 60 min y 30 min respectivamente. La solución de metanol a 30 min presentó la conversión promedio más baja del 43%, a diferencia de la primera solución, las conversiones con respecto al tiempo de lixiviación mostraron menor variación. Comparando estos resultados con la Figura 3 y 4, se aprecia un incremento del 18% en la conversión para los tres experimentos correspondientes al electrodo tal como se muestra en la Figura 5.

 ISSN 2007-8102

Se realizó un segundo electrodo a 60 min de activación ya que los resultados obtenidos en la Figura 4, presentaron variación a lo largo del tiempo de lixiviación. En la Figura 6 se aprecia que la concentración de las soluciones electrolíticas empleadas, afectaron considerablemente la cinética de la reacción, mientras que el tiempo de activación de 60 min causó inestabilidad en el transporte de masa al adherirse partes del catalizador al electrodo. Nuevamente se obtiene la conversión más elevada del 89% con la solución de agua por 30 min y un promedio de conversión del 70%. La solución que presentó la conversión más baja del 27% en este caso fue la de 60 min de metanol; la cual a lo largo de los otros electrodos había permanecido con resultados de conversión intermedios a las otras dos soluciones.

Los experimentos que arrojaron mayor conversión de ADN, fueron llevados nuevamente al equipo NMR para descartar la formación de algún subproducto no identificado en el primer análisis. Sin embargo, para asegurar la confiabilidad de los resultados, se aplicó un balance de masa a cada experimento realizado en la Celda Electrolítica. En todos los experimentos, los balances de masa arrojaron en la salida del sistema una fracción másica de HMDA del 92-95%. Esto nos indica que se llevó a cabo la reacción indicada en la Fig. (1).

Efecto de la corriente de -40μA en la conversión

Se realizaron 3 electrodos aplicando -40uA de carga eléctrica en la electrodeposición, con variación en el tiempo de activación. La evaluación del electrodo en tres experimentos tal como se mencionó en la Tabla 2, permitió analizar las condiciones de operación de mayor conveniencia.

Las conversiones del electrodo 5, presentaron resultados de conversión con tendencia lineal respecto al tiempo de lixiviación y eficiencia farádica para las soluciones de metanol y agua por 30 min (Figura 7). A diferencia, la solución de metanol de 60 min presentó variación considerable en la conversión a lo largo del tiempo de lixiviación, obteniendo una conversión del 19% y un promedio del 38%. En comparación con los electrodos a 60 min de activación y -30μA, es evidente mayor consistencia en los resultados debido a la carga de la corriente y resultados en un rango del 60-80% de conversión.

Los resultados del electrodo 7 en comparación a los demás electrodos discutidos con anterioridad, mostraron los niveles de conversión de ADN más elevados para las tres soluciones. Las gráficas de la Figura 8, permiten apreciar la afectación de la cinética, el transporte de masa, la concentración y el tiempo de lixiviación en la conversión. Sin embargo, se aprecia que a una corriente de -40uA y un tiempo de 120 min de activación del electrodo, los resultados de conversión presentan una variación de 8% y el rango de conversión va del 62% al 91%. Podrían definirse estas condiciones de trabajo como las ideales para la síntesis de los electrodos.

En la Figura 9, se muestran los resultados de pruebas realizadas por investigadores en la Universidad de Nueva York, donde es evidente que la solución de 30 min en agua presenta la mayor conversión de ADN. No todos los resultados tuvieron validez práctica, ya que para el tiempo de lixiviación de 120 min la conversión fue del 150%. Debido a eso se realizaron múltiples experimentos para descartar cualquier

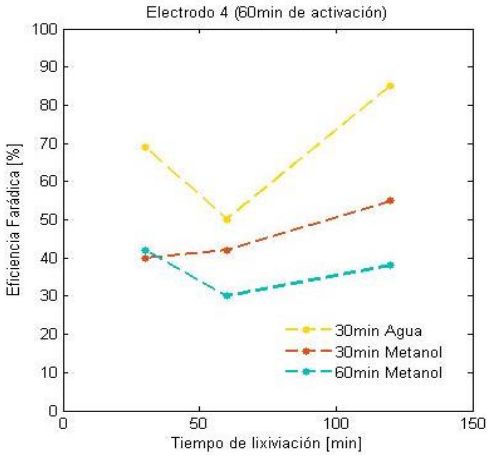


Figura 6. Efecto de la corriente eléctrica y tiempo de activación del electrodo 4 de Cadmio/Raney-Nickel (60 min de activación) en la conversión de ADN a HMDA.

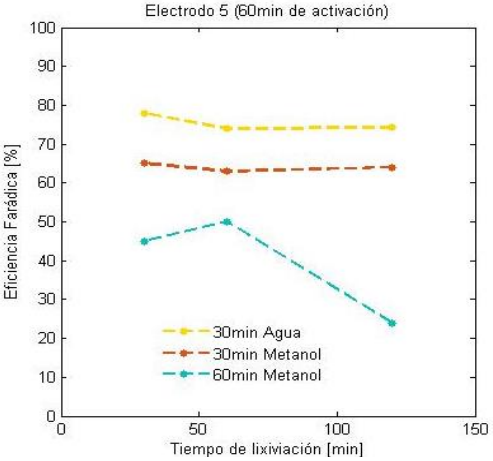


Figura 7. Efecto de la corriente eléctrica y el tiempo de activación del electrodo 5 de Cadmio/Raney-Nickel (60 min de activación) en la conversión de ADN a HMDA.

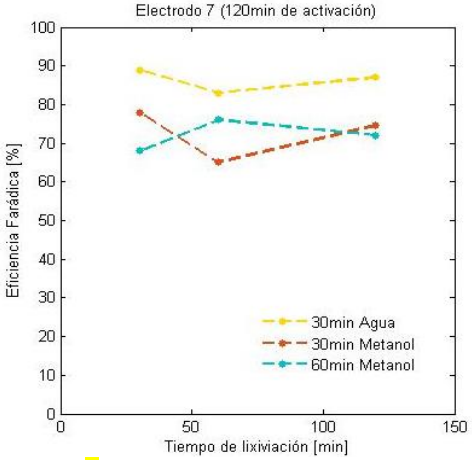


Figura 8. Efecto de la corriente eléctrica y el tiempo de activación del electrodo 7 de Cadmio/Raney-Nickel (120 min de activación) en la conversión de ADN a HMDA.

 ISSN 2007-8102

posible perturbación presentada en el sistema, de esta forma se logró obtener los resultados presentados anteriormente para compararlos.

Los resultados fueron comparados con otras investigaciones relacionados con la electro-síntesis de HMDA. Los resultados obtenidos fueron por arriba del 50% de eficiencia farádica. Esto abre camino a la investigación para aumentar estas eficiencias a las condiciones de operación más óptimas. En este trabajo obtuvimos los resultados más elevados a -40uA y 120 min de lixiviación (Tabla 3).

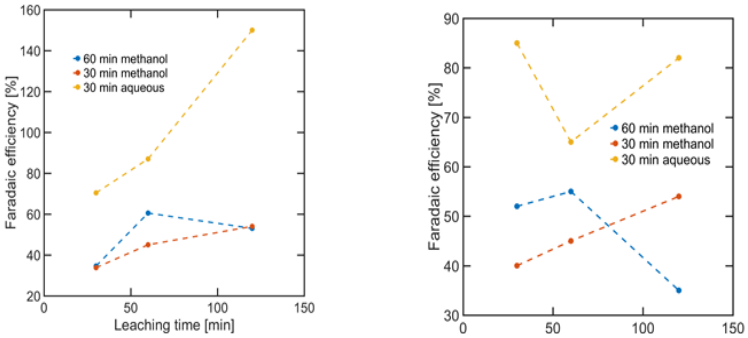


Figura 9. Efecto de la corriente eléctrica y el tiempo de activación del electrodo de Cadmio/Raney-Nickel (60 y 30 min de activación) en la conversión de ADN a HMDA realizados en el Department of Chemical and Biomolecular Engineering, New York University

Tabla 3. Comparación de resultados de otras investigaciones con los realizados en este trabajo de investigación.

Catalizador	Corriente eléctrica	Otras condiciones	Eficiencia Farádica	Referencia
Raney Nickel	-10uA	Temperatura<25°C	60%	Khomyakov y col (1961)
Raney Nickel	-45uA	Electrolito alcalino de etanol y agua	85%	Tomilov y col (1965)
RN y Paladio	-50uA	Aumentando la temperatura	95%	Solutia, 2016
Cadmio/RN	-30uA	Activando el electrodo a 60min en HCl y con solución electrolítica de agua y ADN.	81%	Del trabajo presente
Cadmio/RN	-30uA	Activando el electrodo a 60min y con sulución electrolítica de agua y ADN.	89%	Del trabajo presente
Cadmio/RN	-40uA	Activando el electrodo a 120min y con sulución electrolítica de agua y ADN.	89%	Del trabajo presente

Trabajo a futuro

Es importante mencionar, que deben estudiarse otros parámetros que puedan afectar la conversión de ADN y así poder reproducir los mismos experimentos logrando conversiones elevadas y constantes. Posteriormente la construcción del reactor electrolítico a escala industrial.

Conclusiones

Este trabajo muestra un enfoque alternativo utilizando la hidrogenación electrocatalítica (reducción) utilizando electrodo de Cadmio dopados con Raney-Nickel. Donde en la reducción electro catalítica, el hidrógeno se generó electroquímicamente en la superficie del electrodo por descarga de protones provenientes de las soluciones electrolíticas. Dicho hidrógeno posteriormente se combinó con los reactantes orgánicos para formar el producto reducido. La fuerza principal para producir hidrógeno en la superficie del electrodo fue la corriente eléctrica, caso contrario a los métodos convencionales que requieren de reactores muy grandes y condiciones de operación elevadas como presión y temperatura.

Se proveen las bases para entender los factores que afectan la hidrogenación electroquímica de ADN a HMDA, las reacciones se ven fuertemente limitadas por el transporte de masa, la cinética, el tiempo de lixiviación y el tiempo de activación de los electrodos. De igual manera, se apreció el aumento en la conversión de ADN al incrementar la carga eléctrica a -40μA suministrada durante la electrodeposición de los electrodos. Se logró una selectividad de ADN máxima del 83% con la solución de agua por 30 min con una concentración de 0.6 M. El tiempo de lixiviación a esta corriente no afectó la eficiencia farádica, sin embargo, es importante realizar más estudios para mantener la reproducibilidad de los resultados. Hoy en día la industria necesita optimizar sus procesos, invirtiendo recursos que garanticen la máxima rentabilidad en sus ganancias que favorezcan la sustentabilidad del planeta y la economía de países emergentes y desarrollados.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y capacidad para la realización de este trabajo, a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por la beca otorgada para realizar el Verano de la Investigación Científica (VIC) 2018). Al Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular de la Universidad de Nueva York (NYU) por su aceptación y magnífica hospitalidad otorgada, en especial a el Dr. Miguel Modestino y a la C. phD Daniela Blanco por su constante asesoramiento durante la estancia. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la premiación como mejor proyecto en el área de Ciencias de la Ingeniería a Nivel Estatal en el Congreso de Jóvenes hacia la Investigación realizado en la UJAT en 2018 y a la Dra. Ebelia del Ángel Meraz por su Asesoría en la realización de este trabajo.

Referencias

1. Alini, S.;Bottino, A.; Capannelli, G. (2003). The catalytic hydrogenation of adiponitrile to hexamethylenediamine over a rhodium/alumina catalyst in a three phase slurry reactor. Journal of Molecular Catalyst , **(15)** 363-370.
2. Blanco, D., & Modestino, M. (2018). Organic Electrosynthesis for Sustainable Chemical Manufacturing . CellPress Reviews, 1-3.
3. Chávez, I. (Febrero de 2015). Celdas Electroquímicas. Obtenido de La acumulación de energía eléctrica tiene en la química un poderoso aliado: www.celdaselectroquímicas.html
4. Chemical Research. (1987). Encyclopedia of Chemical Processing and Design. New York: J. J. McKetta.
5. Dai, J., Huang, Y. F., & Yao, F. (2012). Electrochemical Synthesis of Adiponitrile from the Renewable Raw Material Glutamic Acid. Communications, **(26)** 617-620.
6. Dros, A., Laure, O., Reimond, A., De Campo, F., & Pera, M. (2015). Hexamethylenediamine (HMDA) from fossil- vs. bio-based routes: an economic and life cycle assessment comparative study. Royal Society of Chemistry, 1-2.
7. European Chemical Industry Society. (2017). Facts and figures of the European Chemical Industry. European Chemical Industry, 40-58.
8. Góngora, J. (2014). Industria Mexicana del Plástico. México: Comercio exterior . **(64) 414-500**
9. Grand View Research. (9 de Febrero de 2019). Grand View Research. Obtenido de Nyon 6 y 66 Análisis del Tamaño del Mercado, Análisis de Acciones y Tendencias por Producto (Nylon 6, Nylon 66), por Aplicación (Plásticos de Ingeniería, Automoción, Textiles, Electricidad y Electrónica, otros) y Pronósticos por Segmento, 2019-2025. : www.grandviewresearch.com
10. Huber, G., Shabaker, J., & Dumesic, J. (2003). Catalizador Raney Ni-Sn para la producción de H 2 a partir de hidrocarburos derivados de la biomasa. Science , 2075-2077.
11. Karimi, F., Ashrafizadeh, S., & MohammadI, F. (2011). Process parameter impacts of adiponitrile current efficiency and cell voltage of an electromembrane reactor using emulsion-type catholyte. Chemical Enginnering Journal , 402-404.
12. Lee, Y., & Kwon, E. (2019). Renewable Routes to Monomeric Precursors of Nylon 66 and Nylon 6 From Food Waste . Journal of Cleaner Production, 624-633.
13. Markets and Markets. (Enero de 2017). Hexamethlylenediamine Market. Obtenido de www.maketsandmarkets.com
14. Orella, M. J. (2018). Emerging opportunities for electrochemical processing to enable sustainable chemical manufacturing. **(20)** 420-480.
15. Piña, M., Martín, A., & González, C. (2011). Revisión de Variables de Diseño y Condiciones de Operación en la Electrocoagulación . Revista Mexicana de Ingeniería Química, 257-271.
16. Reyes, A. (2012). Diseño y Construcción de una Celda de Combustible para Alimentar un Sistema de Leds. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional. **(40)** 10-15
17. Song, I., & Pintauro, P. (1990). The electrochemical synthesis of aminonitriles I. H-cell studies with adiponitrile and azelanitrile. Tulane University Journal. **(3)** 1110-1200
18. Volke, J., & Liska, F. (2014). Factores experimentales y métodos de investigación de reacciones electroorgánicas. Springer, 301-400.
19. Yugender, K., Hayat, A., Catanante, G., & Satyanarayana, M. (2017). Anelectrochemicalaptasensorbasedonfunctionalizedgrapheneoxide assisted electrocatalytic signal ampli cation fi of methylene blue for a atoxin fl B1 detection. ELSEVIER, 96-97.

Síntesis del dendrímero PAMAM G1.0 3,3'-((3-hidroxipropil) azanodiil) bis(N-((Z) -2-aminovinil) propanamida para tratamiento de aguas residuales

J. Ramírez Hernández[1],G. G. Bárcena Vicuña[1], L. Nava Montiel[3], A. García-Ceja[3], J. Guevara Contreras[2]*
[1]Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, Prol. Heliotropo 1201, Vista Hermosa, Atlixco, Puebla, México
[2]Licenciatura en Gastronomía, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, Prol. Heliotropo 1201, Vista Hermosa, Atlixco, Puebla, México
[3]Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Av. Tecnológico, Col. El Huasteco Cd. Lázaro Cárdenas C.P. 73049, Puebla, México
**yetzka0027@yahoo.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La contaminación de aguas residuales por la presencia de metales pesados representa una seria amenaza para el medio ambiente y la población en general ocasionando problemas como mutación de organismos, muerte de ecosistemas acuáticos y lo más importante un alto índice de mortalidad en el ser humano. Los dendrímeros son polímeros sintéticos hiperramificados, de baja polidispersidad que son utilizados en varias ramas de la investigación científica incluyendo la remediación de aguas residuales contaminadas con metales pesados. En este trabajo se sintetizó el dendrímero PAMAM G1.0 3,3'-((3-hidroxipropil) azanodiil) bis(N-((Z) -2-aminovinil) propanamida) por medio de la metodología divergente empleando dos reacciones, una de activación y otra de crecimiento, obteniendo en ambos casos excelentes rendimientos. El 3,3'-((3-hidroxipropil)azanediil)bis(N-((Z)-2-aminovinil)propanamida) contiene como núcleo el 3-aminopropan-1-ol y el 1-2 diaminoeteno en posición terminal lo que facilita la incrustación de moléculas de metales pesados en sus cavidades.

***Palabras clave**: Dendrímero PAMAM, macromolécula, polímeros sintéticos.*

Abstract

The contamination of wastewater due to the presence of heavy metals represents a serious threat to the environment and the population in general, causing problems such as mutation of organisms, death of aquatic ecosystems and, most importantly, a high mortality rate in humans. Dendrimers are hyperbranched, low polydispersity synthetic polymers that are used in various branches of scientific research including the remediation of wastewater contaminated with heavy metals. In this work the PAMAM dendrimer G1.0 3,3 '- ((3-hydroxypropyl) azanodiyl) bis (N - ((Z) -2-aminovinyl) propanamide) was synthesized by means of the divergent methodology using two reactions, one of activation and growth, obtaining in both cases excellent yields. 3,3 '-((3-Hydroxypropyl) azanediyl) bis (N - ((Z) -2-aminovinyl) propanamide) contains as a core 3-aminopropan-1-ol and 1-2 diaminoethene in the terminal position. which facilitates the embedding of heavy metal molecules in their cavities.

***Key words**: PAMAM dendrimer, macromolecule, synthetic polymers*

Introducción

El término dendrímero proviene del griego dendrón que significa árbol y el sufijo mero, que significa segmento. Su arquitectura muy bien definida asemeja la estructura extendida de la raíz de un árbol [Gonzalo y col. 2009]. La importancia de los dendrímeros radica en su excelente capacidad de formar complejos huésped-anfitrión. Gracias a sus propiedades físicas y químicas se pueden aplicar en diferentes áreas, como biomedicina, ciencia de materiales, química, entre otras [Tomalia y col. 2002] [Tomalia y col. 2000].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Los dendrímeros constan de una estructura tipo núcleo-capa, la cual posee tres componentes principales, un núcleo o punto focal, capas de unidades ramificadas que se repiten y provienen del núcleo, a las cuales se les llama ramificaciones, y una capa de la unidad repetitiva que forma los grupos terminales [Soto-Castro y col.]. Los dendrímeros, contienen tres elementos estructurales: el núcleo, que determina el tamaño, forma, dirección y multiplicidad, la zona intermedia formada por las unidades de ramificación y los grupos funcionales terminales en la periferia. Cada capa existente entre el núcleo y la periferia determina lo que se conoce como generación de la estructura dendrítica.

En la actualidad se han sintetizado diferentes macromoléculas dendriméricas tales como; poli(amidoaminas) (PAMAM), polipropil-1-amina, poliésteres, polialcanos, polifenilenos, polisilanos [Muñoz–Fernandez y col. 2017]. Los dendrímeros de poli(amidoamina) (PAMAM) han sido estudiados desde hace varios años, presentando interesantes características como posibles agentes transportadores que poseen cavidades internas vacías y grupos funcionales en la periferia [Khandare y col. 2012] [Maciejewski y col. 1982]. Estas propiedades confieren al dendrímero gran potencial para albergar especies químicas. Los dendrímeros tienen una excelente capacidad de formar complejos huésped-anfitrión, encapsulando macromoléculas mediante enlaces covalentes en su estructura [López-Méndez y col. 2014]. Debido a esto, en este trabajo se desarrolló una metodología para la síntesis del dendrímero PAMAM Generación 1.0 (G1.0) donde se emplearon dos reacciones; la primera para obtener una molécula con grupos ésteres terminales los cuales en la segunda reacción se acoplaron con el 1,2-diaminoeteno formando así un dendrímero PAMAM G1.0 con grupos funcionales aminos en la periferia [Carrasco 2012] [Gonzalo y col. 2009].

Metodología

Síntesis del dimetil 3,3'-((3-hidroxipropil) azanodiil) dipropionato (Compuesto I)
Primera etapa. Formación de núcleo G0.5 para formar una molécula con grupos ésteres terminales

Se pesaron 0.7 g de óxido de silicio, 1 g (13.3 mmol) de 3-aminopropan-1-ol y se disolvieron en 15 mL de MeOH. Posteriormente se adicionaron gota a gota 2.88mL (319 mmol) de acrilato de metilo durante un período de 1 h, manteniéndose en agitación hasta el consumo total de la materia prima (aprox. 24 h.) El disolvente fue removido en un rotavapor a una temperatura de 60°C con presión de vacío. El esquema general de reacción se presenta en la Figura 1.

El óxido de silicio actuó como catalizador ya que disminuyó considerablemente el tiempo de reacción en comparación a otro método utilizado experimentalmente (3). Rendimiento que se obtuvo fue del 97%.

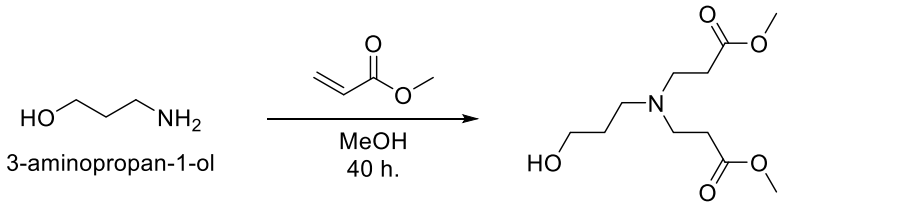


Figura 1. Alquilación del núcleo amino funcional con metil acrilato mediante la adición de Michael.

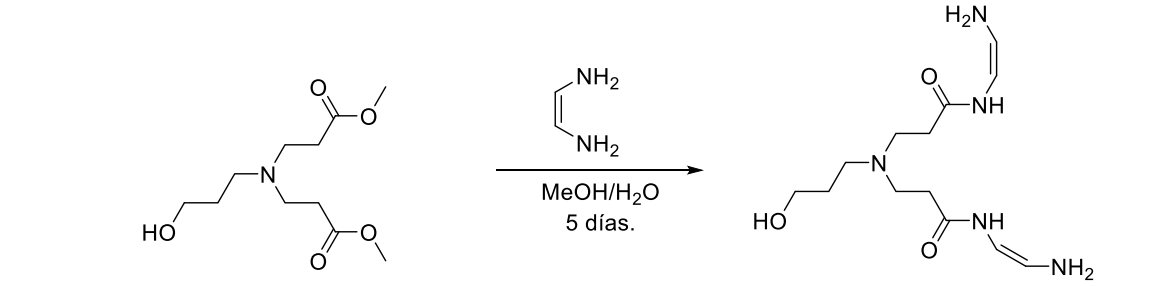
Síntesis del 3,3'((3 hidroxipropil) azanodiil) bis(N-((z)-2-aminovinil)propanamida) (Compuesto II)
Segunda etapa. Acoplamiento de pares electrónicos de las aminas primarias.

La segunda reacción consistió en la adición de una solución de 0.100g (0.40 mmol) del compuesto I en 3 mL de MeOH a una solución de 1.11g (2.52 mmol) de 1,2-diaminoeteno en 4.8mL de H_2O gota a gota, durante un periodo de 1 h en baño de hielo. La solución resultante se mantuvo en agitación durante 5 días a temperatura ambiente. El disolvente fue removido en el rotavapor a una temperatura de 60°C, y se adicionó sulfato de sodio (Na_2SO_4) para absorber el exceso de agua. Al finalizar se filtró con un embudo de Buchner y 100 mL de MeOH.

 ISSN 2007-8102

Se retiró el disolvente del producto de la filtración en un evaporador rotativo con vacío a una temperatura de 60°C en rendimiento del 90%. El esquema para la obtención del compuesto II se observa en la Figura 2.

Los compuestos obtenidos se purificaron en una columna con sílice (SiO_2) utilizando un sistema MeOH / CH_2Cl_2.



dimetil 3,3'-((3-hidroxipropil)azanodiil)dipropionato

I

3,3'-((3-hidroxipropil)azanediil)bis(*N*-((*Z*)-2-aminovinil)propanamida)

II

Figura 2. Generación del dendrímero PAMAM G1.0 con 4 grupos funcionales amino terminales.

Resultados y discusión

La síntesis del dendrímero PAMAM G1.0 se llevó a cabo mediante la síntesis por metodología divergente en la cual como primer paso se realiza la formación del núcleo y de un dendrón denominado G0.5, en esta primera reacción lo que ocurre es una doble adición de Michael entre el 3-aminopropan-1-ol y el acrilato de metilo, para formar una molécula con grupos ésteres terminales.

En esta primera etapa se llevaron a cabo dos reacciones similares (1a y 1b), bajo las mismas condiciones de temperatura. Consistió en adicionar 3-aminopropan-1- ol con un exceso de acrilato de metilo usando como disolvente MeOH, a una de estas reacciones (1b) se le agregó 0.7g de SiO_2. Se mantuvieron en agitación constante, las cuales se monitorearon por cromatografía en placa fina. En la Tabla 1 se muestra la comparación entre ambas reacciones y el rendimiento obtenido.

Tabla 1. Comparación de tiempos de reacción y rendimientos de la reacción 1a y 1b.

Nombre de la reacción.	**Catalizador (SiO_2).**	**Tiempo de reacción.**	**Rendimiento.**
1a	No	40 h.	83 %
1b	Si	24 h.	97.%

Se observó que 1a estuvo durante 40 h, mientras que 1b disminuyó a 24 h su tiempo de reacción. La disminución del tiempo se debió a que en la 1b se utilizó el de SiO_2 como catalizador.

En la segunda etapa para la formación del dendrímero PAMAM G1.0 se hizo reaccionar la molécula con ésteres terminales con 1,2-diaminoeteno dando una amida con aminas terminales. En la Tabla 2 se muestran los rendimientos obtenidos de producto ya purificado en cada una de las reacciones que se realizaron para formar el dendrímero PAMAM propuesto al inicio de nuestra investigación.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Rendimientos obtenidos de las reacciones realizadas

Dendrímero	G	Reactivos	Rendimiento
Ia	G= 0.5	3- Aminopropan-1-ol, Acrilato de metilo, MeOH; 25°C/24h	83%
Ib	G= 0.5	3-Aminopropan-1-ol, Acrilato de metilo, SiO2, MeOH; 25°C/24h	97%
II	G= 1	Compuesto **1**,1,2-diaminoeteno, MeOH/H2O; 25°C/5 días	90%

El dendrímero PAMAM sintetizado es muy polar y presenta escasa solubilidad en la mayoría de los disolventes y una total solubilidad en agua. La purificación de los compuestos finales se realizó en un sistema de eluyentes polares, obteniendo un dendrímero tipo PAMAM generación 1.0 con un núcleo de 3-aminopropan-1-ol en rendimiento del 90%.

En el espectro IR del compuesto I se pueden observar las señales en 1731.29, 3378.05 y 1173.81 cm^{-1} correspondientes a la presencia de los grupos carbonilo, OH-, y C-N. En el espectro de RMN de ^{1}H (Figura 3) se observa en 1.59 ppm una señal múltiple correspondiente a los hidrógenos del carbono 2, de 2.47 a 2.59 ppm se encuentran las señales correspondientes a los hidrógenos de los carbonos 1 y 5. En 3.49 ppm se observa una señal triple correspondiente a los hidrógenos del carbono 3. Finalmente en 3.58 ppm observamos una señal simple perteneciente a los hidrógeno metílicos 8 así como la señal de los hidrógenos del carbono 4 en 3.74 ppm. De igual manera el espectro de C^{13} del compuesto **I** se observan las señales en 30.3, 32.1, 51.9, 52.8, 57.8, 59.0 ppm correspondienes a los C2, C5, C8,C4,C1 y C3 respectivamente. En 173 ppm la señal del carbono 6 correspondiente al C6 perteneciente al carbonilo del éster. El peso molecular fue confirmado por espectrometría de masas con un valor de m/z 247.29.

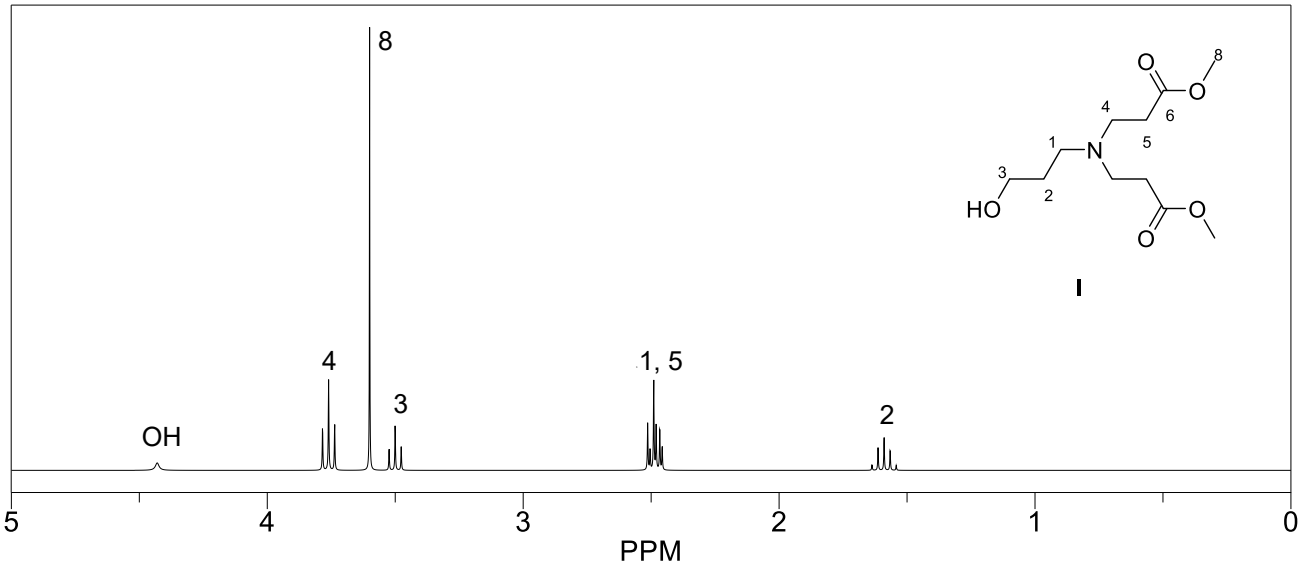


Figura 3. Espectro de RMN de ^{1}H del compuesto **I**

 ISSN 2007-8102

En el espectro de IR del compuesto **II** se observan las bandas en 3266.09 cm^{-1} 1576.61cm^{-1}, correspondientes al grupo hidroxilo y carbonilo de amida respectivamente así como las bandas en 1180.81,1058.09,1022.52 cm^{-1} que nos muestran la presencia de enlaces C-N..En el espectro de RMN de ^{1}H (Figura 4) se observa en 1.58 ppm una señal múltiple correspondiente a los hidrógenos del carbono 2, de 2.48-2.50 ppm las señales correspondientes a los hidrógenos de los carbonos 1 y 5, en 3.48 y 3.65 ppm las señales asignadas a los hidrógenos de los carbonos 3 y 4. Se destaca la desaparición de la señal simple de los hidrógenos metílicos y en su lugar se observan las señales de los hidrógenos de los carbonos 7 y 8 en 6.83 y 9.20 ppm lo que confirma que se obtuvo el compuesto **II**. En el espectro de ^{13}C se observa la presencia de las las señales en 30.3, 33.5, 56.1, 57.1, 59.0 ppm correspondientes a los C2, C5, C4, C1 y C3, así como las señales de los C7 y C8 en 103.3 y 118.5 ppm. La señal del carbono del carbonilo de amida en 170.5 ppm. El peso molecular del compuesto II se obtuvo por espectrometría de masas con un valor de m/z 299.0. A partir de estos resultados se corrobora la obtención del dendrímero PAMAM G1.0

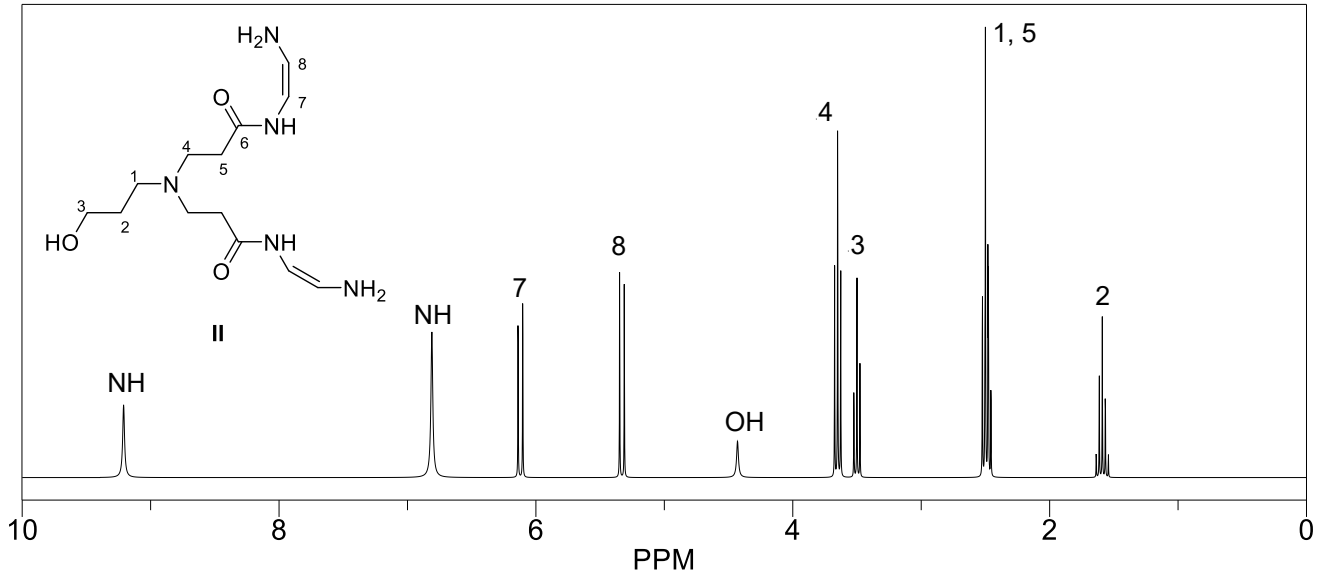


Figura 4. Espectro de RMN de ^{1}H del compuesto II

Trabajo a futuro

Este dendrímero podría tener un gran potencial en la resolución del tratamiento de aguas residuales para la encapsulación de metales pesados por lo que se propone en una siguiente etapa de este proyecto el empleo de esta membrana dendrimérica con los sistemas operadores de agua potable de la región como una alternativa en el tratamiento de aguas residuales.

Conclusiones

Se llevaron a cabo dos secuencias que consistieron en la alquilación del núcleo amino funcional con metil acrilato, generando dos ramificaciones intermedias con los extremos éster. Posteriormente, la amidación ocurrió por la reacción de los ésteres con etilendiamina para producir la generación cero (G0) con cuatro grupos amino terminales.

Por ser un dendrímero de generación pequeña tiene una estructura plana, sin embargo, debido a la utilización de 1,2- diaminoeteno como grupo funcional terminal y a la estructura que tiene el dendrímero facilitara que las moléculas de metales pesados se incrusten en las cavidades del dendrímero PAMAM 3,3'-((3-hidroxipropil) azanodiil) bis(N-((Z) -2-aminovinil) propanamida).

Debido a que los dendrímeros PAMAM son biocompatibles y solubles en agua se cree que este dendrímero tendrá un gran potencial en la resolución del tratamiento de aguas residuales para la encapsulación de metales pesados

Agradecimientos

Agradezco al Cuerpo Académico ITSA-PRONASAT (Productos naturales y sintéticos con aplicaciones tecnológicas) por la ayuda brindada para la realización de este proyecto y por sus oportunos y objetivos comentarios. Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Atlixco por permitir hacer uso de sus instalaciones e infraestructura para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

1. Tomalia, D. A.; Uppuluri, S; Swanson, D. R. and Li,J. (2000) Dendrimers as reactive modules for the synthesis of new structure-controlled, higher-complexity megamers. *Pure Appl. Chem.* **(72)** 2343–2358.

2. Soto-Castro, D.; Santillán, R.; Guadarrama, P.; Farfán, N.; González-Herrer, I. G. y Cruz-Méndez, A. C. (2016). PAMAM-dendrimer bearing 1,2-diphenylethyne core obtained by palladium-catalyzed coupling assisted by silver oxide: in vitro evaluation of antioxidant properties *Portal Komunikacji Naukowej.* 1839-1847.

3. Tomalia, D. A.; Fréchet, M.J.J. (2002). Discovery of Dendrimers and Dendritic Polymers: A Brief Historical Perspective. *Journal of Polymer Science Part A Polymer Chemistry.* **(40)** 2719–2728.

4. Muñoz-Fernández, M.A. (2017). Nanotecnología y células dendríticas en el desarrollo de una vacuna terapéutica frente al VIH. CYTED. (Ciencia y tecnología para el desarrollo).

5. Khandare, J.; Calderón, M.; Dagia, NM. And Haag, R.; (2012). Multifunctional dendritic polymers in nanomedicine: opportunities and challenges. *Chem Ssoc Rev*. **(41)** 2824-2848.

6. Maciejewski, M. (1982). Concepts of Trapping Topologically by Shell Molecules. *J.Macromol. SCL-Chem.* (**A17**) 689-703.

7. López-Méndez, J.L. (2014). Síntesis de dendrímeros de primera y segunda generación tipo PAMAM con una molécula de porfirina como núcleo. *Universidad Nacional Autónoma de México*.

8. Esfand, R. y Tomalia, D.A. (2001) Poly(amidoamine) (PAMAM) dendrimers: from biomimicry to drug delivery and biomedical applications. *Elsevier.* **(6)** 427-436.

9. Carrasco-Sánchez, V. (2012) Síntesis de nanopartículas dendronizadas (Dendrímeros) con capacidad de transorte y liberación de drogas*. Talca: Universidad de Talca.*

10. Gonzalo, T. y Muñoz-Fernández, M.A. (2009) Dendrímeros y sus aplicaciones biomédicas. Madrid. Real Academia Nacional de Farmacia.

Adsorción de naranja de metilo en medio acuoso empleando un MOF de cobalto

J. S. Rodríguez Girón[1,3], R. Peña Rodríguez[1,2], D. J. Ramírez Herrera[1], L. E. Chiñas Rojas, J. M. Rivera Villanueva[1,].*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana Prolongación Oriente 6, No. 1009, Colonia Rafael Alvarado, CP 94340 Orizaba, Veracruz, México.
[2]Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N, Coyoacán, Cd. Universitaria, CP 04510 Ciudad de México.
[3]Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, CP 95005 Tepetitlanapa, Zongolica, Ver.
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En la presente investigación se evaluó la remoción del colorante azoico naranja de metilo (NM) empleando la técnica de adsorción y utilizando como adsorbente MOF a base de cobalto (MOF-Co), el cual se sintetizó a partir de nitrato de cobalto (II) hexahidratado, 4,4'-dipiridil (Bpy) y ácido 5-amino isoftálico (AAI). El MOF-Co se caracterizó mediante difracción de rayos X (DRX) de monocristal para corroborar su correcta síntesis. La remoción de NM se realizó en distintas concentraciones (286 a 1081 mg/L) y a diferentes tiempos de contacto (5 a 60 min). El proceso de adsorción de NM en el MOF-Co se describe mediante el modelo de Langmuir, el cual sugiere que la adsorción de moléculas de NM se realiza en la superficie del MOF-Co mediante la formación de una monocapa, la capacidad de adsorción máxima teórica (*Qm*) calculada a partir del isoterma de Langmuir es de 2015 mg/g, muy superior a la de MOF reportados anteriormente.
***Palabras clave**: MOF, colorante azoico, naranja de metilo, adsorción.*

Abstract

In the present research, the removal of azoic dye, methyl orange was evaluated using a cobalt-based MOF (MOF-Co) like adsorbent, the MOF-Co was synthetized by Cobalt nitrate (II) hexahydrate, 4,4'-dipiridyl (BPy) and 5-amino isophthalic acid (AAI). The MOF-Co was characterized by X-ray diffraction of single-crystal to confirm their correct synthesis. The removal of methyl orange was realized to different concentrations (286 to 1081 mg/L) and contact times (5 to 60 min). The adsorption of methyl orange onto MOF-Co is described by Langmuir model which suggests that the adsorption of methyl orange molecules is performed on the surface of MOF-Co forming a monolayer. Also, the maximum adsorption capacity theoretical (Qm) was calculated by Langmuir isotherm is 2015 mg/g and it's superior than others MOF previously reported.

***Key words**: MOF, azoic dye, methyl orange, adsorption.*

Introducción

La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas con colorantes sintéticos es un grave problema ambiental y es una amenaza para el ser humano y la vida acuática [Gupta y col., 2013] . Varios tipos de tintes sintéticos se encuentran presentes en las aguas residuales de diferentes industrias, tales como textiles, de cuero, plástico, procesamiento de alimentos, cosméticos, papel, impresión, farmacéutica y fabricación de tintes [Chen y col., 2010]. . Su descarga en la hidrosfera posee una fuente importante de contaminación debido a su visibilidad incluso a concentraciones muy bajas [Subbaiah & Kim, 2016] . Más allá de las consideraciones estéticas, los problemas ambientales más importantes relacionados con los colorantes son la absorción y reflexión de la luz solar que entra en el agua, lo que interfiere con el crecimiento de las bacterias, lo que limita a niveles suficientes para degradar biológicamente impurezas en el agua [Seow & Lim, 2016].
Para la eliminación de colorantes de aguas residuales se han investigado varios métodos, como los físicos, químicos y biológicos. Entre los métodos propuestos, la eliminación de colorantes mediante tecnologías de adsorción se considera uno de los métodos más eficientes, debido a que la adsorción no necesita una temperatura de operación alta y varios materiales colorantes pueden eliminarse simultáneamente [Haque y col., 2010].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

El colorante NM está comúnmente presente en las descargas de efluentes de las industrias de fabricación de textiles, alimentos, productos farmacéuticos, impresión y papel, debido a la existencia del grupo cromóforo azo (N=N) y a su estructura aromática, es difícil eliminar el NM del agua residual mediante métodos de degradación química y biológica, al ser descargado al medio ambiente pueden causar una seria amenaza a las propiedades físicoquímicas del agua dulce y para la vida acuática [Cheah y col., 2013; Subbaiah & Kim, 2016; Zhai y col., 2018] .
Los polímeros metal-orgánicos o MOF por sus siglas en inglés (Metal-Organic Frameworks), son una nueva clase de materiales microporosos, que consisten iones metálicos o cúmulos metálicos y ligandos orgánicos que se unen entre sí [Camacho y col., 2015]. En los últimos años, los MOF han sido ampliamente estudiados en diversos campos, incluyendo la catálisis, transporte de fármacos, adsorción, separación y luminiscencia [Zhao y col., 2017]. Entre estas aplicaciones, la adsorción es considerada como una de las aplicaciones más importantes de los MOF, que se puede atribuir a la alta porosidad y grandes áreas superficiales que poseen estos materiales, por lo cual se consideran un candidato serio para el tratamiento de aguas residuales industriales [Dias & Petit, 2015].

En la presente investigación se realizó la síntesis y caracterización mediante DRX de monocristal de un MOF a base de cobalto (MOF-Co) previamente reportado por Solis-Vazquez y col. en 2016. También se realizó el estudio de la adsorción del colorante NM en el MOF-Co, donde se evaluó la capacidad de adsorción con respecto al tiempo de contacto y mediante el modelo de Langmuir se describió a detalle el proceso de adsorción. Por último, se realizaron DRX de polvos cristalinos y microscopía SEM al MOF-Co antes y después de la adsorción de NM para corroborar la presencia del NM y la estabilidad del material en estudio.

Metodología

Materiales

Los reactivos para la síntesis del MOF-Co fueron adquiridos a MERCK. El el ácido 5-aminoisoftálico (AAI) que presenta una formula molecular de $C_8H_7O_4$ y un peso molecular de 181.15 g/mol; el 4,4'-dipiridil (BPy) que posee una formula empírica de $C_{10}H_8N_2$ y presenta un peso molecular de 156.18 g/mol; el Nitrato de Cobalto II (hexahidratado) presenta una formula lineal de $Co(NO_3)_2{\cdot}6H_2O$ y su peso molecular es de 291.03 g/mol. el disolvente DMF tiene una formula empírica de C_3H_7NO y posee un peso molecular de 73.09 g/mol; el disolvente metanol tiene una fórmula empírica de CH_4O y su peso molecular es de 32.04 g/mol. El estándar de NM al 0.1% de colorante puro se obtuvo de laboratorio Hycel.

Equipos

La estructura de DRX de monocristal del MOF-Co se obtuvo en un equipo Oxford Gemini ($\lambda MoK\alpha = 0.71073$) con detector de área y un sistema de baja temperatura Cyojet. La DRX de polvos cristalinos para comprobar algún cambio estructural en el MOF se realizó en un equipo Bruker AXS modelo D2 PHASER el cual cuenta con un detector unidimensional LYNXEY. Las mediciones de microscopía electrónica de barrido (SEM) para analizar la superficie del material en cuestión después de la remoción de NM se realizaron con un equipo JEOL JSM-5900-LV. Para la remoción de colorante NM se utilizaron parillas con agitación magnética Thermo Scientific modelo SP131325 que alcanza una velocidad de 1200 rpm. Para sedimentar el material después de la prueba de adsorción se utilizó un equipo de centrifugación marca Hettich Zentrifugan modelo 1401-01, que tiene un máximo de velocidad de centrifugado de 4000 rpm. La lectura de absorbancias para la curva de calibración al igual que las de los sobrenadantes, fueron realizadas en un espectrofotómetro UV-vis en disolución marca Themo Scientific modelo Genesys 20.

Síntesis del MOF-Co

La síntesis se realizó mediante el procedimiento reportado por Solis-Vazquez y colaboradores en 2016 [12]:
Se disolvieron 0.2 g (1.28 mmol) de BPY en 7.5 mL de MeOH, por separado, 0.2318 g (1.28 mmol) de nitrato de cobalto hexahidratado fueron disueltos en 7.5 mL de agua desionizada, por último, 0.3724 g (1.28 mmol) de AAI fueron disueltos en 10.mL de DMF. Las tres soluciones se mezclaron entre sí, la mezcla resultante fue colocada en un contenedor de teflón el cual fue puesto y sellado en un reactor de acero inoxidable, el cual se colocó una

 ISSN 2007-8102

mufla programable con una rampa que alcanzó los 120°C y se mantuvo por 72 h. En la Figura 1 se observa el esquema de la reacción realizado mediante la herramienta de dibujo ChemDraw 17.0.

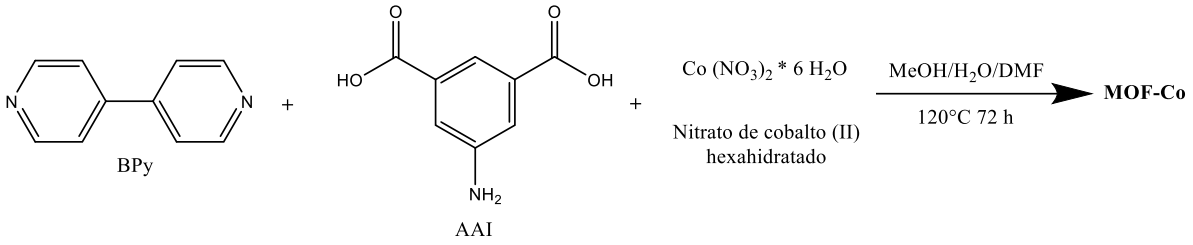


Figura 1. Esquema de la reacción de síntesis del MOF-Co

Pruebas de adsorción de NM

Primero se realizó una curva de calibración para el colorante NM, se usaron soluciones con concentraciones de 0 a 30 mg/L midiendo sus respectivas absorbancias a una longitud de onda de 464 nm.

Para las pruebas de adsorción, se prepararon soluciones con concentraciones de 200 a 1000 mg/L para el caso de los 3 colorantes. La concentración exacta de las soluciones de los colorantes fue obtenida mediante análisis en UV-vis leyendo sus absorbancias en sus respectivas longitudes de onda. Las pruebas de adsorción se realizarán por lotes en matraces Erlenmeyer de 50 mL, en los cuales se agregaron aproximadamente 10 mL de solución y 5 mg del MOF-Co, posteriormente se agitaron a una velocidad de 600 rpm a tiempos de contacto de 5 a 60 minutos. Finalizada la agitación, las muestras se centrifugaron a 4000 rpm durante 8 minutos, terminado el centrifugado, se realizaron lecturas de la absorbancia de los sobrenadantes.

Para obtener la concentración del sobrenadante, se interpolaron los valores de absorbancia en la curva de calibración, mediante la fórmula de interpolación lineal, la cual se observa en la ecuación 1, donde las coordenadas del eje X pertenecen a unidades de concentración expresadas en mg/L y las coordenadas del eje Y pertenecen a la absorbancia.

$$X2 = \frac{(Y2-Y1)(X3-X1)}{(Y3-Y1)} + X1 \quad (1)$$

La capacidad de adsorción del MOF-Co fue calculada con la ecuación 2 Donde *Qt* es la capacidad de adsorción de NM con respecto al tiempo (mg/g), *Co* y *Ct* son las concentraciones iniciales y con respecto al tiempo de NM (mg/L), *V* es el volumen de la solución utilizado (L) y *m* es la masa del adsorbente (mg) [Tan y col., 2015].

$$Qt = \frac{(Co-Ct)V}{m} \quad (2)$$

El isoterma de Langmuir en su forma lineal se expresa en la ecuación 3, donde *Ce* es la concentración de NM en el equilibrio (mg/L), *Qe* es la capacidad de adsorción de NM en el equilibrio, Qm es la capacidad máxima de adsorción teórica de la monocapa (mg/g) y KL es la constante de afinidad (L/mg) [Shen y col. 2015].

$$\frac{Ce}{Qe} = \frac{1}{QmKL} + \frac{Ce}{Qm} \quad (3)$$

Resultados y discusión

Caracterización del MOF-Co

De la reacción de síntesis solvotérmica de los ligantes BPy y AAI con nitrato de cobalto (II) hexahidratado se obtuvo un sólido de color púrpura altamente cristalino con forma de aguja (Figura 2), aptos para DRX de

 ISSN 2007-8102

monocristal, el rendimiento de la reacción fue del 78%. El MOF-Co es insoluble en los disolventes EtOH, MeOH, DMF,DMSO y H_2O, presenta estabilidad térmica a temperaturas mayores de 350°C y posee una carga iónica superficial catiónica de 9 mV a un pH de 9.

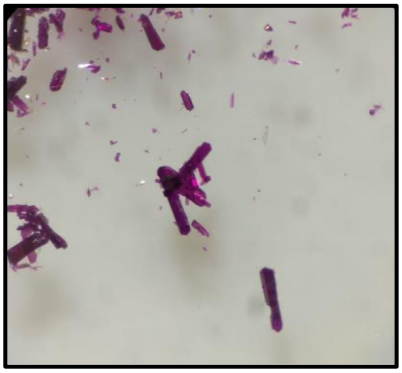


Figura 2. MOF-Co visto desde microscopio óptico con aumento de 30x

En la Tabla 1 se muestran las características del MOF-Co obtenidas mediante la DRX de monocristal. La figura 3 muestra la unidad asimétrica, la coordinación del átomo de cobalto y la celda unitaria del MOF-Co la cual se obtuvo mediante el software Mercury 4.1.2. La fórmula molecular de la unidad asimétrica (Figura 3 a) es de $C_{14}H_{14}N_2O_6Co$ y posee un peso de 365.2 g/mol. El átomo de cobalto se encuentra coordinado a 4 átomos de oxígeno y a 2 átomos de nitrógeno, presentando una forma de octaedro altamente distorsionado la cual se observa en la Figura 3b. También hay que mencionar que una molécula de H_2O se encuentra enlazada por medio de puentes de hidrógeno a la estructura base del MOF-Co.

El MOF-Co cristalizó en un sistema monoclínico, en el que los vértices son diferentes entre sí ($a \neq b \neq c$) y dos de sus tres ángulos son iguales a 90°C. El grupo espacial que presenta es P $2_1/c$, donde P significa primitivo, esto se refiere a que la celda unitaria (Figura 3 c) contiene un solo punto de simetría en la red; la segunda parte son ajustes de caracteres que representan elementos de simetría del grupo espacial ya sea un eje o un plano, para este caso es $2_1/c$ esto quiere decir, que tiene simetría en un eje de rotación de 180 grados en dirección del eje c. Las características obtenidas mediante la DRX de monocristal son similares a las reportadas previamente por Solis-Vazquez y col. en 2016, por lo cual se comprueba que la síntesis del MOF-Co se realizó de manera correcta.

Tabla 1. Características del MOF-Co

Formula empírica	$C_{14}H_{14}N_2O_6Co$
Peso de la formula	365.2
Sistema cristalino	Monoclínico
Grupo espacial	P $2_1/c$
Dimensiones de la celda unitaria (Å, °):	
a	12.2940 (4)
b	7.7130 (1)
c	15.8820 (4)
α	90.000 (0)
β	105.710 (2)
γ	90.000 (0)

 ISSN 2007-8102

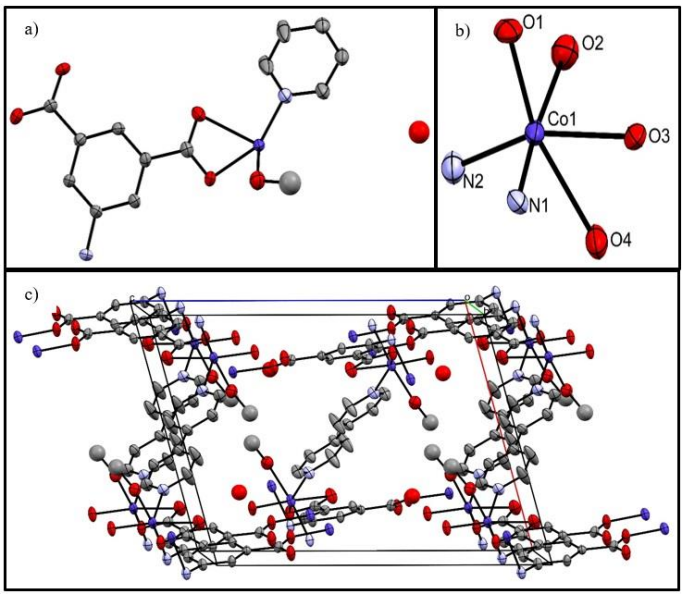


Figura 3. MOF-Co a) unidad asimétrica; b) coordinación del átomo de Co; c) Celda unitaria (los átomos de hidrógeno se omiten para una mejor vista)

Remoción de colorante NM

Para la remoción de NM las concentraciones exactas de colorante fueron las siguientes: 286.7, 455.2, 641.16, 874.12 y 1081.12 mg/L. En la Figura 4 se observa la remoción de colorante NM que consigue el MOF-Co.

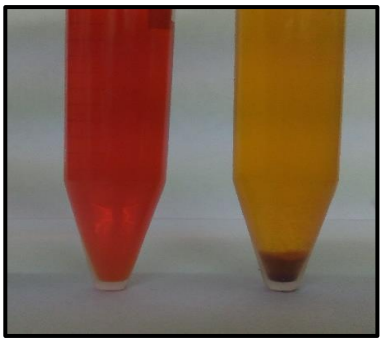


Figura 4. Remoción de colorante NM mediante el MOF-Co

La capacidad máxima de adsorción (*Qmax*) experimental del MOF-Co para NM fue de 1488.91 mg/g, alcanzada a un tiempo de contacto de 45 minutos en la solución con concentración 1081.12 mg/L. El comportamiento de la capacidad de adsorción de NM con respecto al tiempo (*Qt*) del MOF-Co se observa en la Figura 5 a. Las pruebas de remoción demostraron que el compartimento de la *Qt* es similar en las 5 concentraciones de NM, va en aumento en los tiempos de entre 5 a 45 minutos y de 45 a 60 minutos el MOF logra una capacidad de adsorción en equilibrio (*Qe*), ya que no se nota un cambio significativo entre ambos puntos.

En la Figura 5 b se observa el isoterma Langmuir de la adsorción del colorante NM en el MOF-Co el cual presenta un R^2 de 0.99611, el valor de la Qm es obtenido mediante el modelo de Langmuir es 2015.4 mg/g y el valor de KL es 0.0072 L/mg. La isoterma de Langmuir se basa en la suposición de que el proceso de adsorción tiene lugar en sitios homogéneos específicos en la superficie adsorbente, y una vez que una molécula de tinte ocupa un sitio, no es posible un proceso de adsorción adicional en la monocapa [Lin y col., 2014].
La *Qm* de del MOF-Co para NM de 2015.4 mg/g es ampliamente superior al compararla con la *Qm* del MOF 235 que es 477 mg/g [Haque y col., 2011] . El MOF 235 hasta la fecha era el adsorbente de tipo MOF reportado en la

 ISSN 2007-8102

literatura con la mayor capacidad de adsorber NM, sin embargo, los resultados presentados por el MOF-Co son superiores, debido a que su *Qm* para NM es cinco veces mayor a la reportada por el MOF 235, colocándolo como la mejor opción dentro de su clase para remover NM.

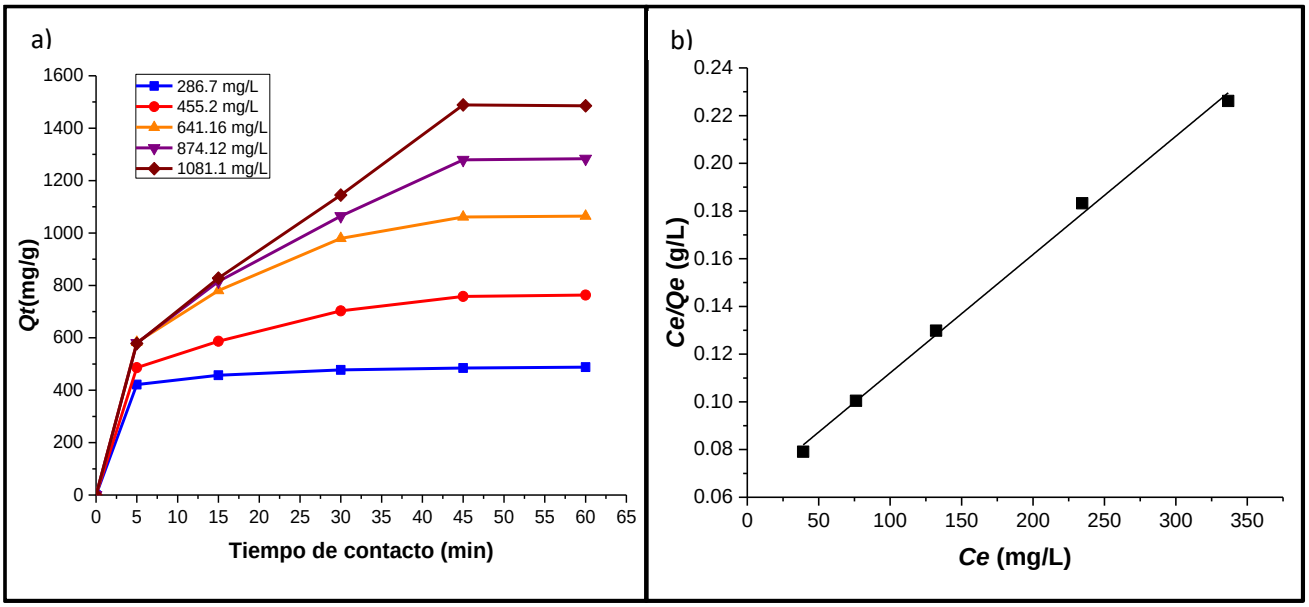


Figura 5. a) Efecto del tiempo de contacto en la capacidad de adsorción del MOF-Co para el colorante NM b) Isoterma de Langmuir de la adsorción de NM en el MOF-Co

La técnica espectroscópica utilizada con el fin corroborar la adsorción del colorante NM y detectar algún cambio en la estructura del MOF-Co, fue la DRX de polvos cristalinos. En la Figura 6 se muestra el difractograma del MOF-Co antes y después de la remoción de NM. Al comparar el difractograma del MOF-Co posterior a la remoción de NM, se observa que este presenta la misma fase cristalina del MOF sin colorante, sin embargo, se nota una disminución de su intensidad, lo cual indica que se ha perdido cristalinidad debido a la presencia del NM, sin embargo al no haber cambio en el patrón también se confirma que el MOF no ha sufrido una modificación estructural, por lo cual se sugiere que el proceso de adsorción que se lleva a cabo es una fisisorción.

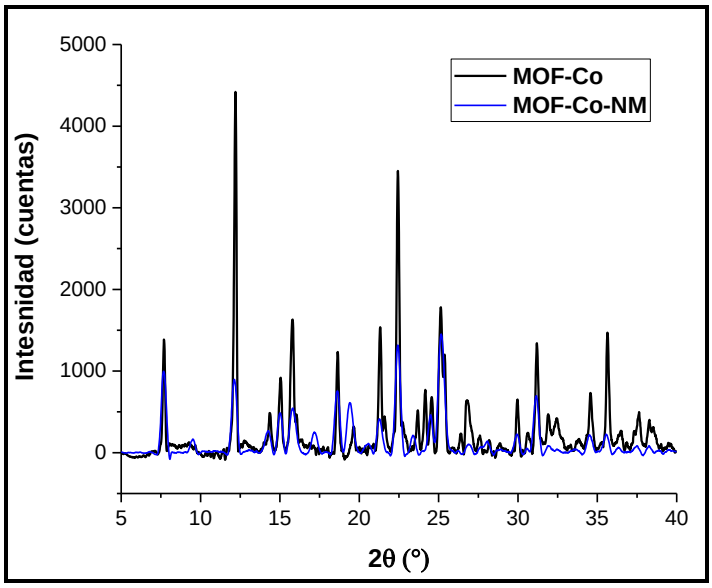


Figura 6. Difractograma de polvos cristalinos del MOF 01 antes y después de la remoción de NM

 ISSN 2007-8102

Se realizó una microscopía SEM para corroborar la adsorción en NM en el MOF-Co, la cual se muestra en la Figura 7, se observa que el MOF-Co presenta una superficie limpia sin aglomeraciones antes de la remoción de NM (Figura 7 a), posterior a la remoción se observa que hay aglomeraciones de moléculas adheridas a la superficie (Figura 7 b), lo cual comprueba que son las moléculas del colorante NM que se encuentran adsorbidas en la superficie del MOF-Co.

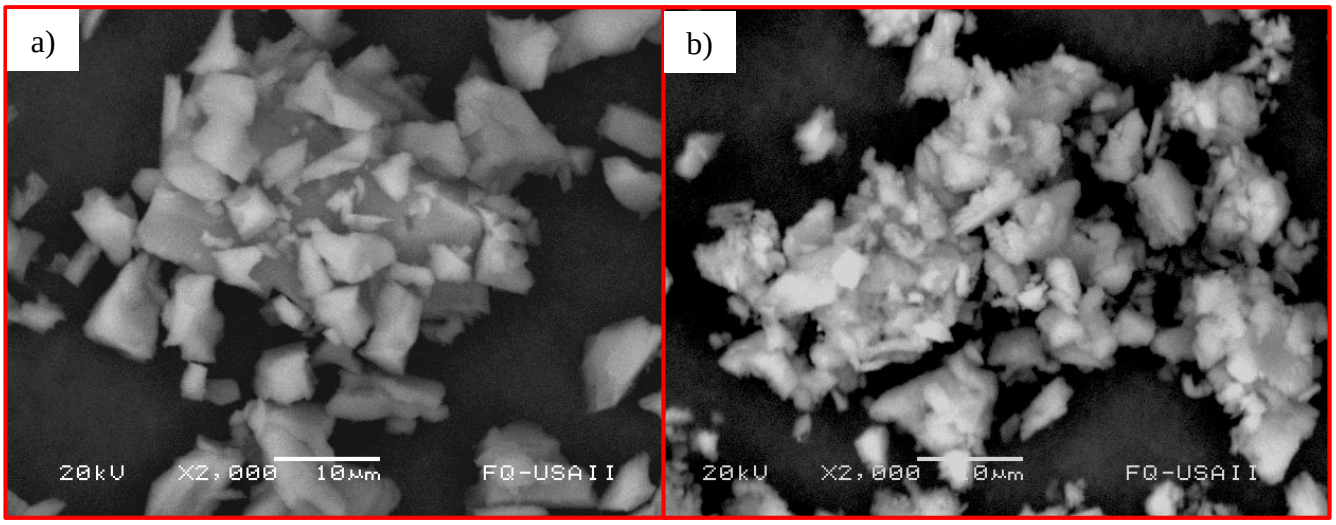


Figura 7. Micrografía SEM de la superficie del MOF a) antes de la remoción de NM, b) posterior a la remoción de NM

Trabajo a futuro

Evaluar el comportamiento del MOF-Co en la adsorción de otra clase de colorantes, como catiónicos o no iónicos, posteriormente, realizar experimentos con agua residual industrial.

Conclusiones

Mediante la DRX de monocristal se corroboró la correcta síntesis del MOF-Co. En el apartado de la remoción de colorantes se encontró que el MOF-Co alcanza un equilibrio en la adsorción de NM entre los 45 y 60 minutos. La isoterma de adsorción de Langmuir demostró que el proceso de adsorción de NM en el MOF-Co se lleva a cabo mediante la formación de una monocapa. La capacidad de adsorción máxima teórica (Qm) de 2015.4 mg/g calculada a partir del modelo de Langmuir indica que el MOF-Co es un excelente adsorbente de colorante NM. La microscopia SEM y la DRX de polvos cristalinos comprobaron la presencia del colorante NM en la superficie del MOF, la DRX de polvos también demostró que el MOF-Co no sufre cambios estructurales, por lo que el proceso de adsorción de NM en el MOF-Co se considera una fisisorción. En base a los resultados obtenidos, se concluye que el MOF-Co es una alternativa viable para utilizarse como adsorbente de colorantes azoicos o aniónicos en medio acuoso, debido a que son las clasificaciones de colorantes en las cuales se encuentra el NM.

Referencias

1. Camacho, B. C. R., Ribeiro, R. P. P. L., Esteves, I. A. A. C., & Mota, J. P. B. (2015). Adsorption equilibrium of carbon dioxide and nitrogen on the MIL-53 (Al) metal organic framework. *Separation and Purification Technology*, *141*, 150–159.
2. Cheah, W., Hosseini, S., Khan, M. A., Chuah, T. G., & Choong, T. S. Y. (2013). Acid modified carbon coated monolith for methyl orange adsorption. *Chemical Engineering Journal*, *215–216*(January), 747–754.
3. Chen, S., Zhang, J., Zhang, C., Yue, Q., Li, Y., & Li, C. (2010). Equilibrium and kinetic studies of methyl orange and methyl violet adsorption on activated carbon derived from Phragmites australis. *Desalination*, *252*(1–3), 149–156.
4. Dias, E. M., & Petit, C. (2015). Towards the use of metal-organic frameworks for water reuse: A review of the

recent advances in the field of organic pollutants removal and degradation and the next steps in the field. *Journal of Materials Chemistry A*, *3*(45), 22484–22506.

5. Gupta, V. K., Kumar, R., Nayak, A., Saleh, T. A., & Barakat, M. A. (2013). Adsorptive removal of dyes from aqueous solution onto carbon nanotubes: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, *193–194*, 24–34.
6. Haque, E., Jun, J. W., & Jhung, S. H. (2011). Adsorptive removal of methyl orange and methylene blue from aqueous solution with a metal-organic framework material, iron terephthalate (MOF-235). *Journal of Hazardous Materials*, *185*(1), 507–511.
7. Haque, E., Lee, J. E., Jang, I. T., Hwang, Y. K., Chang, J. S., Jegal, J., & Jhung, S. H. (2010). Adsorptive removal of methyl orange from aqueous solution with metal-organic frameworks, porous chromium-benzenedicarboxylates. *Journal of Hazardous Materials*, *181*(1–3), 535–542.
8. Lin, S., Song, Z., Che, G., Ren, A., Li, P., Liu, C., & Zhang, J. (2014). Adsorption behavior of metal-organic frameworks for methylene blue from aqueous solution. *Microporous and Mesoporous Materials*, *193*, 27–34.
9. Seow, T. W., & Lim, C. K. (2016). Removal of Dye by Adsorption : A Review, *11*(4), 2675–2679.
10. Shen, T., Luo, J., Zhang, S., & Luo, X. (2015). Hierarchically mesostructured MIL-101 metal-organic frameworks with different mineralizing agents for adsorptive removal of methyl orange and methylene blue from aqueous solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **3(2)**, 1372–1383.
11. Solís-Vásquez, L. D., Chiñas-Rojas, L. E., Ramírez-Herrera, D. J., Rivera-Villanueva, J. M. & Peña-Rodríguez, R. (2016) Adsorción-eliminación de metales pesados presentes en soluciones acuosas mediante el uso del MOF [Co(AAI)3(BPy) (MeOH)]n. *Journal CIM*, **4(1)**, 832-839
12. Subbaiah, M. V., & Kim, D. S. (2016). Adsorption of methyl orange from aqueous solution by aminated pumpkin seed powder: Kinetics, isotherms, and thermodynamic studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **128,** 109–117.
13. Tan, F., Liu, M., Li, K., Wang, Y., Wang, J., Guo, X., Song, C. (2015). Facile synthesis of size-controlled MIL-100(Fe) with excellent adsorption capacity for methylene blue. *Chemical Engineering Journal*, **281**, 360–367.
14. Zhai, L., Bai, Z., Zhu, Y., Wang, B., & Luo, W. (2018). Fabrication of chitosan microspheres for efficient adsorption of methyl orange. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, **26(3)**, 657–666.
15. Zhao, S., Chen, D., Wei, F., Chen, N., Liang, Z., & Luo, Y. (2017). Removal of Congo red dye from aqueous solution with nickel-based metal-organic framework/graphene oxide composites prepared by ultrasonic wave-assisted ball milling. *Ultrasonics Sonochemistry*, *39*(June), 845–852.

Remoción de Co^{2+} mediante adsorbente a base de corteza de pino

A. M. Courrech Arias[1], M. A. Pérez Cruz[2], M. Teutli Leon[3]*

[1]Doctorado en Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio s/n, Col. San Manuel, C.P.72000, Puebla, Pue., México

[2]Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio s/n, Col. San Manuel, C.P.72000, Puebla, Pue., México

[3]Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio s/n, Col. San Manuel, C.P.72000, Puebla, Pue., México

**margarita189@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En este trabajo se elaboró un tanigel a base de corteza de pino (TGP) para remover cobalto (Co^{2+}). Se extrajeron taninos condensados de la corteza de pino y se inmovilizaron de acuerdo a la metodología de Nakano, empleando formaldehído. El estudio cinético de adsorción a 20°C estableció el tiempo de equilibrio de 24 horas, en tanto se obtuvieron isotermas de adsorción a 10°C, 20°C y 40°C para determinar el efecto de la temperatura en la remoción de Co^{2+} y determinar parámetros termodinámicos.

***Palabras clave**: remoción, metal, tanigel, pino, termodinámica*

Abstract

In this work tanningel based pinnus bark (TGP) was obtained in order to removing cobalt. condensed tannins were extracted from bark and inmovilized according with Nakano's method, using formaldehyde in reaction. Adsorption kinetic study at 20°C stablished equilibrium time of 24 hours, meanwhile adsorption isotherms were obtained at 10°C, 20°C and 40°C for determining temperature effect in Co^{2+} removal and determine thermodynamic parameters.

***Key words**: removal, metal, tanningel, pinnus, thermodynamics*

Introducción

La presencia de metales pesados en efluentes hídricos ha alcanzado niveles críticos por lo que ha sido necesario el desarrollo de metodologías y materiales que sean eficientes para la remoción de los mismos. Uno de los metales pesados con mayor incidencia en la naturaleza es el Co^{2+}, dada su presencia en la vitamina B12, no obstante el exceso de dicho metal puede tener repercusiones en la salud, y la afectación más común y severa es cáncer [Wang y col., 2011].

Dentro de las técnicas de remoción de metales se encuentra la adsorción, un proceso físico en el cual los materiales adsorbentes desarrollados y aplicados han sido variados, desde carbón activado, zeolitas, arcillas y hasta hace algunos años biosorbentes basados en biomasa, preferentemente de desechos agrícolas. Los biosorbentes se distinguen por ser de bajo costo y con altos porcentajes de remoción, tales como los tanigeles [Bacelo y col., 2016] que se elaboran a partir de taninos condensados presentes en frutas, hojas y principalmente en cortezas de árboles, dado que estos compuestos son metabolitos secundarios de las plantas.

Los taninos condensados pertenecen a la familia de los flavan-3-oles por lo que de forma natural son polímeros (Figura 1) con catequina como unidad monomérica, en tanto se aprecian centros asimétricos en las posiciones 2 y 3 del anillo C [Schofield y col., 2001], y enlaces interflavonoicos 4→6 o 4→8.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

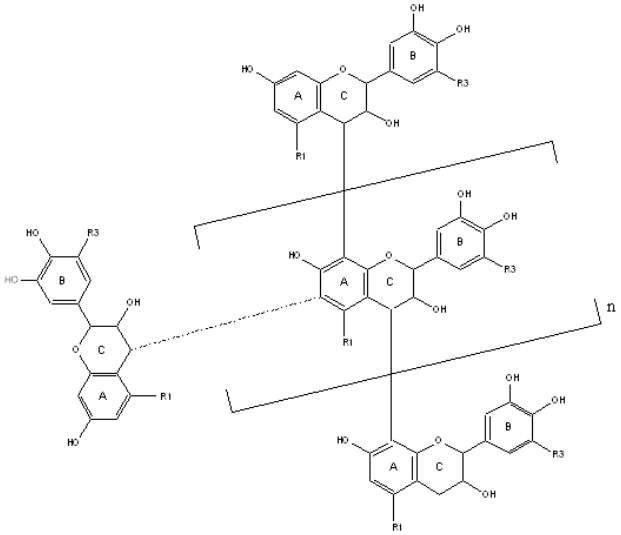


Figura 1. Estructura de tanino condensado

Como los taninos condensados poseen centros nucleofilicos por los anillos A (tipo resorcinol), únicos que reaccionan con formaldehído [Pizzi y col., 2003] en un pH 4~4.5 formando una red entrecruzada. En la reacción propuesta [Sánchez y col., 2011] existe la formación de los puentes de metileno o metilenéter en la posición C8 del anillo A (Figura 2), obteniendo una red tridimensional entrecruzada y por lo tanto un material de carácter polimérico rígido e insoluble en agua.

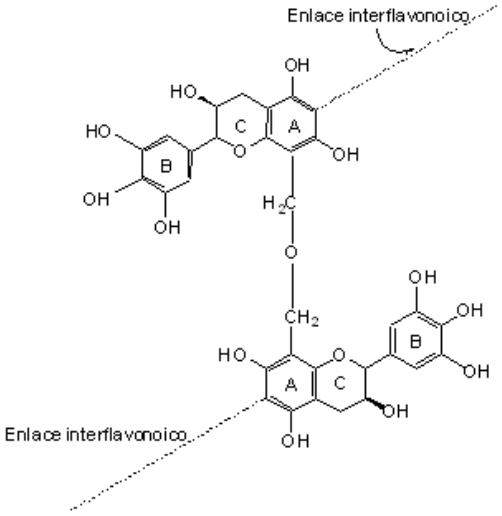


Figura 2. Estructura propuesta de tanigel

Los tanigeles a base de taninos condensados han sido utilizados para remover metales, colorantes y surfactantes, han mostrado altas capacidades de adsorción, comparables con las que se alcanzan con adsorbentes comerciales [Bacelo y col., 2016].

En este trabajo se elaboraró un adsorbente a base de taninos condensados extraídos de corteza de pino ocote-TGP (*Pinus montezumae*) para remover el metal pesado Co^{2+}, se realizó la cinética de adsorción a 20°C y se obtuvieron isotermas de adsorción a 10, 20 y 40°C, además se determinó ΔH, ΔS y ΔG.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Materiales

Se recolectó corteza de pino ocote, además se utilizó la sal $Co(NO_3)_2$-$6H_2O$ (98%, Sigma-Aldrich) y agua desionizada.

Extracción y polimerización de taninos condensados

La extracción de taninos condensados para este trabajo se realizó según lo reportado [Courrech y col., 2018], en tanto que la polimerización se llevó a cabo en base a la metodología de Nakano [Nakano y col., 2001].

Cinéticas de adsorción a 20°C

La cinética de adsorción de Co sobre TGP se determinó a 20°C en 0.025 L de solución y 0.025 g de tanigel, partiendo de una concentración inicial C_0 = 30 ppm para establecer el tiempo de equilibrio, y cada determinado tiempo se tomaron alícuotas correspondientes para medir en absorción atómica. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Isotermas de adsorción

Las isotermas se llevaron a cabo a tres temperaturas diferentes: 10, 20 y 40°C, con la misma relación masa volumen que en el estudio cinético; las concentraciones iniciales consideradas fueron a partir de 10 ppm hasta 100 ppm, se tomaron las alícuotas correspondientes en el tiempo de equilibrio para medir en absorción atómica. Las mediciones se realizaron por triplicado.

Resultados y discusión

Polimerización

Después de realizar la reacción de polimerización de los taninos condensados extraídos de la corteza de pino, se obtuvo un rendimiento de casi 90%, ya reportado [Courrech y col., 2018], sugiriendo una cantidad considerable de anillos A tipo resorcinol que presentan libres las posiciones C6 y C8 que benefician la formación de puentes de metileno, obteniendo así un polímero insoluble en agua.

Cinéticas de adsorción a 20°C

El estudio cinético de adsorción reveló que el tiempo de equilibrio fue de 24 horas, en tanto que los datos experimentales fueron ajustados a tres diferentes modelos cinéticos: pseudo primer orden (Lagergren), pseudo segundo orden (Ho) y Elovich. Como se distingue en la Figura 3, TGP adsorbe rápidamente el ión Co, además que, como se observa en la Tabla 1, aunque R^2 no es muy bueno, el modelo de pseudo segundo orden es el que mejor se ajusta a los puntos experimentales obtenidos, esto sugiere que el paso controlante del proceso es la adsorción.

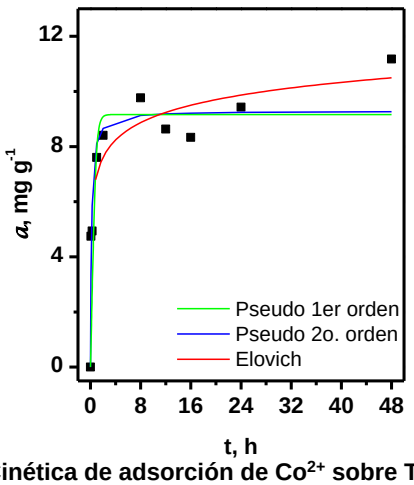


Figura 3. Cinética de adsorción de Co^{2+} sobre TGP a 20°C

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Parámetros del ajuste con diferentes modelos cinéticos

Pseudo 1er. orden			Pseudo 2º. orden			Elovich		
k_1, min^{-1}	a_e, mg g^{-1}	R^2	k_1, g mg^{-1} min^{-1}	a_e, mg g^{-1}	R^2	α, mg g^{-1} min^{-1}	β, g mg^{-1}	R^2
0.0467	9.1597	0.8412	0.01223	9.2950	0.9137	33.677	1.1034	0.8659

Isotermas de adsorción

Las isotermas (Figura 4) de Co^{2+} TGP a 10 y 20°C muestran que hasta 100 ppm son del tipo L2 según la clasificación de Giles [Giles y col., 1960], lo cual es un comportamiento clásico para soluciones diluidas, donde los sitios de adsorción se van ocupando rápidamente y el adsorbato difícilmente encuentra nuevos sitios de adsorción. La isoterma a 40°C tiene la forma C1 de acuerdo a Giles, indicando que conforme se aumenta la concentración nuevos sitios de adsorción se activan por lo que la capacidad de adsorción es mayor. Por otro lado a 40°C se favorece la deshidratación del catión por lo que el proceso de adsorción es más eficiente con respecto a 20°C, para 10°C parece que aumenta la movilidad de los iones dado el efecto en la densidad del disolvente a ésa T, por lo que el proceso de adsorción se favorece al igual que a T mayores. Los parámetros ajustados de los modelos aplicados a los datos experimentales se presentan en la Tabla 2.

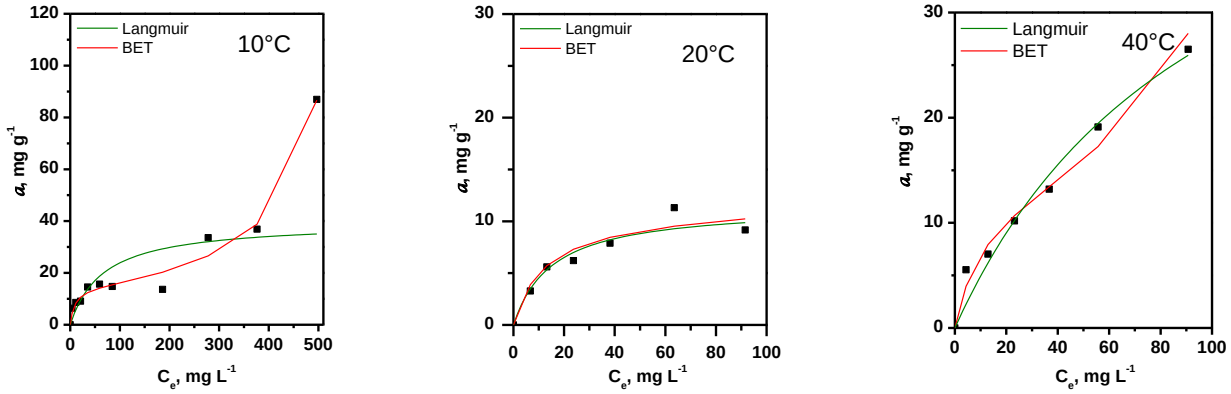


Figura 4. Isotermas a diferentes temperaturas de Co sobre TGP

Tabla 2. Parámetros de ajustes con diferentes modelos

Modelo	Parámetros	T, K		
		283	**293**	**313**
Langmuir $a = \frac{a_m k_L C_e}{1+k_L C_e}$ **[Do, 1998]**	a_m, mg g^{-1}	16.235	11.531	55.0179
	k_L, L mg^{-1}	0.1299	0.0648	0.00983
	R^2	0.9368	0.9356	0.9710
BET $a = a_m \frac{K_s C_e}{(1-K_L C_e)(1-K_L C_e+K_s C_e)}$ **[Ebadi, 2009]**	a_m, mg g^{-1}	14.453	10.665	12.464
	K_s, L mg^{-1}	0.1474	0.0849	0.0999
	K_L L mg^{-1}	0.00158	0.00075	0.0063
	R^2	0.9368	0.9263	0.9804

Como se observa en la Tabla 2 y la Figura 4 el modelo que mejor ajustó los datos experimentales para las tres temperaturas consideradas fue BET para líquidos [Ebadi y col., 2009], el cual considera la formación de 'multicapas' y donde la concentración de saturación real no es igual a $1/K_L$ como sucede en los gases ($P^S=1/K_L$). La cantidad adsorbida en la monocapa considerada según los modelos de Lagmuir y BET son similares en las temperaturas de 10 y 20°C, pero a 40°C hay una diferencia considerable, siendo mucho mayor para el modelo de Langmuir, lo cual puede atribuirse a que el modelo de Langmuir considera que la adsorción ocurre en la formación de una monocapa. Tomando en cuenta la constante de interacción de Langmuir K_L esta disminuye conforme aumenta la temperatura, lo cual nos indica que a 40°C la adsorción no sucede en la monocapa y es

necesario considerar multicapas; considerando el modelo de BET para disoluciones, la cantidad adsorbida de Co^{2+} en la monocapa es similar a las tres temperaturas, con el siguiente orden 10°C>40°C>20°C, la adsorción se ve favorecida con el cambio de temperatura, a 10°C posiblemente se beneficia la movilidad del ión lo que permitió que aumentará levemente la capacidad de adsorción en la monocapa. En tanto que a 40°C se favorece la deshidratación del catión, y se beneficia la adsorción del Co^{2+}, mas que a 20°C. Los valores de Ks, nos indican la fuerza de adsorción adsorbato-adsorbente es similar en la monocapa a las tres temperaturas, sin embargo los datos de K_L, indica que existe una mayor fuerza de interacción entre las capas subsecuentes a 40°C, por lo que es posible la formación de multicapas y por lo tanto una mayor adsorción de Co^{2+}.

Parámetros termodinámicos
La energía libre de Gibbs permite establecer la espontaneidad de un proceso o no y es posible calcularla a partir de:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_s$$

Donde R es la constante universal de los gases, T la temperatura en Kelvin y K_s es la constante de equilibrio de la monocapa del proceso de adsorción determinada por el modelo BET.

Si se igualan las ecuaciones de ΔG^0

$$-RT \ln K_s = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

Despejando $\ln K_s$

$$\ln K_s = \frac{-\Delta H^0}{RT} + \frac{\Delta S^0}{R}$$

Por su parte K_s se toma del ajuste BET.

La entalpía de adsorción determina el carácter exotérmico o endotérmico del proceso, siendo la adsorción fisica casi siempre un proceso exotérmico, en la Tabla 3 se presentan los resultados de los parámetros termodinámicos de adsorción de Co^{2+} en TGP y se observa que ΔG es negativa por lo tanto se trata de un proceso es espontáneo, el cambio de entalpía es negativo indica que es un proceso exotérmico, característico del proceso de adsorción. El cambio de entropía es negativo aunque el valor es muy pequeño, casi 0, no obstante el signo indica un posible cambio en la estructura del adsorbente así como en el adsorbato, posiblemente por que el anillo de hidratación tiende a separarse del catión antes que suceda el proceso de adsorción, éste proceso de deshidratación necesita energía y es favorecido a altas temperaturas [Wang y col., 2011].

Tabla 3. Parámetros termodinámicos

T	ΔG^0, kJ mol^{-1}	ΔH^0, kJ mol^{-1}	ΔS^0, kJ mol^{-1} K^{-1}
283	-15.1774	-7.655	-0.044
293	-17.5289		
313	-13.1869		

Trabajo a futuro

Realizar isotermas a concentraciones más altas. Confirmar la quimisorción de Co en los tanigeles mediante RDS (UV-Vis por reflectancia difusa). Además de realizar estudios de adsorción con otros metales pesados.

Conclusiones

Se elaboró un tanigel a partir de corteza de pino ocote; al realizar la cinética de adsorción reveló la rápidez en la cual el Co^{2+} se adsorbió sobre TGP alcanzando el tiempo de equilibrio de 24 horas, en tanto los ajustes con los modelos cinéticos sugieren que el paso controlante es la adsorción como tal y el efecto de la temperatura en las isotermas de adsorción demostraron que la fuerza de interacción es considerable en las multicapas que se

formaron, es decir, entre adsorbato-adsorbato, generando nuevos sitios de adsorción y esto fue favorecido a una temperatura mayor a la de ambiente. En tanto que a una menor temperatura, el proceso de adsorción es favorecido termodinámicamente a temperaturas menores, además de considerar que la densidad de la disolución provoca una menordistancia intermolecular con los puentes de hidrógeno y así el catión pudo adsorberse mejor los sitios de adsorción a comparación a temperatura ambiente.

Referencias

1.- Bacelo, H.A.M., Santos, S.C.R., Botelho, C.M.S., 2016. Tannin-based biosorbents for environmental applications A review. Chem. Eng. J. 303, 575–587. doi:10.1016/j.cej.2016.06.044

2.- Courrech-Arias A.M., Cruz, Pérez-Cruz M.A., López-Velázquez D., Teutli-León M., 2018. Elaboración de biosorbentes para la remoción de azul de metileno, Journal CIM 6, 1137–1144.
3.- Do Duong D., Series on Chemical Engineering Vol. 2, Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics, 1998
4.- Ebadi, A., Soltan, J., Khudiev, A., 2009, What is the correct form of BET isotherm for modeling liquid phase dsorption?, Adsorption, 15. doi:10.1007/10450-009-9151-3
5.-Giles, MacEwan, Nakhwa, and Smith, 1960, Part XI.
6.- Nakano, Y., Takeshita, K., Tsutsumi, T., 2001. Adsorption mechanism of hexavalent chromium by redox within condensed-tannin gel. Water Res. 35, 496–500. doi:10.1016/S0043-1354(00)00279-7

7.- Pizzi, A., Ch. 27 Natural phenolic adhesives I: Tannin, Handbook of Adhesive Technology, 2nd. Edition, 2003
8.- Sánchez-Martín, J., Beltrán-Heredia, J., Carmona-Murillo, C., 2011. Adsorbents from Schinopsis balansae: Optimisation of significant variables. Ind. Crops Prod. 33, 409–417. doi:10.1016/j.indcrop.2010.10.038

9.- Schofield, P., Mbugua, D. M., & Pell, A.N., 2001. Analysis of condensed tannins: a review. Animal Feed Science and Technology, 91(1), 21-40. Anim. Feed Sci. Technol. 91, 21–40.
10.- Wang, Q., Li, J., Chen, C., Ren, X., Hu, J., Wang, X., 2011. Removal of cobalt from aqueous solution by magnetic multiwalled carbon nanotube/iron oxide composites. Chem. Eng. J.174,126–133. doi:10.1016/ j.cej.2011.08.059

Síntesis de catalizadores $RePMoO_6/Tio_2$-Zro_2 para la hidrodesoxigenación de guayacol

P. Cadenas-López[1], A. E. Cruz-Perez[1], M. G. Rivera-Ruedas[1], E. del Ángel Meraz[1], I. Cuauhtemoc-López[2]*
[1] División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez autónoma de Tabasco, carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1. CP. 86690, Tabasco, México.
[2] División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez autónoma de Tabasco, carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1. CP. 86690, Tabasco, México.
*cadenaslq@gmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
Actualmente, se ha buscado la forma de cómo mejorar la calidad de los combustibles fósiles, teniéndose resultados no muy favorables en la disminución de los contaminantes emitidos al medio ambiente. Por lo que se han buscado alternativas para el mejoramiento de combustibles, encontrándose que a partir de la bio-masa, se pueden tener bio-combustibles que no afecten al medio ambiente, sin embargo estos productos tienen concentraciones altas de oxígeno en su estructura, por lo que es necesario tratarlos por medio de la hidrodesoxigenación catalítica, la cual implica tener catalizadores que cumplan esta función y así poder tener mejores productos amigables con el ambiente. En la búsqueda de mejores materiales, se propone catalizadores basados en $RePMoO_6/TiO_2$-ZrO_2, analizando su estructura por medio de DRX, su área superficial especifica (BET), y sus componentes por medio de FTIr, así como el análisis de su comportamiento en la reacción de hidrodesoxigenación en la molécula de guayacol.

***Palabras clave**: Guayacol, Hidrodesoxigenación, Óxidos mixtos, $RePMoO_6/TiO_2$-ZrO_2.*

Abstrac
Currently, we have looked for ways to improve the quality of fossil fuels, having not very favorable results in the decrease of pollutants emitted to the environment. Therefore, we have looked for alternatives for the improvement of fuels, finding that from the bio-mass, we can have bio-fuels that do not affect the environment, however these products have high concentrations of oxygen in their structure, for what is necessary to treat them by means of catalytic hydrodeoxygenation, which implies having catalysts that fulfill this function and thus being able to have better environmentally friendly products. In the search for better materials, catalysts based on RePMoO6 / Tio2-Zro2 are proposed, analyzing their structure by means of DRX, their specific surface area BET, and their components by means of FTIr, as well as the analysis of their reaction behavior of hydrodeoxygenation in the guaiacol molecule.

***Keywords**: Guayacol, Hydrodeoxygenation, Mixed oxides, RePMoO6 / TiO2-ZrO2.*

Introducción
En respuesta al creciente interés en la búsqueda de fuentes de energía alternativas a los productos derivados del petróleo, una amplia investigación se ha centrado en el uso de la biomasa, esta se obtiene por medio de la pirolisis rápida de la que se obtiene un bio-aceite, que presenta concentraciones bajas de azufre, nitrógeno, y alta compatibilidad con los combustibles fósiles, lo que lo hace un producto altamente competitivo para su uso como bio-combustible, sin embargo contiene alto contenido de oxígeno, de 30-40% en peso, por lo que se considera un producto inestable y de bajo poder calorífico. Una alternativa para mejorar el biodiesel, es tratarlo por medio del proceso de hidrodesoxigenación catalítica.
Los catalizadores convencionales utilizados en el hidrotratamiento están basados en: $CoMo/Al_2O_3$ y $NiMo/Al_2O_3$ y son utilizados para las reacciones de HDO [Demirbas 2011] y [Furimsky 2000]. La hidrodesoxigenación es un proceso muy importante en la producción de biocombustibles y productos químicos. Varios compuestos modelo se han utilizado para estudios de HDO, por ejemplo, anisol, cresol, fenol y guayacol (2-metoxifenol) [Anantharaj y col., 2016]. En este proceso se puede aumentar la estabilidad del bio-aceite a través de la reducción de la concentración de oxígeno mediante la conversión de ácidos, aldehídos, cetonas y alcoholes a hidrocarburos

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

[Griboval y col., 2001]. Se ha reportado que el uso de Re como metal promotor favorece la actividad y selectividad de los catalizadores de MoS_2 empleados en el hidrotratamiento. Aunado a esto, se ha encontrado que el Re usado como catalizador, favorece la selectividad de productos de cadenas lineales [Gong y col., 2010]. También se han estudiado nanopartículas de renio para la degradación de fenol, y han mostrado mejor actividad respecto de otros metales como Ru [García y col., 2005]. Lo que sugiere que el Re usado como catalizador en el hidrotratamiento, pueden dar origen a la formación de compuestos de cadenas R-OH cortas.

Metodología

Materiales

Los catalizadores $RePMoO_6/TiO_2$-ZrO_2 se prepararon con soluciones acuosas de ácido fosfomolibdico hidratado (HPA) $H_3Mo_{12}0_{40}P$ H_2O (Aldrich, 99% pureza) y perrenato de amonio H_4NO_4Re (Aldrich, 99% de pureza). Los catalizadores se soportaron sobre oxido mixto TiO_2-ZrO_2 con contenido de 50% mol de ZrO_2.

Preparación de catalizadores

Estos materiales se sintetizaron por impregnación incipiente, teniendo un contenido de 2.8 átomos de Mo/nm^2 y con una relación molar Re/ (Re+Mo)= 0, 0.1, 0.2 .0.3 y 0.4 soportados en óxidos mixtos, se evaluaron en la reacción de hidrodesoxigenación de guayacol. Se evaluaron en un reactor Parr modelo 4843, a una presión de 850 psi y una temperatura de 280 °C. Cada una de las muestras obtenidas de las reacciones se analizó por cromatografía de gases, en un equipo marca Shimadzu, modelo GC-2010 Plus.

Caracterización físico-química de catalizadores

Los sólidos se caracterizaron por medio de fisisorción de nitrógeno, esta técnica se empleó con el objetivo de conocer las propiedades texturales tales como el área superficial específica, volumen de poro, y diámetro de poro, el análisis se llevó a cabo en un equipo de la marca Micromeritics, modelo Tristar II. Para la identificación de fases cristalinas se empleó un difractómetro marca Bruker Axs modelo D8 advance. Se empleó un ánodo de Cu, siendo la radiación correspondiente a la transición CuKα (α=0.1518nm) con una longitud de onda de 10° a 70° en la escala de 2ɵ. La caracterización por espectroscopia de reflectancia difusa UV-Vis (ERD-UV-Vis) se llevó a cabo con un espectrofotómetro Perkin-Elmer, equipado con una esfera de integración Labsphere de 150 mm de diámetro.

Resultados y discusión

La nomenclatura que se empleará para la identificación de los catalizadores sintetizados se presenta en la Tabla1.

Tabla 1. Nomenclatura de los catalizadores $RePMoO_6/TiO_2$-ZrO_2.

Catalizador	% Re
Mo	0
0.1Re-Mo	0.1
0.2Re-Mo	0.2
0.3Re-Mo	0.3
0.4Re-Mo	0.4

 ISSN 2007-8102

Los resultados obtenidos por fisisorción de nitrógeno (Tabla 2) mostraron que en general los sólidos están conformados por mesoporos, se observó que el área BET y el diámetro de poro disminuyen hasta en un 33 y 18 % respectivamente, debido a la impregnación de las sales precursoras de Mo y Re, mientras que en el volumen de poro no se observan cambios significativos.

Tabla 2. Propiedades texturales de los catalizadores.

Material	Área BET. m^2/g	Diámetro de poro nm	Volumen de poro cm^3/g
TiZr (soporte)	192.4	7.6	0.4
Mo	155.4	6.1	0.3
0.1Re-Mo	145.2	6.3	0.3
0.2Re-Mo	142.6	6.3	0.3
0.3Re-Mo	134.1	6.1	0.3
0.4Re-Mo	128.9	6.2	0.3

De acuerdo a la clasificación de isotermas de adsorción y lazos de histéresis de la IUPAC, todos los sólidos presentan isotermas de adsorción tipo IV y un ciclo de histéresis del tipo H1. Esta clasificación es atribuida a sólidos mesoporosos conformados por conglomerados y aglomerados de partículas esféricas cortadas por canales cilíndricos con distribución uniforme [Gong y col., 2010].

En la figura 1, se muestran los difractogramas de los catalizadores sintetizados, que concuerdan con lo descrito en la literatura, debido a que no presentan fases cristalinas, a ello se atribuye el aumento del área superficial que se observó por fisisorción de nitrógeno, así como también Gong y col., [2010] demostraron que al tener en el catalizador cantidades por debajo del 30% mol de P y Mo la estructura del soporte permanece amorfa, pero al incrementar el metal por arriba del 30% mol la estructura se modifica. Por ello se deduce, que el porcentaje de Re y Mo no son suficientes para que pudiera modificar la fase amorfa del soporte.

.

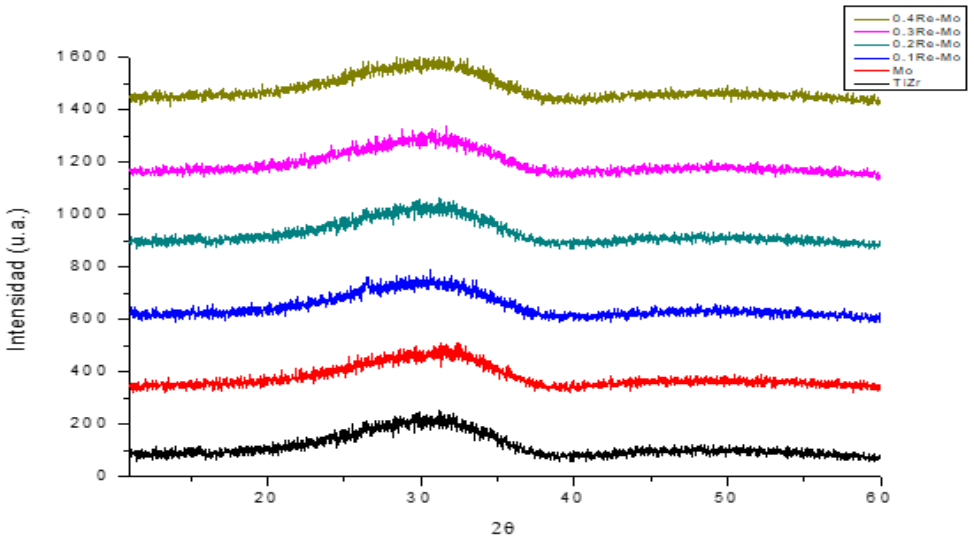


Figura 1 Difractograma de difracción de rayos x de los catalizadores.

 ISSN 2007-8102

Los resultados obtenidos por espectroscopia infrarroja, se basan en el hecho de que los enlaces químicos tienen frecuencias de vibraciones específicas, los cuales corresponden a los niveles de energía de una molécula. En la Figura 2 a) se observan picos muy intensos en 3400 y 1600 cm^{-1} aproximadamente, que se atribuyen a estiramiento M-OH del soporte. En la Figura 2 b) se muestra una ampliación de la región comprendida entre 800 y 1100 cm^{-1}, en ella se puede identificar la señal característica del modo vibracional del enlace Mo-O-Mo a 910 cm^{-1} en todos los catalizadores. Según lo reportado por Griboval y col., [2001] y Zhou y col., [2015], las señales que se observan a 925 y 965cm^{-1} se atribuyen al enlace terminal Mo=O de la especie $MoO_8O_{26}^{4-}$ con geometría local octaédrica.

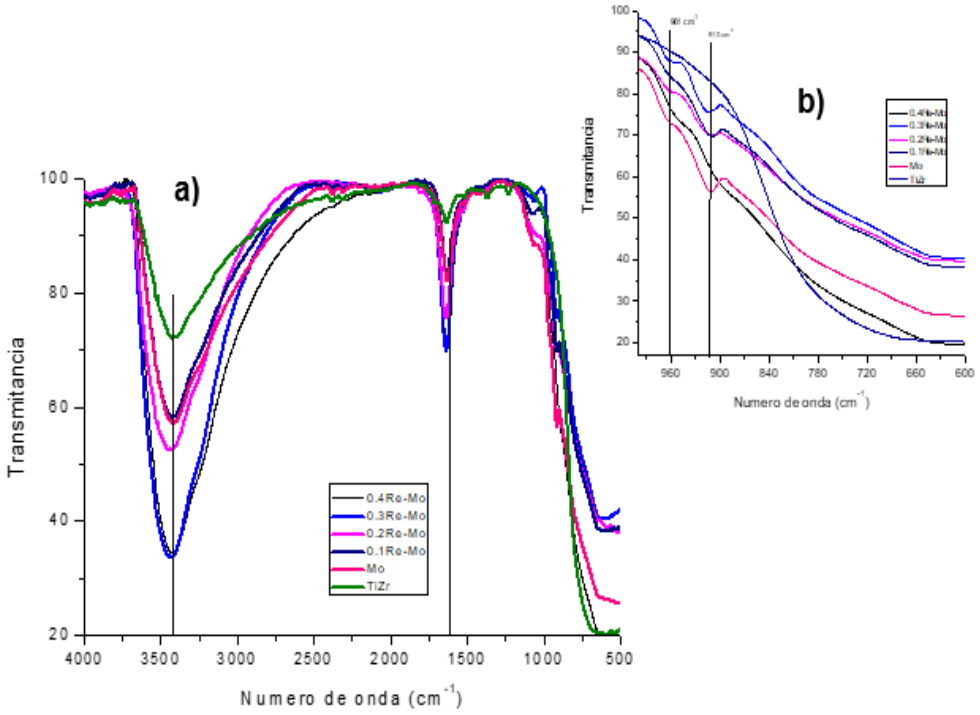


Figura 2. a) Espectros IR de los catalizadores b) Ampliación del espectro de1100 a 800 cm^{-1}

Lo que sugiere es que la actividad catalítica obtenida se deba a la conformación de las estructuras tipo Keggin observadas en los análisis espectroscópicos. De acuerdo con los resultados obtenidos por el análisis espectroscópico, se puede concluir que el Re se encuentra dentro de la estructura de Keggin, debido a las características presentadas en el análisis, encontrándose una estructura $Mo_{12}O_{40}^{8-}$ (cumulo de Keggin).

Evaluación catalítica

Una de las moléculas modelo más usadas en reacciones de HDO es el guayacol (2- metoxifenol) debido a la presencia de dos grupos funcionales metoxi y fenólico [Mora-Vergara y col., 2018] . Varias formas de reacción se han propuesto para la conversión de guayacol a diversos compuestos químicos, éstos consideran una reacción seguida de guayacol a catecol y posteriormente a fenol u otros productos, pero algunos autores mencionan la posibilidad de un paso de hidrogenólisis directa de guayacol a fenol por la eliminación del grupo -O-CH_3 [Nikulshin y col., 2016] y [Ruiz y col., 2010]. En la Figura 3, se presenta el mecanismo de reacción partiendo de la molécula modelo que es guayacol, hasta llegar a benceno, y algunos otros subproductos de reacción.

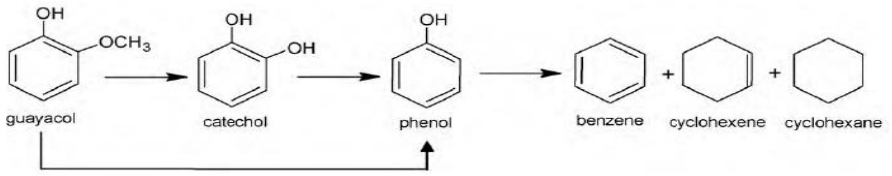


Figura 3. Mecanismo de reacción de la hidrodesoxigenación del guayacol.

 ISSN 2007-8102

Los catalizadores obtenidos se probaron en la HDO de guayacol (GUA) mediante el procedimiento que se describe a continuación.
El catalizador se depositó en un rector por lotes (Parr) en 100 mL de hexadecano como disolvente. En cada reacción se emplearon aproximadamente 0.26 mL de GUA y 0.2 g de catalizador. Posteriormente, el reactor se cierra, se comprueba hermeticidad y se calienta hasta 280 °C, momento en el cual se inyecta el H_2 hasta alcanzar una presión de 850 psi y una agitación de aproximadamente 1000 rpm (valor suficiente para descartar control por fenómenos de difusión externa de reactantes a la superficie externa de las partículas catalíticas).

Los resultados obtenidos muestran el porcentaje de conversión que se obtuvo de la reacción de la molécula de guayacol se muestran en la figura 4.

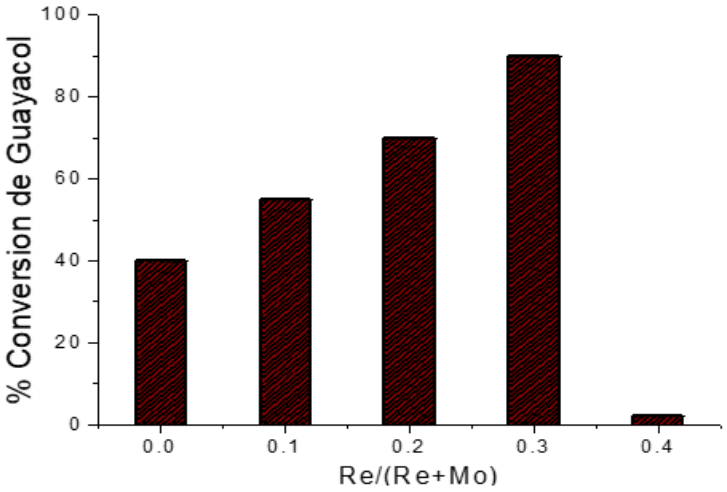


Figura 4. Conversión de guayacol

En las Tablas 3 y 4 se presenta la velocidad de reacción y la selectividad de los catalizadores en la HDO del guayacol.

Tabla 3. Velocidad de reacción inicial de los catalizadores en la reacción

Catalizador	$-r^0_{GOH}$ $[10^{-9}mol_{GOH}\ g_{cat}t^{-1}s^{-1}]$
0 Re	5
0.1 Re	8
0.2 Re	12
0.3 Re	22
0.4 Re	0.2

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Selectividad de los catalizadores en la reacción de hidrodesoxigenación

SELECTIVIDAD				
Catalizador	**Productos (%)**			
	Metanol	**Benceno**	**Tolueno**	**Fenol**
0 Re	11.3	9.2	6.2	73.1
0.1 Re	1.9	11.7	5.1	36.1
0.2 Re	9.7	17.0	19.3	23.9
0.3 Re	80.1	16.6	2.9	0.3
0.4 Re	0.1	0.8	1.1	0.4

Trabajo a futuro

Para este trabajo se considera volver a realizar por triplicado las reacciones para comprobar que efectivamente es la actividad del catalizador que se está obteniendo y no la de algún efecto externo que este promoviendo la conversión.

Conclusiones

Se observa que el material que presentó mayor conversión de la molécula de guayacol, es el que contiene 0.3 Re de toda la serie, la tendencia de actividad queda de esta forma; 0<0.1<0.2<0.3>0.4. La selectividad mostró que el catalizador con contenido 0.3 Re es selectivo hacia la formación de metanol y el catalizador con contenido de 0.4 Re es selectivo hacia la producción de fenol, en este catalizador la desactivación fue la mayor de toda la serie. El catalizador con mayor conversión fue el de la relación molar de Re/ (Re+Mo) = 0.3, el incremento en el contenido molar 0.4= Re/ (Re+Mo), disminuye la conversión y su actividad, esto se atribuye al incorporación de Re en los poros del material.

Referencias

1. Anantharaj, S.; Sakthikumar, K.; Elangovan, A.; Ravi, G.; Karthik, T.; & Kundu, S. (2016). Ultra-small rhenium nanoparticles immobilized on DNA scaffolds: An excellent material for surface enhanced Raman scattering and catalysis studies. *Journal of Colloid and Interface Science*, *483*, 360–373.
2. Demirbas, A. (2011). Competitive liquid biofuels from biomass. *Applied Energy*, *88*(1), 17–28.
3. Furimsky, E. (2000). Catalytic hydrodeoxygenation. *Applied Catalysis A: General*, *199*(2), 147–190.
4. García R.; Ramos-Galván C. E.; Sandoval G., Melo B.; L. A. García S. N-Pentane Isomerization Over Pt/ H-Mordenite And Pt-Re/Hmordenite-Al2o3. Revista Mexicana de Ingeniería Química. Vol. 4 (2005) 253-260.
5. Gong, S.; Liu, L.; He, H.; & Cui, Q. (2010). Dibenzothiophene hydrodesulfurization over MoP/SiO2 catalyst prepared with sol-gel method. *Korean Journal of Chemical Engineering*, *27*(5), 1419–1422.
6. Griboval, A.; Blanchard, P.; Payen, E.; Fournier, M.; Dubois, J. L.; & Bernard, J. R. (2001). Characterization and catalytic performances of hydrotreatment catalysts prepared with silicium heteropolymolybdates: Comparison with phosphorus doped catalysts. *Applied Catalysis A: General*, *217*(1–2), 173–183.
7. Mora-Vergara, I. D.; Hernández Moscoso, L.; Gaigneaux, E. M.; Giraldo, S. A.; & Baldovino-Medrano, V. G. (2018). Hydrodeoxygenation of guaiacol using NiMo and CoMo catalysts supported on alumina modified with potassium. *Catalysis Today*, *302*(June 2017), 125–135.

8. Nikulshin, P. A.; Salnikov, V. A.; Varakin, A. N.; & Kogan, V. M. (2016). The use of CoMoS catalysts supported on carbon-coated alumina for hydrodeoxygenation of guaiacol and oleic acid. *Catalysis Today*, *271*, 45–55.
9. Ruiz, P. E.; Leiva, K.; Garcia, R.; Reyes, P.; Fierro, J. L. G.; & Escalona, N. (2010). Relevance of sulfiding pretreatment on the performance of Re/ZrO 2 and Re/ZrO2-sulfated catalysts for the hydrodeoxygenation of guayacol. *Applied Catalysis A: General*, *384*(1–2), 78–83.
10. Zhou, M.; Wang, Y.; Wang, Y.; y Xiao, G. (2015). Catalytic conversion of guaiacol to alcohols for bio-oil upgrading. *Journal of Energy Chemistry*, *24*(4), 425–431.

Evaluación de las propiedades antioxidantes del falcarinol y sus derivados por métodos computacionales

D. Bonilla Rodríguez[1], M. Sánchez Vázquez[2], S. Rosete Luna[1]*
[1] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prolongación de oriente 6, No. 1009, Col. Rafael Alvarado, C.P, 94340 Orizaba, Veracruz, México.
[2] Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Alianza Norte 202, PIIT, Carretera Monterrey-Aeropuerto Km. 10, 66628 Apodaca, Nuevo León, México.
**srosete@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El falcarinol y sus derivados como el falcarindiol, panaxidol y falcarinon son poliacetilenos producidos por plantas superiores de las familias de las *Apiaceae, Araliaceae y Asteraceae*, estos compuestos han sido estudiados para determinar su bioactividad y se encuentran plenamente caracterizados. En este trabajo se realizó un estudio teórico de las propiedades antioxidantes del falcarinol y sus derivados con la finalidad de estudiar sus propiedades electrónicas y su capacidad de reaccionar con los radicales libres a partir del mecanismo de transferencia del átomo de hidrógeno. Los resultados de estudio se determinaron al analizar al falcarinol y sus derivados la superficie de energía potencial, la entalpía de disociación de enlace y la densidad de espín utilizando métodos computacionales (B3LYP/6-31++G(d,p)), en donde se demostró que el falcarinon es el mejor antioxidante contra especies radicalarias estabilizando al electrón desapareado por efecto de hiperconjugación de sus enlaces conjugados adyacentes.

***Palabras clave**: Falcarinol, antioxidantes, métodos computacionales.*

Abstract

Falcarinol and its derivatives such as falcarindiol, panaxidol and falcarinon are polyacetylenes produced by higher plants of the families of Apiaceae, Araliaceae and Asteracea, these compounds have been studied to determine their bioactivity and are fully characterized. In this work, a theoretical study of the antioxidant properties of falcarinol and its derivatives was carried out in order to study its electronic properties and its ability to neutralize free radicals from the hydrogen atomic transfer mechanism.The study results were determined by analyzing the potential energy surface, the enthalpy of link dissociation and spin density using B3LYP computational calculations with the number of bases (6-31 ++ G (d, p)), where showed that falcarinon is the best antioxidant against radical species stabilizing by hyperconjugate effect of its adjacent conjugated bonds

***Key words**: falcarinol, antioxidants, computational methods.*

Introducción

El cáncer es uno de los principales padecimientos que atentan contra la salud de los humanos, los tratamientos utilizados a menudo conllevan efectos secundarios que repercuten sobre la relación riesgo-beneficio, estudios epidemiológicos indican que dietas ricas en frutas y verduras protegen contra este padecimiento, por lo que tratamientos alternativos como el empleo de plantas con efectos biológicos se ha hecho más común, esta bioactividad se ha atribuido principalmente al contenido de vitaminas, minerales, fibras (prebióticos) y antioxidantes. Estudios revelaron que la presencia de *β*-caroteno y *α*-caroteno en sangre se asociaba con una baja incidencia en este padecimiento [Christensen y col., 2007]. En los países europeos y de América del Norte, la ingesta de *β*-caroteno y *α*-caroteno se debe a su presencia en la zanahoria, esto confirma el papel de las zanahorias como profilácticas contra el desarrollo del cáncer [Stahl y col., 2005], [Weber y Grune, 2012]. Sin embargo, esta bioactividad no solo se debe a los carotenoides, estudios recientes han demostrado que los

compuestos poliacetilenos son los principales responsables de esta actividad, en especial los poliacetilenos del tipo falcarinol, también encontrados en las zanahorias [Minto y col., 2008].

Aunque el falcarinol parece ser el poliacetileno más bioactivo, sus poliacetilenos derivados (Figura 1) también han demostrado poseer actividad biológica de suma importancia [Kuklev y col. 2013]. Los efectos beneficiosos de los poliacetilenos del tipo falcarinol son producidos en concentraciones no tóxicas, por lo tanto, representan propiedades farmacológicas que indican que los poliacetilenos pueden ser importantes nutracéuticos de los vegetales [Purup y col., 2009].

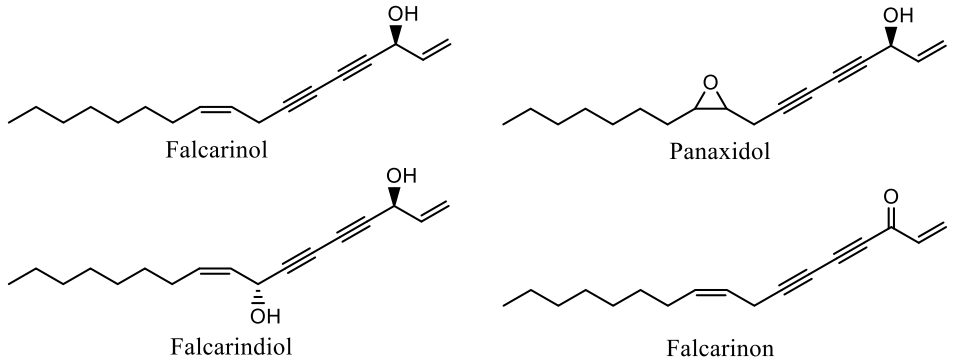


Figura 1. Falcarinol y sus derivados.

Katano y col., en 1990, estudiaron los efectos de tres compuestos poliacetilenos de *Panax ginseng* (falcarinol, panaxidol y panaxitriol), sobre el crecimiento de células *in vitro*. Encontraron que estos compuestos poliacetilenos, inhibían el crecimiento de varios tipos de líneas celulares cultivadas de una manera dependiente de la dosis y, que la actividad inhibitoria del crecimiento celular de estos fue más fuerte contra las células malignas que contra las células normales [Matsunaga y col., 1990].

Kobaek-Larsen y colaboradores en el 2005, investigaron los efectos inhibidores del falcarinol contenido en la zanahoria contra el desarrollo de lesiones preneoplásicas en el colon de rata. Lograron demostrar que el consumo de zanahoria era profiláctico contra el cáncer de colon en modelo de rata, además comprobaron que la ingesta de falcarinol *per se*, lograba efectos de la misma magnitud que la ingesta completa de la zanahoria, apoyando la hipótesis de que el falcarinol es una sustancia activa protectora presente en las zanahorias [Kobaek-Larsen y col., 2005].

Otro estudio realizado por Kee y colaboradores en 2014, reveló por primera vez que los poliacetilenos del tipo falcarinol poseen efectos sobre ABCG2, la proteína de resistencia del cáncer de mama. Se estudió la modulación de estos poliacetilenos sobre ABCG2 mediante 3 métodos que confirmaron un efecto inhibitorio de la proteína. Los resultados obtenidos indican un uso prospectivo de poliacetilenos como agentes de inversión de resistencia a múltiples fármacos [Tan y col., 2014].

Un estudio publicado el presente año, evaluó la bioactividad del falcarinol y otros derivados sintéticos en comparación a otro poliacetileno bioactivo natural aislado de *Oplopanax horridus*, Se demostró que la actividad antiproliferativa en líneas celulares con adenocarcinoma ductal pancreático humano, fue mayor para los poliacetilenos sintéticos. Esta investigación sirvió de sustento para afirmar que los poliacetilenos del tipo falcarinol con un doble enlace terminal, son inhibidores potentes de la proliferación de células de cáncer de páncreas, en comparación con poliacetilenos con un enlace sencillo terminal [Cheung y col., 2019].

El interés de este trabajo de investigación se enfocó en realizar un estudio teórico del falcarinol y tres de sus derivados para obtener información sobre su reactividad hacia los radicales libres y su capacidad antioxidante, empleando las herramientas de la química computacional. En la literatura existen pocos reportes de las propiedades electrónicas de estos compuestos, y nuestro interés radica en la importancia que tienen en la inhibición de la proliferación de células cancerígenas.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Las energías de cada uno de los confórmeros de los derivados del falcarinol han sido calculadas con el método cuántico Hartree-Fock 3-21G implementado en el programa científico Spartan 14. Estas energías han sido generadas al explorar exhaustivamente la superficie de energía potencial (SEP) de cada una de las estructuras que conforman el presente estudio y para refinar el cálculo, se realizaron en el software Gaussian 09 utilizando el método B3LYP/6-31++G(d,p) [Frisch y col., 2009]. Para este estudio, se tomaron en cuentan a todas las configuraciones de las estructuras con centros estereogénicos. De esta manera, el análisis se llevó a cabo con un total de nueve estructuras de las cuales dos corresponden a los enantiómeros 3S y 3R para falcarinol, cuatro que corresponden a los diasterómeros del falcarindiol (3R,8R; 3R,8S; 3S,8R; 3S,8S), dos enantiómeros del panaxidol (3R y 3S) y uno para falcarinon. Las estructuras fueron visualizadas en el programa Chemcraft v1.8

Se ha calculado entalpía de disociación de enlace (EDE) de cada O-H o C-H de las estructuras de más baja energía del falcarinol y sus derivados. Los resultados obtenidos se analizaron en relación al mecanismo de transferencia de hidrógeno con la siguiente ecuación:

$$EDE_{(RO-H)} = H_{ROH} - (H_{RO\cdot} + H_{H\cdot})$$

El valor de la entalpía para el átomo de hidrógeno determinado en el mismo nivel de teoría es de -0.5016659 Hartrees. Los orbitales moleculares y las densidades de espín se generaron y visualizaron empleando el programa Chemcraft v1.8.

Resultados y discusión

Se ha explorado la superficie de energía potencial para para determinar el mínimo global de energía de cada estructura, precisamente estos mínimos globales representan la energía de cada confórmero en su forma más estable y se fueron empleados en el cálculo de la EDE. En la Figura 2 se aprecian las estructuras más representativas.

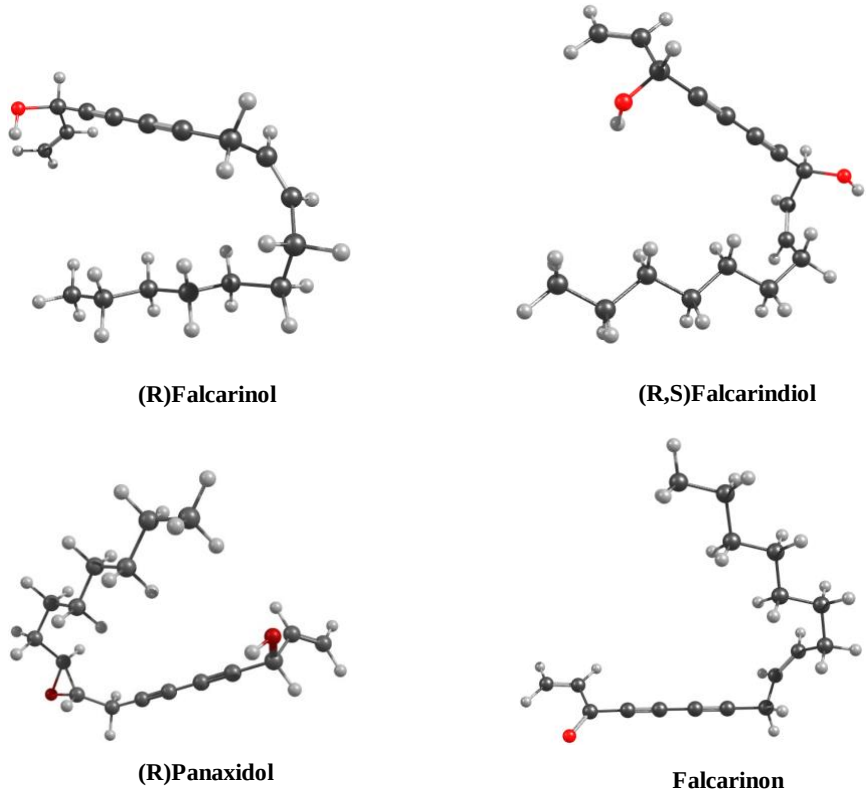


Figura 2. Confórmeros optimizados al nivel de teoría DFT-B3LYP/6-31++G(d,p).

 ISSN 2007-8102

Para poder valorar las propiedades antioxidantes del falcarinol y sus derivados, se ha calculado la EDE de cada enlace O-H y C-H lábil de cada estructura. Los resultados se pueden observar en la Tabla 1. Los valores más bajos pertenecen a la molécula del falcarinon, de 86.42 y 74.00 kcal/mol, para los hidrógenos removidos homolíticamente en las posiciones 11 y 8, respectivamente (ver Figura 3). Esto significa que las especies de radicales libres reaccionarán más fácilmente sobre el falcarinon, rompiendo el enlace C-H más débil, debido a que ese compuesto no tiene grupos hidroxilo.

Sin embargo, la capacidad antioxidante de una estructura química, no depende solo de que tan fácil pueda reaccionar ante especies de radicales libres, también hay que tomar en cuenta que tan fácil le es a un compuesto estabilizar al radical libre dentro de su estructura, y eso se logra estabilizando al electrón desapareado a través de sus enlaces conjugados. Para ese propósito, nosotros hemos calculados la densidad de espín en cada estructura para observar gráficamente cuál de todas las estructuras estudiadas estabilizan o deslocalizan mejor al electrón desapareado.

Tabla 1. Entalpías de disociación de enlace.

Molécula	EDE (kcal/mol)
(R)Falcarinol	109.17
(S)Falcarinol	109.17
[-3H](R,R)Falcarindiol	109.42
[-9H](R,R)Falcarindiol	106.38
[-3H](R,S)Falcarindiol	109.30
[-9H](R,S)Falcarindiol	105.48
[-3H](S,R)Falcarindiol	109.37
[-9H](S,R)Falcarindiol	105.92
[-3H](S,S)Falcarindiol	109.21
[-9H](S,S]Falcarindiol	107.01
(R)Panaxidol	108.51
(S)Panaxidol	107.83
(-HC2)Falcarinon	110.50
(-HC8)Falcarinon	74.00
(-HC11)Falcarinon	86.42

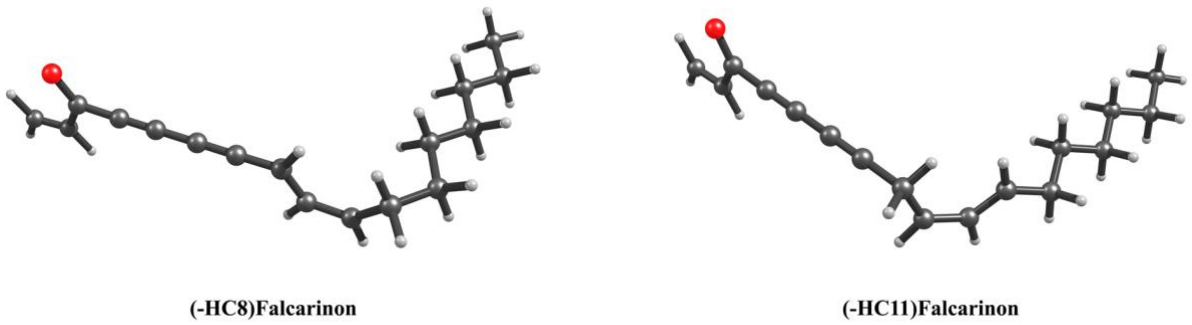


Figura 3. Estructuras de los radicales libres de (-HC8) falcarinon y (-HC11) falcarinon con valores de EDE de 74.00 y 86.42 kcal/mol, respectivamente.

Para lograr una comparación visual contrastante, hemos elegido dos estructuras con poca densidad de espín y dos con densidad de espín abundante, tal como se muestra en la Figura 3. En este caso hemos elegido a dos estructuras con valores de EDE altas ((-HC2) Falcarinon con 110 kcal/mol y el [-3H](R,R) Falcarindiol con 109.42 kcal/mol), y dos con EDE bajas (las dos estructuras mostradas en la Figura 2).

 ISSN 2007-8102

De acuerdo a Parkinson y col [1999], la densidad de espín más deslocalizada demuestra la facilidad con la que es formado el radical y el que mejor lo estabiliza.

Las dos estructuras superiores mostradas en la Figura 4 muestran más zonas de densidad de espín, especialmente la estructura del (-HC8) falcarinon, la cual está deslocalizada a través de todos sus enlaces insaturados. Esto esta distribución de espín en estructura concuerda muy bien con la EDE asignada a esta estructura, la cual presenta el valor más bajo (74 kcal/mol) de todas las listadas en la Tabla 1.

Por otra parte, las estructuras que se localizan en la parte inferior de la Figura 3 tienen poca distribución de espín comparadas con las estructuras superiores. La diferencia de la distribución de espín en ambos tipos de estructuras es muy significativa y soporta muy bien lo antes observado con los valores de las EDE reportados en la Tabla 1.

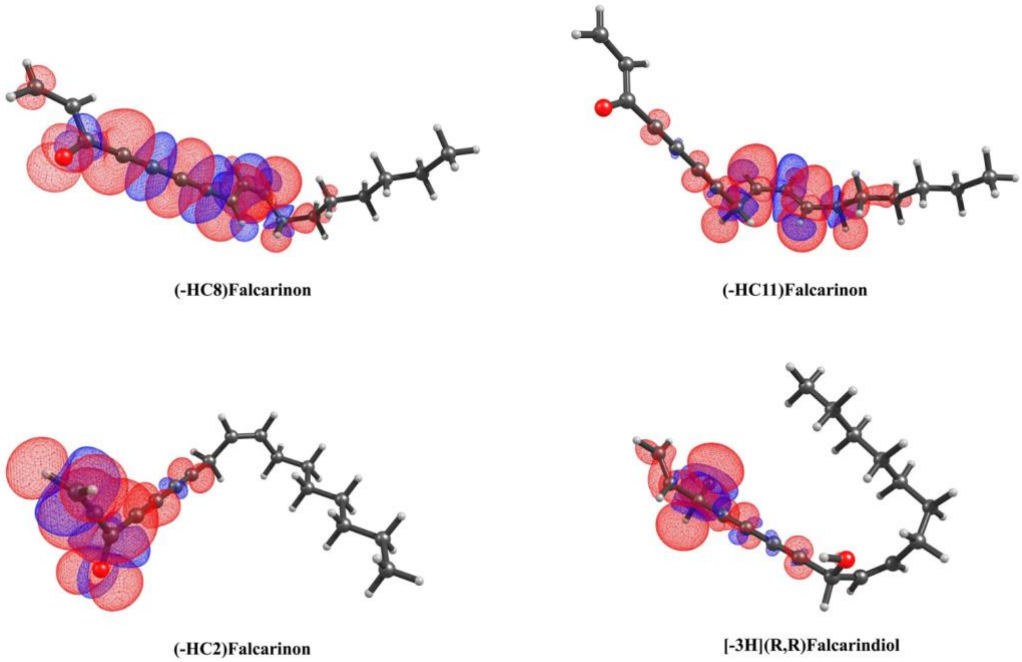


Figura 4. Distribución de la densidad de espín de las estructuras con más alto y más bajo malos de EDE, calculadas al nivel de teoría B3LYP/6-31++ G(d,p). Valor de la idodensidad: 0.0003 a.u.

Trabajo a futuro

Se continuará la investigación con estructuras similares para establecer aquellos productos naturales que tengan las mejores propiedades antioxidantes.

Conclusiones

Se calcularon las energías mínimas del falcarinol, panaxidol, falcarindiol y falcarinon, explorando la superficie de energía potencial, así como cada uno de sus enantiómeros y estereoisómeros por el método B3LYP/631G ++(d,p). Se determinaron las entalpías de disociación de enlace para el falcarinol de 109.17 kcal/mol, para el falcarindiol en un intervalo de 105 a 109 kcal/mol, siendo la de más baja energía removiendo el hidrógeno en la posición del C-8 del falcarinol (3R,8S).

De toda la serie analizada el falcarinon al remover el hidrógeno en la posición C-8 fue el compuesto que requirió menos energía para la ruptura homolítica de su enlace y al ser estabilizado por sus enlaces conjugados es el compuesto con la menor actividad antioxidante ya que su entalpía de disociación es de 74 kcal/mol y se

corresponde con los resultados de densidad de espín en donde se observa que existe mejor deslocalización del electrón desapareado.

Agradecimientos

Agradezco al Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) por el acceso al Cluster para que esta investigación pudiera realizarse, así como también al Dr. Mario Sánchez Vázquez por sus observaciones para enriquecer este trabajo.

Referencias

1. Cheung, S. S. C., Hasman, D., Khelifi, D., Tai, J., Smith, R. W., Warnock, G. L. (2019). Nutrition and Cancer. (**71)**, 301 – 311.
2. Christensen, L. P., Kreutzmann, S. (2007). Separation Science in Food Analysis. (**30**), 483 – 484.
3. Frisch, M. J., et al. (2009). Gaussian 09, Revisión B.01, Gaussian, Inc. Wallingford CT.
4. Kobaek-Larsen, M., Christensen, L. P., Vach, W., Ritskes-Hoitinga, J., Brandt, K. (2005). Journal of Agricultural and Food Chemistry. (**53**), 1823 – 1827.
5. Kuklev, D. V., Domb, A. J. y Dembitsky, V. M. (2013). Phytomedicine, (**20**), 1145 – 1159.
6. Matsunaga, H., Katano, M., Yamamoto, H., Fujito, H., Mori, M., Takata, K.(1990). Chemical and Pharmaceutical Bulletin. (**38**), 3480 – 3482.
7. Minto, R. E., Blacklock, B. J. (2008). Progress in Lipid Research. (**47**), 39 – 42.
8. Parkinson C. J, Mayer P. M. L, Radom L. (1999). J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2(**11**), 2305 – 2313
9. Purup, S., Larsen, E., Christensen, L. P. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57, 8290 – 8296.
10. Stahl, W., Sies, H. (2009). Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease. (**1740**), 101 – 107.
11. Tan, K. W., Killeen, D. P., Li, Y., Paxton, J. W., Birch, N. P., Scheepens, A. (2014). European Journal of Pharmacology. (**723**), 346 – 352.
12. Weber, D., Grune, T. (2012) Carotenoids in Nutrition and Health - Developments and Future Trends. (**56**), 251 – 258.

 ISSN 2007-8102

Comportamiento de las variables reológicas de vinaza en diferentes niveles de temperatura

*S.M. Pérez-Guzmán, K. Xalamihua-Anastacio, N. Gutiérrez Casiano, J. Vicente Martínez, E. Hernández-Aguilar**
Facultad de Ciencias Químicas Orizaba, Universidad Veracruzana, Avenida Oriente 6 #1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México.
**eduhernandez@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química - Ambiental*

Resumen

En el presente trabajo se analizaron las características fisicoquímicas de la vinaza (pH, DQO, O_2 disuelto, turbidez y densidad) de acuerdo con las normas mexicanas vigentes, también se determinaron conductividad y azúcares reductores por espectrofotometría. Posteriormente, se determinó el comportamiento reológico de la vinaza en un rango de temperaturas de 20 a 50°C. La caracterización indicó que la muestra analizada tiene un pH de 4.73, una DQO 181.6 g/L, 61.9 mg/L de oxígeno disuelto, 469 NTU, una densidad de 1.0385 kg/L, una conductividad de 3.8 µS y 104.605 g/L de azúcares reductores. El comportamiento reológico se ajustó mejor al modelo de Herschel-Bulkley obteniendo una R^2 entre 0.9998-0.9999 respecto del modelo de Ostwald con R^2 entre 0.9997-0.9999. Ambos modelos presentaron una disminución de la viscosidad aparente y esfuerzo umbral con el aumento de la temperatura y variación en el índice de flujo.

***Palabras clave**: Vinaza, reológica, Temperatura, Herschel-Bulkley.*

Abstract

In the present work, the physicochemical characteristics of the vinasse (pH, COD, dissolved O_2, turbidity and density) were analyzed in accordance with current Mexican standards, conductivity and reducing sugars were also determined by spectrophotometry. Subsequently, the rheological behavior of the vinasse was determined in a temperature range of 20 to 50 °C. The characterization indicated that the analyzed sample has a pH of 4.73, a COD 181.6 g/L, 61.9 mg/L of dissolved oxygen, 469 NTU, a density of 1.0385 kg/L, a conductivity of 3.8 µS and 104.605 g / L of reducing sugars. The rheological behavior was better adjusted to the Herschel-Bulkley model obtaining an R^2 between 0.9998-0.9999 with respect to the Ostwald model with R^2 between 0.9997-0.9999. Both models showed a decrease in apparent viscosity and threshold stress with increasing temperature and variation in the flow rate.

***Key words**: Vinasses, rheological, temperature, Herschel-Bulkley.*

Introducción

Las vinazas de destilación constituyen un residuo de la industria alcoholera con gran potencial contaminante (incluso 100 veces mayor que las aguas residuales domésticas) [García y Intiriago, 2019], por otra son una alternativa nutricional para el sector agropecuario [Alvarado y Abad, 2018]. Históricamente se han considerado como un subproducto indeseable de la destilación del alcohol etílico, ya que generan un fuerte impacto ambiental como contaminación de ríos y fuentes de aguas subterráneas cercanas a este tipo de industrias [Alonso y col., 2015].

La vinaza es un material líquido resultante de la producción de etanol, ya sea por destilación mosto fermentado que puede tener como materia prima melaza o jugo de caña [García y Rojas, 2005]. Aunque presenta grandes ventajas para usos alternativos, se ha demostrado que la vinaza es un residuo altamente corrosivo y contaminante

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

de aguas por sus altos contenidos de materia orgánica, potasio, calcio, nitrógeno y fósforo, por lo que es necesario el tratamiento de la vinaza antes de su disposición final [Arcila, 2017]. De acuerdo con algunos estudios se calcula que por cada litro de alcohol producido se generan 13 litros de vinazas con una carga altamente contaminante [Valeiro, y col., 2017], por esta razón se están desarrollando nuevos productos que están orientados a la alimentación de ganado mediante la evaporación de la misma y la utilización de ésta para la producción de biomasa a través del cultivo de microalgas [Candido y Lombardi, 2016].

Por otra parte, la reología estudia el comportamiento de los fluidos sometidos a diferentes tipos de esfuerzos [Rojas, 1999], en la industria se podría aplicar como el estudio de la deformación y flujo de las materias primas sin procesar, productos intermedios o semielaborados y productos finales [White, 1970]. La reología incluye la revisión de todos los aspectos del estudio de deformación (esfuerzos normales y respuestas viscoelásticas) de los fluidos no newtonianos [Bird y col., 2006]. Dicho lo anterior es importante conocer las características fisicoquímicas de la vinaza y el modelo reológico adecuado de dicho fluido, que permita conocer la naturaleza de éste y sus cambios de acuerdo con la temperatura de salida del proceso de destilación a 50°C, hasta su aprovechamiento o disposición final a temperatura ambiente, 20°C.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades reológicas de la vinaza así como sus parámetros fisicoquímicos, dado su utilidad en la industria para control de calidad, optimización, mejora de las variables de proceso y diseño y evaluación de los equipos involucrados [Panchi, 2013], lo cual brinda la posibilidad de encontrar alternativas para el uso de desechos industriales como la vinaza, así como contribuir al estado de arte de la misma.

Metodología

Caracterización fisicoquímica

Para el desarrollo de estas pruebas se utilizó vinaza proveniente de la columna mostera de un proceso de producción de alcohol etílico neutro. La muestra fue almacenada por tres días, tiempo suficiente para la realización de las pruebas, en recipientes de plástico limpios y se mantuvo a temperatura ambiente. Se hizo uso de un solo lote de vinazas para llevar a cabo los diferentes análisis. Se examinaron diversos parámetros fisicoquímicos en la vinaza de acuerdo a las normas mexicanas vigentes mostradas en la Tabla 1. Para pH y conductividad se utilizó el potenciómetro Conductronic® PC45 equipado con sensor de temperatura, para turbidez se usó un turbidímetro Oakton® T-100.

Para la determinación de densidad se utilizó un picnómetro. En la determinación de DQO se usó un espectrofotómetro marca Genesys® 10S UV-VIS, disponiendo de una dilución de 0.5:100. Para azúcares reductores se empleó un lector de microplacas Thermo Fisher® Multiskan EX, con una dilución de 5:100. Finalmente, para O_2 disuelto se usó un medidor marca Lutron ® YK-22DO. En la Tabla 1 se describen las determinaciones realizadas y las normas utilizadas en este estudio.

Tabla 1. Pruebas fisicoquímicas realizadas en la vinaza.

Determinación	Método	Norma
pH	Potenciométrico	NMX-AA-008-SCFI-2016
Turbidez	Nefelométrico	NMX-AA-038-SCFI-2001
Viscosidad	Brookfield	N/A
Conductividad	Electrométrico	NMX-AA-093-SCFI-2018
Densidad	gravimétrico	
DQO	Espectrofotométrico	NMX-AA-030/1-SCFI-2012
Carbohidratos	Miller	
Oxígeno Disuelto	Electrométrico	NMX-AA-012-SCFI-2001

 ISSN 2007-8102

Determinación del efecto de temperatura en las variables reológicas

Para obtener las variables reológicas se tomaron 16 ml de muestra y se utilizó un viscosímetro rotacional de Brookfield ® modelo DV2T el cual se muestra en la Figura 1, con una aguja ULA LV-1 y un adaptador Brookfield® ULA con chaqueta de control de temperatura conectada a un baño termostático recirculador de agua.
Se realizaron determinaciones de la relación de la velocidad de corte y del esfuerzo de corte en 4 niveles de temperatura: 20, 30, 40 y 50 °C, las velocidades aplicadas estuvieron en un rango de 1 a 200 RPM: Los datos obtenidos fueron ajustados al modelo de ley de potencia de Ostwald y el modelo Herschel-Bulkley con ayuda del software *Minitab 18 Statistical Software*, posteriormente se desarrollaron modelos que relacionaron la temperatura contra las variables reológicas del modelo con mejor ajuste.



Figura 1. Viscosímetro rotacional de Brookfield ® modelo DV2T conectado a un baño termostático recirculador de agua

Resultados y discusión

Análisis fisicoquímico

Los resultados de las determinaciones fisicoquímicas se muestran en la Tabla 2, donde se observa que el valor de pH tiende a la acidez con un valor de 4.73. De acuerdo con Ibarra y León [2018], esto se debe a la acidificación del mosto con H_2SO_4 durante la fermentación, además de la presencia de ácidos orgánicos.

Tabla 2. Resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica

Determinación	Unidades	Resultados
pH		4.73
Turbidez	NTU	469
Viscosidad	cP	2.01
Conductividad	µS	3.8
Densidad	g/ml	1.0385
DQO	g O_2/L	181.6
Azúcares reductores	g/L	104.605
Oxígeno disuelto	g/L	0.0619

En cuanto a la conductividad se difiere a los resultados reportados por Ibarra y Leon [2018], ya que él presentó valores de entre 15 y 17 µS, contrario a los encontrados en el presente trabajo, lo cual indica que la vinaza no contiene una alta concentración de sales solubles [Ibarra y León, 2018]. Por otra parte, la literatura muestra que la vinaza puede tener una DQO con valores de 800 a 1100 g O_2/L [Cobos y Ortiz, 2007], valor superior al reportado en este caso, lo que indica un bajo contenido de materia orgánica en la vinaza [León, 2009]. También se encontraron estudios con valores de 0.00019 g/L de oxígeno disuelto, valor inferior al obtenido en este caso. Parsaee y col. [2019] argumentan que los compuestos orgánicos (que otorgan la coloración característica a la vinaza) reducen la actividad fotosintética y por ende, la concentración de O_2 disuelto decrece, además de la alta temperatura de salida de la vinaza. En el caso de la densidad, el valor obtenido, de 1.03 g/ml, es muy cercano al reportado por Aristizábal [2015], de 1.04 g/mL indicado por dicho autor. González y col., [2018] indicaron un valor de turbidez de 999 NTU, superior al encontrado en el presente, de 469 NTU. Esto se debe a la presencia de compuestos de alto peso molecular, principalmente melanoidinas y caramelos, los cuales se forman por la reacción de Maillard [Tapie y col., 2016]. En los azúcares reductores se obtuvieron 104.605 g/L, valor inferior al señalado por Parsaee y col. [2019] , el cual fue de 911.7 g/L. La variación entre los valores puede ser ocasionada por la melaza, el tipo de fermentación, destilación, la variedad y madurez de la caña de azúcar usada en ambos casos [Parsaee y col., 2019]. La viscosidad presenta variación respecto el valor proporcionado por Costales [2009] de 1.17 cPs. Tal como lo indica, dichas diferencias pueden ser atribuidas a los métodos de fermentación alcohólica e incluso las levaduras utilizadas [Costales, 2009].

Caracterización Reológica

La Tabla 3 muestra las ecuaciones y coeficientes de correlación de los datos obtenidos con los modelos de Ostwald y Herschel-Bulkley, donde se observa que modelo de Ostwald obtiene coeficientes de correlación con valores entre 0.9997-0.9999 lo cual indica un ajuste adecuado del modelo al comportamiento de flujo de la vinaza, sin embargo, el modelo de Herschel-Bulkley presenta valores aún más altos, al encontrarse en un rango de 0.9998-0.9999 sus coeficientes de correlación. Con lo anterior indica que la vinaza tiene un mejor ajuste al comportamiento del fluido tipo Herschel-Bulkley.

+

Tabla 3. Comparación de valores de R^2 y sus respectivas ecuaciones de regresión.

Modelo	Temperatura °C	Ecuación de regresión	R^2
Ostwald-Waele	20	$\tau = 0.000253696 * \gamma^{1.41905}$	0.9997
	30	$\tau = 0.000114996 * \gamma^{1.55297}$	0.9998
	40	$\tau = 0.00012035 * \gamma^{1.54338}$	0.9998
	50	$\tau = 8.8103x10^{-5} * \gamma^{1.58901}$	0.9999
Herschel-Bulkley	20	$\tau = 0.0334069 + 6.49786x10^{-5} * \gamma^{1.66136}$	0.9998
	30	$\tau = 0.0251617 + 3.69729x10^{-5} * \gamma^{1.75487}$	0.9999
	40	$\tau = 0.0232954 + 4.28827x10^{-5} * \gamma^{1.72678}$	0.9999
	50	$\tau = 0.018102 + 3.78813x10^{-5} * \gamma^{1.73882}$	0.9999

Las Figuras 2 y 3 muestran los cambios en el comportamiento reológico de la vinaza. Se aprecia un comportamiento no Newtoniano, la viscosidad varía dependiendo del rango de corte aplicado [Bird, y col., 2006], y se confirmó lo descrito por Cantú y Col. [2010] que indica que la vinaza se comporta como un fluido dilatante o reoespesante debido a que el valor de índice de flujo (n) es mayor a la unidad.

Las variaciones en la temperatura cambiaron las propiedades reológicas del fluido, como indica la Tabla 4, mostrando una disminución de la viscosidad aparente y un aumento del índice de flujo en el modelo de Ostwald, mientras que en el modelo de Herschel–Bulkley la viscosidad (η) también disminuyó, sin embargo, el índice de flujo aumentó con el incremento de la temperatura, por otra parte el esfuerzo umbral (τ_0) disminuyó.

 ISSN 2007-8102

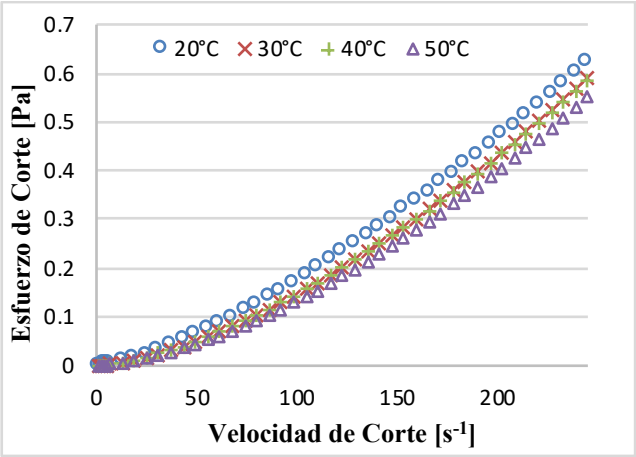


Figura 2. Reogramas de vinaza en diferentes niveles de temperatura ajustados al modelo de Ostwald

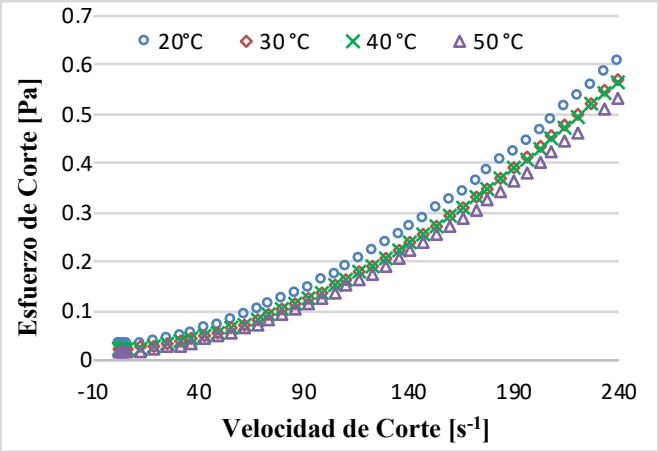


Figura 3. Reogramas de vinaza en diferentes niveles de temperatura ajustados al modelo al Modelo de Herschel - Bulkley

Tabla 4. Comparación de los modelos de Ostwald vs. Herschel-Bulkley

	Modelo de Ostwald		Herschel - Bulkley		
Temperatura [°C]	Viscosidad aparente [Pa*s]	Índice de Flujo	Viscosidad aparente [Pa*s]	Índice de Flujo	Esfuerzo Umbral [Pa]
20	0.000253696	1.41905	0.0000649786	1.66136	0.0334069
30	0.000114996	1.55297	0.0000369729	1.75487	0.0251617
40	0.000120350	1.54338	0.0000428827	1.72678	0.0232954
50	0.000088103	1.58901	0.0000378813	1.73882	0.0181020

Trabajo a futuro

Se recomienda realizar análisis para la determinación de fósforo, nitritos, nitratos, nitrógeno total, proteínas y cuantificación de RNA con la finalidad de complementar el perfil fisicoquímico de la vinaza. Así como la caracterización reológica del producto evaporado de la vinaza.

Conclusiones

Las variables reológicas de la vinaza se ven afectadas directamente por el efecto de la temperatura. Se puede apreciar que dicho fluido presenta un comportamiento no newtoniano. Además de que existe una disminución de la viscosidad aparente en las temperaturas de 20 y 50 °C. Por otro lado el índice de flujo aumenta a la par que lo hace la temperatura. Aunado a ello, la vinaza muestra conducta dilatante debido a que el índice de flujo es mayor a la unidad. El modelo de Herschel-Bulkley presentó un mejor ajuste en cuanto al coeficiente de correlación, cuyo promedio fue de 0.9998, respecto del modelo de Ostwald, siendo el primer modelo el mejor para describir el comportamiento de la vinaza. La caracterización reológica aumentará el conocimiento del estado del arte de las vinazas lo cual será de utilidad para el diseño de procesos y equipos que utilicen este fluido con la finalidad de obtener el mayor aprovechamiento posible.

Agradecimientos

Se agradece al Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE 2018) por los recursos destinados para el desarrollo de éste trabajo.

Referencias

1. Alonso-Estrada, D., Garrido-Carralero, N., Pérez-Ones, O. & Zumalacárregui-de Cárdenas, L., 2015. Alternativas tecnológicas para reducir el efecto ambiental de las vinazas en la industria alcoholera. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar.,* **(49)**, pp. 44-49.
2. Alvarado Aguayo, A. & Abad Sánchez, M. L., 2018. Aprovechamiento de la vinaza para obtención de biofertilizantes como alternativa nutricional para el sector agropecuario. *DELOS, Desarrollo Local Sostenible.*
3. Arcila Hernández, A., 2017. *Evaluación de la aplicación de vinaza en suelo y su posible uso agrícola en plantas de cilantro (Coriandrum sativum),* Valencia: Universidad de Carabobo.
4. Aristizábal Alzate, C. E., 2015. Caracterización Fisico-Química de una Vinaza Resultante de la Producción de Alcohol de una Industria Licorera, a Partir del Aprovechamiento de la Caña de Azúcar.. *Ingenierías USBMed,* **(6)**, pp. 36-41.
5. Brookfield Engineering Laboratories Inc., s.f. *Operating Instructions Manual.* Massachusetts: Brookfield.
6. Byron-Bird, R., Stewart, W. E. & Lightfoot, E. N., 2006. *Fenómenos de Transporte.* Segunda ed. Wisconsin: Limusa Wiley.
7. Candido, C. & Lombardi, A. T., 2016. Growth of Chlorella vulgaris in treated conventional and biodigested vinasses. *Journal of Applied Phycology,* **(29)**, pp. 45-53.
8. Cantú-Lozano, D. y otros, 2010. Rheological Behaviour of Vinasses from a Mexican Bioethanol Factory. *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists,* **(27)**, pp. 1-5.
9. Cobos Becerra, Y. L. & Ortiz Gómez, H. M., 2007. *Evaluación del impacto ambiental producido por el tratamiento aerobio de vinazas.* Bucaramanga: s.n.
10. Costales Puchaicela, R. F., 2009. *Utilización de subproductos de destilerías de alcohol (vinaza) como suplemento en la dieta de gallinas ponedoras White leghorn L33.* Riobamba: Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica.
11. García Salazar, M. S. & Intiriago Zambrano, S. P., 2019. *Evaluación de la producción de metano mediante digestor anaerobio tipo Batch en aguas residuales agroindustriales de destilería (vinaza).* Calceta(Manabí): Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Feliz López.
12. García, Á. & Rojas, C., 2005. Alternativas tecnologicas para reducir el efecto ambiental de las vinazas en la industria alcoholera. *Tecnicaña,* Diciembre, **(9)**, pp. 3-13.
13. González, J. A., Buedo, S. E., Prado, F. E. & Álvarez, S., 2018. Efecto de la vinaza sobre el crecimiento y productividad de la soja (Glycine max) en condiciones semicontroladas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica,* **(53)**, pp. 597-608.
14. Ibarra-Camacho, R. & León-Duharte, L., 2018. Caracterización Químico-Física de Vinazas de Destilerías. *Ciencia en su PC,* **(1)**, pp. 1-13.
15. León Gil, C. A., 2009. *Estandaización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respirométrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico.* Pereira: s.n.
16. Miller, G. L., 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination Of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry ,* **(31)**, pp. 426-428.
17. Panchi Guanoluisa, A. N., 2013. *Determinación de Parámetros Reológicos en Bebidas de Frutas con Diferentes Concentraciones de Sólidos Solubles Mediante el Uso del Equipo Universal TA-XT2i.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
18. Parsaee, M., Kiani Deh Kiani, M. & Karimi, K., 2019. A review of biogas production from sugarcane vinasse. *Biomass & Bioenergy,* **(122)**, pp. 117-125.
19. Rodríguez-Pulido, N. M., 2006. *Estudio Comparativo de las Propiedades Reológicas que Presenta la Levadura Cervecera Empleada en Tanques Cilindro-Cónicos versus Tanques Convencionales en Bavaria, S.A..* Bogotá: s.n.
20. Rojas G., O., 1999. *Introducción a la Reología.* Mérida: Laboratorio FIRP.

21. Secretaría de Economía, 2001. *NMX-AA-012-SCFI-2001. Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba..* Ciudad de México: Red de Publicaciones Oficiales Mexicanas.
22. Secretaría de Economía, 2001. *NMX-AA-038-SCFI-2001. Determinación de Turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba..* Ciudad de México: Red de Publicaciones Oficiales Mexicanas.
23. Secretaría de Economía, 2012. *NMX-AA-030/1-SCFI-2012. Medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba..* Ciudad de México: Red de Publicaciones Oficiales Mexicanas.
24. Secretaría de Economía, 2016. *NMX-AA-008-SCFI-2016. Medición de pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas a método prueba..* Ciudad de México: Red de Publicaciones Oficiales Mexicanas.
25. Secretaría de Economía, 2018. *NMX-AA-093-SCFI-2018. Medición de la conductividad eléctrica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba..* Ciudad de México: Red de Publicaciones Oficiales Mexicanas.
26. Tapie, W. A., Prato Garcia, D. & Sanchez Guerrero, H., 2016. Biodegradación de vinazas de caña de azúcar mediante el hongo de pudrición blanca Pleurotus ostreatus en un reactor de lecho empacado. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, (***19)**, pp. 145-150.
27. Valeiro, A., Portocarrero, R., Ullivarri, E. & Vallejo, J., 2017. *Los residuos de la industria sucro-alcoholera Argentina,* s.l.: INTA - EEA Famaillá .
28. White, G. W., 1970. Rheology in Food Research. *Journal of Food Technology,* Agosto, **(5)**, pp. 1-32.

Remoción de contaminantes de agua residual de la industria azucarera utilizando un sistema híbrido

V. Solano De La Cruz[1], F. Orduña Gaytán[1], N. A. Vallejo Cantú[1], A. Alvarado Lassman[1], J. M. Méndez Contreras[1].*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, No. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
**nvallejoc@orizaba.tecnm.mx; nvallejoc@prodigy.net.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el presente trabajo se utilizó un sistema en dos etapas para la remoción y aprovechamiento de contaminantes del agua residual proveniente de la industria azucarera. La primera etapa del tratamiento comienza con un Reactor Anaerobio Hidrolítico (RAH), el cual, se encarga de degradar la materia orgánica presente, dicho reactor está compuesto por un panel de fibras de nylon polyester donde se formó el inóculo, alcanzando remociones de hasta un 64 %. Durante la segunda etapa, el efluente resultante se alimentó al humedal artificial, comprendido por tres celdas de acrílico, donde se utilizaron tres tipos de soportes y de especies vegetales distintas para el aprovechamiento de los nutrientes (N, F y K) presentes en el efluente de alimentación, eliminando hasta el 80 % de los contaminantes presentes.

***Palabras clave**: Hidrólisis, Humedal, Digestión anaerobia.*

Abstract

In the present work, a system consisting of two stages for the removal and use of contaminants from wastewater from the sugar industry was used. The first stage of the treatment begins with an Anaerobic Hydrolytic Reactor (RAH), which, is responsible for degrading the organic matter, this system is composed of a polyester- nylon fibers panel where the inoculum was formed, reaching removals up to a 64 %. During the second stage, the resulting effluent was fed the artificial wetland that it is comprised of three acrylic cells, where three types of supports and different plant species were used for the use of nutrients (N, F and K) present in the effluent feed, eliminating up to 80 % of the present contaminants.
.

***Key words**: Hydrolysis, Wetland, Anaerobic Digestion.*

Introducción

La industria de la caña de azúcar se encuentra entre las industrias con mayor demanda de agua, además, es una fuente importante de contaminación orgánica no tóxica. La industria azucarera utiliza aproximadamente 1500–2000 L de agua y genera aproximadamente 1000 L de agua residual por tonelada de caña de azúcar procesada. Estas aguas si se descargan sin tratamiento, producen problemas de contaminación en los ecosistemas acuáticos y terrestres y cuando no se tratan completamente generan un olor desagradable al ser liberadas al medio ambiente Una alternativa para aprovechar los componentes presentes en aguas residuales son los tratamientos biológicos como son los reactores anaerobios y los humedales [Sahu y col., 2017].

Se han utilizado diferentes tecnologías para tratar las aguas residuales industriales, sin embargo, los métodos de tratamiento dependen del tipo de contaminantes presentes [Sahu y col., 2017]. La selección de tecnologías alternativas de bajo costo y eficientes para el tratamiento de aguas residuales es importante, especialmente en las regiones en desarrollo. Para este propósito, los humedales construidos, son una opción razonable para el tratamiento, se han utilizado durante décadas por su capacidad de eliminar contaminantes orgánicos. La digestión anaerobia en combinación con los humedales construidos crea un sistema híbrido que permite una alternativa eficiente y de bajo costo energético para el tratamiento de aguas residuales [Wu y col., 2015].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

En los procesos biológicos como la digestión anaerobia se aprovecha gran cantidad de los componentes presentes en aguas residuales. El proceso utiliza por lo regular una comunidad microbiana que sigue una serie de etapas y se encargan de la remoción de materia orgánica presente para producir un combustible como es el biogás. En la digestión anaerobia se remueve hasta un 90 % de materia orgánica. [Almeida *y* col., 2011]. Los humedales construidos, se presentan como una tecnología para el tratamiento principal o complementario de aguas residuales, principalmente en los casos donde resulta difícil construir, operar o mantener adecuadamente los sistemas de tratamiento convencionales [Diaz-Acero, 2014].

Los humedales construidos son sistemas inspirados en las funciones de los humedales naturales. Consisten en canales con sustrato y plantas por donde el agua fluye, y a través de procesos biológicos y físicos los contaminantes son removidos del agua [Hernández, 2016]. Los soportes utilizados en humedales son los principales medios en los que se desarrollan biopelículas que contribuyen notablemente a la eliminación de contaminantes. Los estudios centrados en la selección de nuevos sustratos del material local o de la reutilización de otro material son necesarios para promover la utilización de sustratos más baratos, pero igualmente funcionales en humedales, como los desechos de tereftalato de polietileno (PET, por sus siglas en inglés) [Sandoval y col., 2019].

De acuerdo con el tipo de flujo de agua, los humedales se dividen en distintos tipos; a) Humedales de flujo superficial: Parecidos a los humedales naturales, el agua fluye por arriba del sustrato, b) Humedales de flujo subsuperficial: El agua fluye por debajo del sustrato, sin que esté en contacto con la atmósfera, por lo que se eliminan olores y se disminuye la presencia de insectos. El sustrato en este tipo de humedales es un medio poroso, generalmente grava (volcánica o de río), arena o zeolita, entre otros. Los humedales subsuperficiales, pueden ser; a) Humedales de flujo horizontal: El agua fluye de un extremo del humedal al otro, paralelo al sustrato, b) Humedales de flujo vertical: El agua fluye de arriba hacia abajo, perpendicular al sustrato [Hernández, 2016].

La vegetación juega un papel importante en el proceso de eliminación de contaminantes; por lo tanto, las plantas seleccionadas deben poder adaptarse a las condiciones de los humedales y deben ser adecuadas para la eliminación de contaminantes. La vegetación favorece la oxigenación del sustrato y, por lo tanto, el desarrollo de la población de bacterias aerobias [Sandoval y col., 2019].

Este estudio busca resolver una problemática ambiental mediante el análisis de una alternativa no convencional para el tratamiento en este tipo de efluentes, debido a las altas cargas orgánicas descargadas en bienes nacionales. Existe un vacío bibliográfico para este tipo de casos, por lo tanto, es necesario cubrir las condiciones de operación generales basándose en la caracterización de estas aguas y las acciones que se deberían tomar para la disminución del contenido orgánico.

Metodología

Caracterización fisicoquímica del agua residual del ingenio azucarero

El agua residual fue caracterizada a través de análisis fisicoquímicos. Se determinaron diferentes parámetros antes del tratamiento de hidrólisis realizado en el Reactor Anaerobio Hidrolítico, a la salida de este, antes de entrar al Humedal Construido y en el efluente para determinar la remoción final de contaminantes. La Tabla 1 muestra los métodos que se utilizaron para cada una de las pruebas que se realizaron en la caracterización.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Métodos para la caracterización del agua residual.

Análisis	Unidad	Método de prueba
DQO_T y DQO_S	g/L	Método colorimétrico 5220 D Standard Methods
Sólidos Totales y Sólidos Totales Volátiles	g/L	NMX-AA-034-SCFI-2001
pH	-	Método potenciométrico 4500-H^+B de Standard Methods
Carbohidratos	g/L	Método de Antrona-Ácido Sulfúrico
Fósforo	g/L	Método colorimétrico (Técnica de Fiske-Subbarow)

Construcción del Sistema Híbrido

El tratamiento del agua residual se realizó por dos etapas, la primera etapa consistió en la hidrólisis en un reactor anaerobio (RAH) como se muestra en la Figura 1 y posteriormente un Humedal. El RAH está compuesto por un lecho fijo que consiste en un panel interno de fibras de nylon poliéster para favorecer la colonización de microorganismos, el volumen total del reactor es de 16 L con volumen útil de 11.2 L, operando bajo condiciones anaerobias con Tiempo de Residencia Hidráulica (TRH) de 24 horas, para evitar el lavado del inóculo debido al flujo de recirculación. De acuerdo a esto se estableció una capacidad de operación del 70 % del volumen total. Para inocular el RAH se utilizó la fracción liquida de residuos de frutas y verduras concentrado, agregando una tercera parte del volumen útil del reactor, Para colonizar el soporte, se operó en recirculación durante 20 días con 30 % de inoculo en base al volumen útil y el resto con agua, para con esto asegurar que las partículas sólidas se adhirieran a las fibras del panel permitiendo el crecimiento de los microorganismos.



Figura 1. Reactor Anaerobio Hidrolítico

La segunda etapa consiste en un tratamiento en humedales de flujo subsuperficial con alimentación en vertical, en celdas de plástico rectangulares con las siguientes características: 45 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de altura, con un volumen total de 30 L. Se utilizaron 9 celdas para el tratamiento, cada celda contenía un material de soporte (tezontle rojo) de superficie porosa y baja densidad. El sistema se muestra en la Figura 2. Se utilizaron 3 especies vegetales sembradas a 5 cm de profundidad, se colocaron 3 especies en cada celda.

 ISSN 2007-8102



Figura 2. Sistema de humedales.

El sembrado de la vegetación se realizó a 5 cm de profundidad desde la superficie, y el número de ejemplares se estableció como se muestra en la Tabla 2, así como el tipo de soporte utilizado para cada celda.

Tabla 2. Distribución de especies vegetales

Celda	Soporte	Especie	Ejemplares por especie
1	Tezontle	*Canna hybrids*	1
2	Tezontle	*Canna hybrids*	3
3	Tezontle + Polietileno	*Canna hybrids*	3
4	Tezontle	*Alpinia*	1
5	Tezontle	*Alpinia*	3
6	Tezontle + Polietileno	*Alpinia*	3
7	Tezontle	*Spathiphyllum*	1
8	Tezontle	*Spathiphyllum*	3
9	Tezontle + Polietileno	*Spathiphyllum*	3

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica del agua residual del ingenio azucarero

Se realizó la caracterización del agua residual del ingenio el cual fue el sustrato con el que se alimentó el RAH y el efluente de este se alimentó al humedal construido. Los datos obtenidos de la caracterización inicial se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica del agua residual

Parámetro	Resultados	Unidades
DQO_T	20.092	g/L
DQO_S	11.2	g/L
STV	8.55	g/L
ST	9.01	g/L
pH	5.39	-
Carbohidratos	81	g/L
Fósforo	14.96	mg/L

 ISSN 2007-8102

Monitoreo del Sistema Híbrido

Se trabajó con una concentración de 15 g DQO/L, alcanzando una Carga Volumétrica Aplicada (Cva) de 11.20 g DQO_T/L*d. El monitoreo se realizó durante 31 días. De acuerdo a la Figura 3 durante los 31 días de monitoreo el sistema comenzó con variaciones los primeros 17 días de operación iniciando con una remoción del 55 %, a partir del día 21 el reactor se estabilizó manteniendo una remoción del 60 %, y a partir del día 26 aumentó la remoción alcanzando un 64 %, obteniendo como efluente de salida una carga orgánica de 6 g DQO/L.

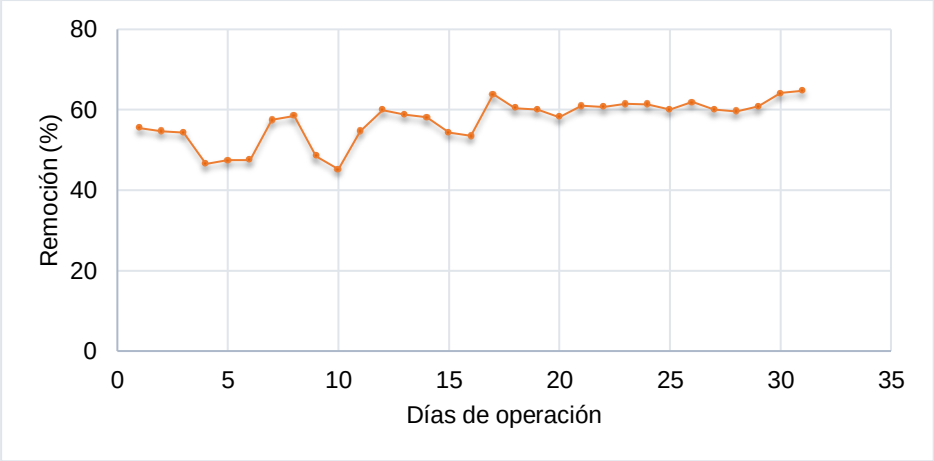


Figura 3. Porcentaje de remoción Reactor Anaerobio Hidrolítico

El tratamiento en el humedal inició con un periodo de adaptación de las especies vegetales, con una alimentación de agua natural por 30 días, posteriormente se utilizó el efluente del reactor anaerobio, realizando una dilución para alimentar el sistema con una concentración de 1 g DQO/L. El Tiempo de Residencia Hidráulica (TRH) fue de 3 días. Como se muestra en la Figura 4, la remoción inicial de la DQO fue del 40 % y a partir del día 12 se observa un incremento alcanzándose una remoción final del 78 %, obteniendo una concentración final de 0.212 g DQO/L. Por otro lado, se descarta la presencia de huevos de Helminto y para *Salmonella spp*. y coliformes fecales (CF) se obtuvieron valores de $2.40x10^9$ y $2.40x10^{11}$ NMP/g ST respectivamente. Los resultados obtenidos para la remoción de materia orgánica evaluando los mono y policultivos de los humedales artificiales se muestra en la Figura 4.

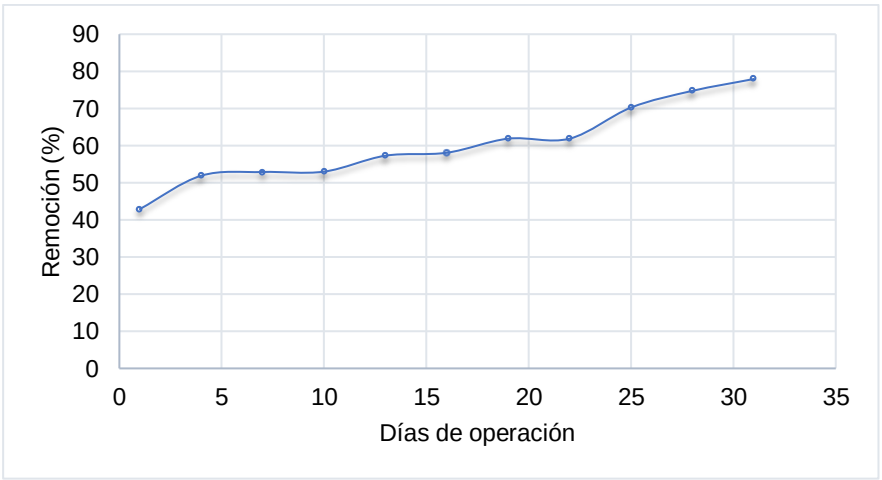


Figura 4. Porcentaje de remoción Humedal

 ISSN 2007-8102

De los tres tipos de especies ocupadas la mejor fue la *Canna Hybrids* debido a que tuvo las mejores remociones alcanzando casi el 51 % con una sola especie y con tres especies sembradas en la celda removió el 50 % en promedio, estos resultados se obtuvieron en las celdas con el soporte de tezontle. De acuerdo a la Figura 5, las tres especies obtuvieron bajas remociones cuando de utilizó el soporte combinado. Por lo tanto, encontramos que el tezontle utilizado como soporte para el humedal, es mejor en comparación a la mezcla tezontle-polietileno debido a que existen menores zonas muertas y sin soporte gracias al tamaño de partícula y mayor capacidad de compactación.

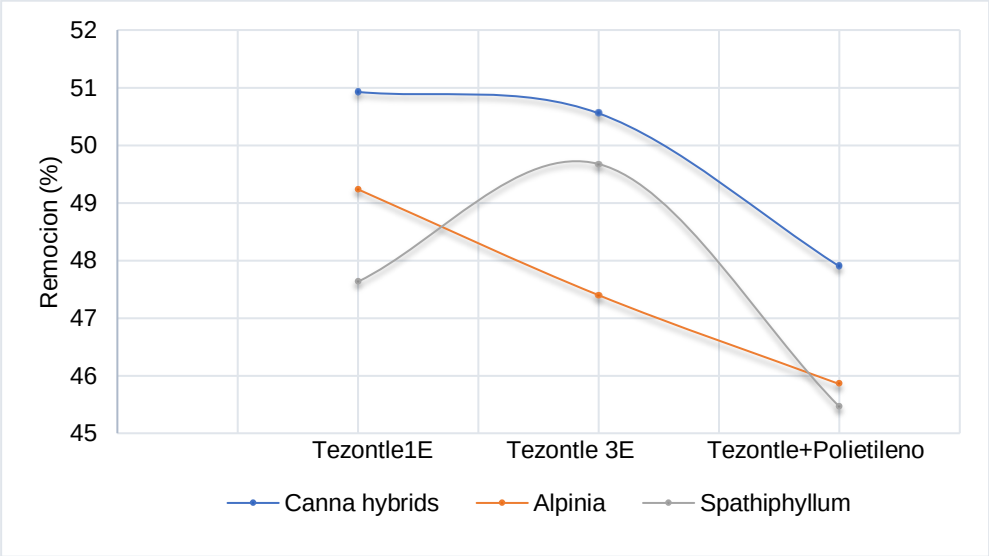


Figura 5. Remoción en tipos de soporte.

Trabajo a futuro

En base a los resultados obtenidos del presente estudio se pretende realizar un escalamiento del sistema para evaluar diferentes alternativas de configuración para el sistema de tratamiento y con base a esto, reducir la cantidad de celdas para adaptar un humedal artificial, donde, se podría evaluar una especie nativa de humedales utilizando como soporte algún residuo como botellas de PET. Para esto, es conveniente realizar un estudio cinético ajustando los parámetros convenientes, aumentando el contenido de material orgánico y la relación de sustrato-biomasa para conocer el comportamiento posible del RAH y la alimentación del humedal con altas cargas orgánicas aumentado la concentración hasta 8g DQO/L para verificar el comportamiento y la adaptación de las especies vegetales al sobrepasar el doble de la carga reportada en bibliografía [Pelissari y col., 2017].

Conclusiones

Los tratamientos biológicos son una buena opción para el tratamiento de aguas residuales de la industria azucarera. El sistema compuesto por el reactor anaerobio en conjunto con los humedales logra remover hasta el 80 % de la materia orgánica presente en el agua residual, teniéndose además como ventaja el crecimiento de las plantas que aprovechan los nutrientes que las aguas residuales proveen.

El tipo de soporte utilizado tanto en los reactores como en los humedales es importante que sea de material poroso para que la adhesión de las comunidades bacterianas favorezca el proceso de degradación y para que la materia orgánica sea retenida y sirva como medio filtrante.

De las especies utilizadas la mejor fue *Canna Hybrids* la cual tuvo las mejores remociones utilizando el tezontle como soporte.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Tecnológico Nacional de México por el apoyo financiero al proyecto 5531. 19-P y a la beca otorgada por el CONACYT para estudios de Maestría con No. 886293

Referencias

1. Hernández, M. (2016). Humedales ornamentales con participación comunitaria para el saneamiento de aguas municipales en México. RINDERESU, **1**(2): 01-12
2. Almeida, A., Nafarrate Rivera, E., Alvarado, A., y Cervantes Ovalle, A. (2011). Expresión genética en la digestión anaerobia: un paso adelante en la comprensión de las interacciones tróficas de esta biotecnología. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. **3**(6):14-34.
3. Díaz-Acero C. A. (2014). Tratamiento de agua residual a través de humedales. V Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja.
4. Pelissari, C., Ávila, C., Trein, C. M., García, J., de Armas, R. D., y Sezerino, P. H. (2017). Nitrogen transforming bacteria within a full-scale partially saturated vertical subsurface flow constructed wetland treating urban wastewater. Science of The Total Environment, **574**, 390-399.
5. Sahu, O., Rao, D. G., Gopal, R., Tiwari, A., y Pal, D. (2017). Treatment of wastewater from sugarcane process industry by electrochemical and chemical process: Aluminum (metal and salt). Journal of Water Process Engineering, **17**:50-62.
6. Sandoval, L., Marín-Muñiz, J., Zamora-Castro, S., Sandoval-Salas, F., y Alvarado-Lassman, A. (2019). Evaluation of Wastewater Treatment by Microcosms of Vertical Subsurface Wetlands in Partially Saturated Conditions Planted with Ornamental Plants and Filled with Mineral and Plastic Substrates. International Journal Enviromental Research and Public Health, **16**(2):1-15.
7. Wu, H., Zhang, J., Ngo, H. H., Guo, W., Hu, Z., Liang, S., Fan, J. y Liu, H. (2015). A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: design and operation. Bioresource Technol, **175**:594-601.

Estudio hidrodinámico de diferentes configuraciones en la sección inferior de un Reactor Anaerobio Híbrido

*A. Cruz-Ramos[1], J. Ramírez-Muñoz[2], N. A. Vallejo-Cantú[1], J.M. Méndez-Contreras[1], A. Alvarado-Lassman[1]**
[1]Division de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
[2]Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, CDMX, México.
**lassman@prodigy.net.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el presente trabajo se evaluaron los aspectos hidrodinámicos de velocidad descencional y expansión del Lecho en un Reactor Anaerobio Híbrido (RAH) usando como medio de soporte Extendosphere™ limpio y colonizado. Se determinó la expansión del lecho dentro del reactor a diferentes velocidades y con tres configuraciones diferentes denominadas: cono invertido, cono invertido con placa y placa con orificios en la sección inferior del mismo. Los resultados indican que empleando un 30 % de soporte colonizado, la configuración del diseño de placa con orificios colocada al 85 % de la expansión del lecho es la que mayormente retiene soporte colonizado en el lecho, mejorando así la velocidad descencional y expansión del mismo a diferencia de los otros dos diseños propuestos.

***Palabras clave**: Fluidización, Semifluidización, Reactor Anaerobio Híbrido*

Abstract

In the present work, the hydrodynamic aspects of the descending velocity and bed expansion in a Hybrid Anaerobic Reactor (RAH) were evaluated using Extendosphere™ clean and colonized as a support medium. The expansion of the bed within the reactor at different speeds and with three different configurations in the lower section (inverted cone, inverted cone with plate and perforated plate) was determined. The results indicate that using 30% of colonized support, the configuration of the perforated plate design placed at 85% of the maximum bed expansion is the one retains the colonized support more efficiently, thus improving the descending velocity and bed expansion compared with the other two proposed designs.

***Key words**: Fluidization, Semifluidization, Anaerobic Hybrid Reactor*

Introducción

Los tratamientos biológicos aerobios y anaerobios constituyen dos grandes alternativas para la depuración de aguas residuales y residuos orgánicos biodegradables. Sin embargo, el tratamiento anaerobio resulta mucho más favorable económicamente por el hecho de no requerir aireación, y por la generación de biogás (metano y dióxido de carbono), que se puede utilizar como energía alternativa. Sin embargo, uno de los mayores problemas en los procesos anaerobios de tratamiento de aguas residuales es la pérdida de biomasa en sistemas con alta carga hidráulica. En relación con esto, muchos de los sistemas anaerobios empleados involucran sistemas de biomasa fija. La biopelícula proporciona interesantes ventajas tales como: ofrecer una mayor superficie de contacto entre la materia orgánica y la biomasa, además de la fácil separación del agua tratada de la biomasa y de un diseño de sistema compacto [Alvarado-Lassman y col., 2010, Thaiyalnayaki y Sowmeyan 2012]. Los reactores anaerobios fluidizados que se han diseñado hasta ahora utilizan como soporte ya sea materiales más densos que el agua (Reactor de Lecho Fludizado) o menos densos que el agua (Reactor Anaerobio de Lecho Fluidizado Inverso, LFI). Estos últimos se han utilizado para el tratamiento anaerobio de efluentes industriales [Alvarado y col., 2010, Abdurahman y col., 2013]. El LFI utiliza como soporte pequeñas partículas con una densidad específica menor que la del agua que flotan y son expandidas hacia abajo por el influente [Sowmeyan y Swaminathan 2008].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

La selección de un material adecuado de soporte debe considerar varios aspectos, además de los relacionados con la fluidización. Estos aspectos comprenden las propiedades físicas y químicas del medio, además de su costo. Las características físicas que deben considerarse son tamaño, forma, densidad de partícula, dureza, rugosidad y área superficial. La fluidización inversa tiene ventajas adicionales comparadas con la fluidización convencional, entre ellas, permite la recuperación de sólidos en el fondo. Sin embargo, durante el crecimiento de la biopelícula, el diámetro efectivo del soporte se incrementa, esto modifica el espaciamiento entre partículas y la interacción hidrodinámica entre ellas [Ramírez-Muñoz, 2007], y por consiguiente el mezclado en el interior del reactor. Adicionalmente, la producción de biogás también contribuye a la expansión del lecho, fenómeno llamado pseudofluidización [Amaiz y col., 2005], lo cual a su vez afecta también la distancia entre partículas. Por lo cual, las condiciones hidrodinámicas óptimas, determinadas inicialmente con el soporte sin colonizar deberían variar a medida que crece la biopelícula y se produce biogás, lo cual no ha sido estudiado a la fecha en reactores LFI porque implicaría realizar pruebas invasivas al sistema que podrían afectar la estabilidad de la biomasa adherida al soporte.

Por lo anterior, el objetivo de este proyecto es la construcción y estudio hidrodinámico de tres configuraciones de la sección inferior del Reactor de Lecho Fluidizado Inverso para lograr mayor estabilidad que en el sistema de lecho fluidizado, esto en base al lecho expandido y desprendimiento y pérdida de biopelícula del mismo.

Metodología

Diseño y construcción de un Reactor Anaerobio Híbrido

El RAH fue diseñado a escala laboratorio constituido por dos secciones, en la parte superior un Lecho Fijo (LF) y en la parte inferior un Reactor de Lecho Fluidizado Inverso (RLFI) como se muestra el diagrama esquemático y fotografía del reactor en la Figura 1**.** Esta configuración permite retener una mayor cantidad de sólidos en el LF, así como generar una biopelícula resistente en las dos secciones. El lecho fijo está diseñado a partir de un tubo de acrílico con longitud de 23 cm y diámetro nominal de 3 in y como medio de soporte 330 anillos poliméricos con longitud promedio de 2.75 cm. El lecho fluidizado inverso fue construido con un tubo de acrílico de 80 cm de longitud y diámetro nominal de 3.5 in. Para la operación del reactor se utilizaron 2 bombas peristálticas de velocidad variable (Masterflex Cole-Parmer™), una para la alimentación del influente y otra para la recirculación.

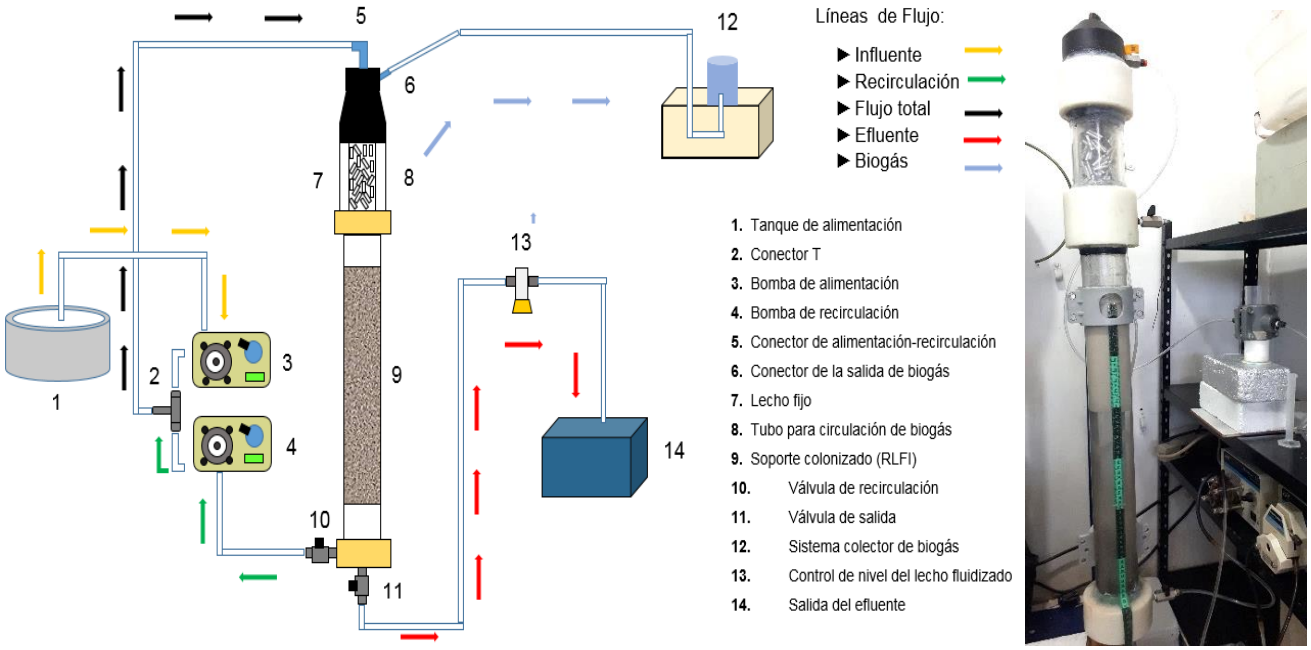


Figura 1. Diagrama esquemático y fotografía del Reactor Anaerobio Híbrido

 ISSN 2007-8102

Diseño y construcción de tres configuraciones para la sección inferior del reactor

Se diseñaron 3 configuraciones diferentes denominadas: Cono invertido, cono invertido con placa y placa perforada los cuales se ilustran en la Figura 2, para ser colocadas en la sección inferior del RAH empleando la paquetería de diseño SolidWorks 2017, considerando para ello un diámetro interno del reactor de 8.2 cm.

Las tres configuraciones diseñadas fueron exportadas al programa Z-SUIT el cual permitió convertir los diseños a modelos de impresión 3D, permitiendo así realizar ajustes de impresión además de conocer los tiempos requeridos de impresión y material necesario para la construcción de cada pieza.

Posteriormente fueron fabricadas en una impresora 3D Modelo Zortrax M200®, empleando como material de construcción Z-ULTRAT, el cual consiste en un filamento duradero compuesto de plástico ABS y policarbonato.



a) Diseño cono invertido b) Diseño cono invertido con placa c) Diseño placa con orificios

Figura 2. Diseño de las configuraciones impresas.

Pruebas hidrodinámicas

Luego de ser instaladas las mangueras, válvulas y bombas en el reactor, fue importante verificar que no existieran fugas en ninguna de las conexiones, para poder realizar las pruebas hidrodinámicas con soporte sin colonizar. Como medio de soporte se empleó Extendosphere™, el cual consiste en pequeñas partículas de sílice con una burbuja de aire en el interior. Tiene una densidad de 0.69 g/mL y un diámetro promedio de partícula de 169 µm [Alvarado-Lassman, 2008], con una superficie específica muy grande de 20,000 m^2/m^3. Este soporte fue seleccionado porque tiene una densidad inferior al agua y su forma esférica permite una expansión más homogénea del lecho.

Para la realización de la prueba hidrodinámica se introdujo al reactor 1056 cm^3 de Extendosphere limpio, equivalente a 30 % del volumen útil. Una vez que el lecho alcanzó su mayor compactación aproximadamente después de 1 h de reposo, se procedió a realizar las pruebas hidrodinámicas a diferentes flujos de agua a través del mismo, de menor a mayor como se muestra en la Tabla 1. Para asegurar la máxima expansión del lecho se mantuvo en flujo constante con cada variación de velocidad durante 20 minutos.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Flujos utilizados en las pruebas hidrodinámicas

Prueba	Flujo (mL/min)
1	6
2	35
3	66
4	95
5	137
6	176
7	210
8	249
9	287

Determinación de expansión con soporte colonizado

Se hizo pasar agua a través de 1056 cm^3 (30 % inicial del lecho) de Extendosphere colonizado, las tres configuraciones fueron situadas a 55 cm (85 % de expansión de lecho) esto con el fin de utilizar todo el volumen útil posible. Una vez que el lecho alcanzó su mayor compactación aproximadamente después de 3 h de reposo, se hizo pasar un flujo de agua a diferentes velocidades través del mismo, de menor a mayor. Con cada variación de velocidad en el flujo se dejó que el lecho se expandiera por 20 minutos para lograr la expansión máxima del lecho. El soporte colonizado, se obtuvo de un Reactor Anaerobio de Lecho Fluidizado ubicado en la Planta Piloto de Tratamiento y Aprovechamiento de Residuos Sólidos del Instituto Tecnológico de Orizaba. Para la producción de biogás se alimentó diariamente un sustrato líquido de frutas y verduras a una CVa de 5 gDQO/L d.

Resultados y discusión

Pruebas hidrodinámicas con soporte limpio

Como se mencionó previamente fue utilizado Extendosphere como medio de soporte. Teniendo en cuenta la velocidad descensional y la expansión del lecho, una cantidad de soporte igual al 30 % del volumen de trabajo del reactor, parece ser el adecuado para obtener el mejor contacto entre los microorganismos y el sustrato.

Los flujos utilizados en las pruebas fueron convertidos a velocidades empleando el área transversal del reactor, para poder expresar gráficamente el porcentaje de expansión que alcanza el soporte empleando diferentes velocidades.

Al realizar la expansión del soporte limpio sin ninguna de las configuraciones diseñada, se observó que a una velocidad de 2 m/h de líquido, el soporte alcanza una expansión cercana al 90 % con lo que al momento de operar el RLFI podría representar la salida del soporte del reactor afectando drásticamente el rendimiento del mismo. Al incorporar las diferentes configuraciones propuestas, propician un comportamiento de lecho semifluidizado a una altura de 55 cm (85 % de expansión), tal y como se observa en la Figura 3 donde se gráfica la expansión que alcanza el lecho a las diferentes velocidades utilizadas en cada prueba, según el diseño empleado.

Se puede apreciar que el porcentaje de expansión del lecho fluidizado sin presencia de ninguna placa es mayor que en los demás casos, esto resulta lógico ya que no existe ninguna barrera física que restringa el flujo dentro del lecho.

 ISSN 2007-8102

Se observó que el diseño de la placa con orificios fue la configuración que mayormente retuvo el soporte dentro de la zona del lecho fluidizado, aun cuando se aumentó la velocidad descencional hasta 4 m/h.
Esto resultó favorable ya que se formó un lecho semifluidizado y el flujo dentro del reactor permaneció constante sin taponamientos.

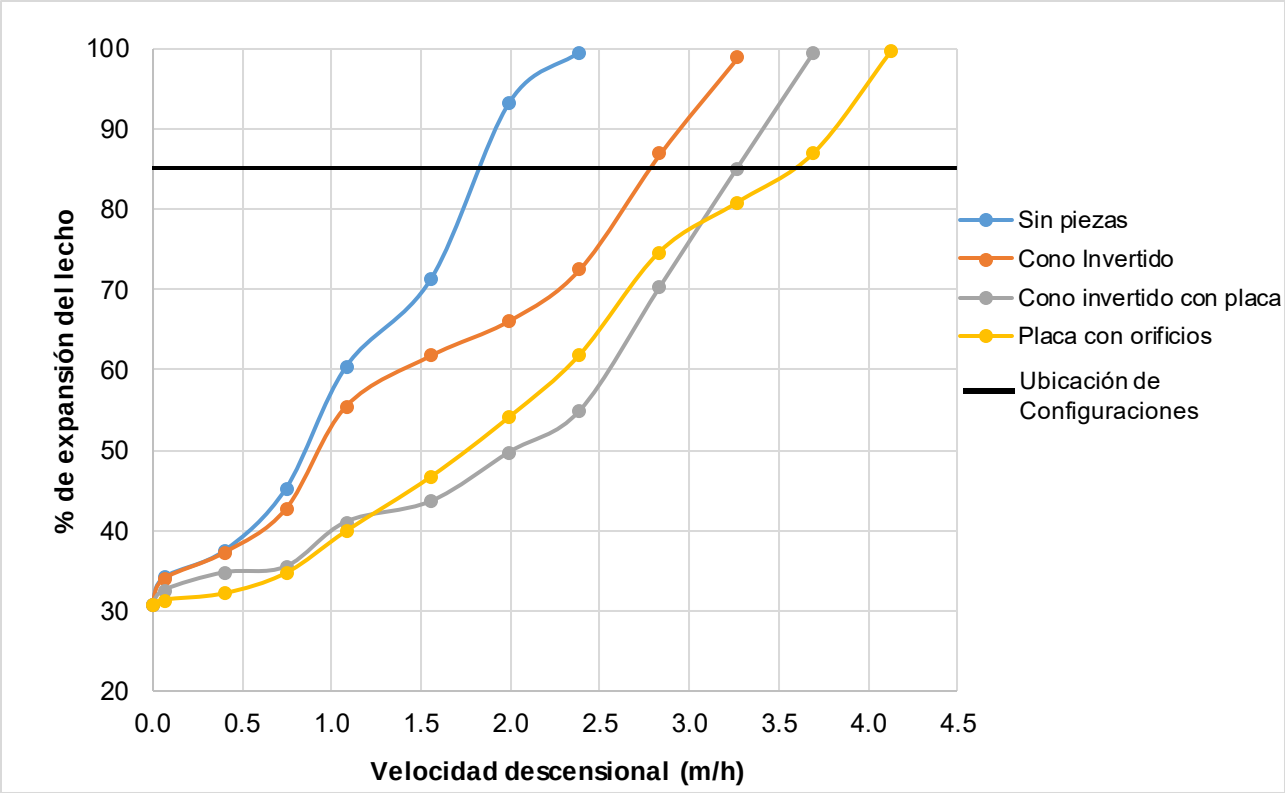


Figura 3. Resultados de pruebas de fluidización con soporte limpio y las tres configuraciones

Las tres configuraciones lograron disminuir la expansión del lecho restringiendo el flujo parcialmente, de igual forma retuvieron parte del soporte, teniendo que la configuración del cono invertido sin placa no logró retenerlo del todo, por lo que este empezó a abandonar el RLSFI. En esta investigación empleando velocidades de líquido mayores a 3.5 m/h, el soporte aún es retenido dentro del reactor salvo al usar el diseño de cono invertido sin placa, lo cual comprueba la importancia de la velocidad descensional del flujo para controlar la expansión del soporte dentro del reactor.

Pruebas hidrodinámicas con soporte colonizado

El proceso de acumulación de biomasa provoca importantes cambios en las partículas fluidizadas, ya que al aumentar el tamaño de las mismas cambia también su densidad específica y sus características hidrodinámicas por lo que éstas se fluidizan mucho más fácilmente. De igual forma que con el soporte limpio cada uno de los diseños propuestos fueron colocados hasta un 85 % del lecho fluidizado, esto con el fin de utilizar el máximo espacio posible en la fluidización.

 ISSN 2007-8102

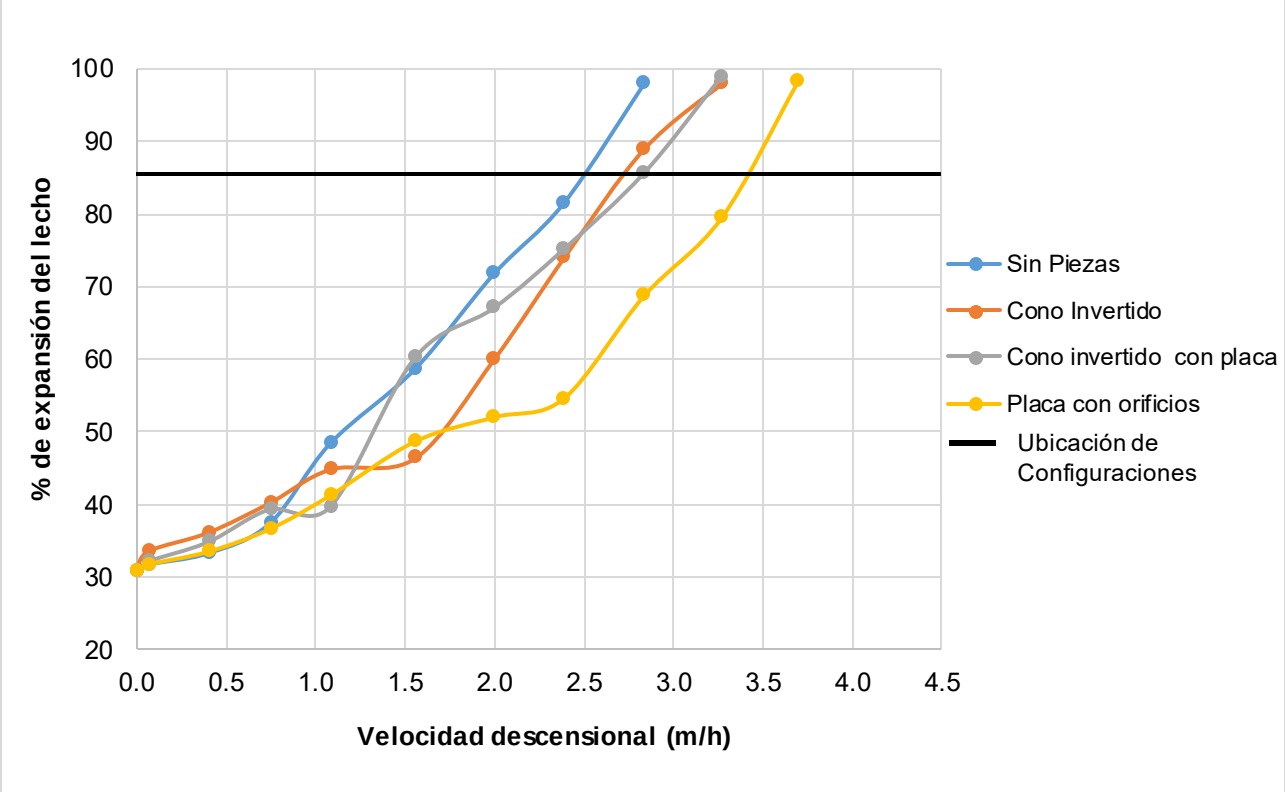


Figura 4. Resultados de pruebas de fluidización con soporte colonizado y las tres configuraciones

Tal y como se observa en la Figura 4, en la cual se gráfica la expansión que alcanza el lecho a las diferentes velocidades utilizadas en cada prueba, según el diseño colocado en la sección inferior del reactor, el soporte colonizado alcanza el 100 % de la expansión del lecho a velocidades menores en comparación con el soporte limpio. Los diseños de cono invertido con placa y placa con orificios son capaces de retener el soporte dentro de la zona del lecho fluidizado por encima de velocidades descensionales mayores a 3 m/h, cumpliendo su función de lograr un lecho semifluidizado y a su vez evitar la salida del soporte del reactor en su operación cotidiana como se observa en la Figura 5 empleando el diseño de la placa con orificios.



Figura 5. Diseño de placa con orificios reteniendo soporte colonizado

Mientras que el diseño de cono sin placa, no retiene considerable cantidad de soporte, pues este es arrastrado a la salida del reactor en velocidad de 2.3 m/h.

Con este estudio realizado se observa que la velocidad de líquido es un factor preponderante en la expansión de los lechos fluidizados aun por encima del porcentaje empleado de soporte dentro del reactor. Como se puede ver, al utilizar velocidades de líquido mayores a 2.5 m/h el soporte tiende a abandonar el reactor salvo al usar las tres configuraciones propuestas para su retención, lo cual comprueba la importancia de la velocidad descensional del flujo para controlar la expansión del soporte dentro del reactor mediante el empleo de configuraciones en la sección inferior del mismo.

Trabajo a futuro

Se debe continuar monitoreando el RAH a medida que el soporte aumenta su colonización así como la cantidad de biogás producido se incrementa y como éstos influyen en la expansión del lecho.

También es deseable poder monitorear el comportamiento de las piezas propuestas, para ello se debe analizar junto con el desempeño del RLSFI para cerciorarse de que con el transcurso de la operación continua no existan pérdidas de soporte.

Por otra parte se podría realizar una simulación de las pruebas de expansión en el cual pudiese emplearse una regresión lineal para el ajuste de los datos experimentales.

Conclusiones

Los Reactores de Lecho Fluidizado Inverso (RLFI) ofrecen grandes ventajas en el tratamiento de aguas residuales pero a su vez exigen un control estricto de la expansión del soporte empleado, ya que existe el riesgo de que este sea arrastrado a la salida del reactor perdiendo material bacteriano y disminuyendo su eficiencia. Emplear configuraciones en la sección inferior del mismo propicia tener un lecho semifluidizado así como ayudar a detener el soporte dentro del reactor aun cuando el flujo se eleve. El soporte a medida que aumenta su colonización bacteriana cambia su tamaño y densidad cambiando sus características hidrodinámicas lo que vuelve un proceso dinámico y cambiante la fluidización en los RLFI. Se debe analizar bien la configuración a emplear para que sea capaz de retener efectivamente el soporte. De los tres diseños analizados el diseño de placa con orificios es una buena opción, ya que es capaz de retener el soporte dentro del lecho fluidizado y mejorar la fluidización a una velocidad mayor que los demás diseños.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a la Secretaría de Energía por el apoyo otorgado al proyecto de Sustentabilidad Energética No. 244650 y a la beca otorgada por el CONACYT para estudios de Maestría con número 632287

Referencias

1. Abdurahman, N., Rosli, Y. M., y Azhari, N. (2013). The Performance Evaluation of Anaerobic Methods for Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment: A Review. En *International Perspectives on Water Quality Management and Pollutant Control* (págs. 87-106). INTECH.
2. Alvarado Lassman, A., Rustrian, E., García Alvarado, M. A., Rodriguez Jimenez, G. C., y Houbron, E. (2008). Brewery wastewater treatment using anaerobic inverse fluidized bed reactors. *Bioresource technology,* **99**(8), 3009-3015.
3. Alvarado Lassman, A., Sandoval Ramos, A., Flores Altamirano, M. G., Vallejo Cantú, N. A., y Méndez Contreras, J. M. (2010). Strategies for the Startup of Methanogenic Inverse Fluidized-Bed Reactors Using Colonized Particles. *Water Environment Research,* **82(**5), 387-391.

4. Arnaiz, C., Elmaleh, S., Lebrato, J., & Moletta, R. (2005). Start- up of an anaerobic inverse turbulent bed reactor fed with wine distillery wastewater using pre-colonised bioparticles. *Water Science and Technology,* **5**(1), 153–158.
5. Ramírez-Muñoz, J. (2007). Interacción hidrodinámica de un cuerpo esférico con la estela laminar de otro en un fluido newtoniano con flujo uniforme. Tesis Doctoral. CDMX. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
6. Sowmeyan, R., y Swaminathan, G. (2008). Evaluation of inverse anaerobic fluidized bed reactor for treating high strength organic wastewater. *Bioresource Technology,* **99**(8), 3877-3880.
7. Thaiyalnayak, D., y Sowmeyan, R. (2012). Effect of Carrier Materials in Inverse Anaerobic Fluidized Bed Reactor for Treating High Strength Organic Waste Water. *Environment Analytic Toxicol,* **2**(3), 1-5.

Digestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos: Efecto del tamaño de partícula y biodegradabilidad

A. Velasco Pérez[1], J. G. Vian Pérez[2], S. E. Vigueras Carmona[3], J. Vicente Martínez[1], T. García Herrera[1]*

[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México
[2]Posgrado en Ingeniería de Procesos, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Ciudad de México, México
[3]División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México
**alvelasco@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se analizó el efecto del tamaño de partícula, así como su interacción con la proporción de las fracciones de lenta y rápida biodegradabilidad sobre la velocidad del proceso de digestión anaerobia de residuos de frutas y verduras. Para lo anterior, se utilizaron muestras de residuos frescos y digestatos provenientes de un reactor anaerobio de flujo ascendente empacado con lecho de lodos (5, 10 y 15 días de digestión), a distintos tamaños de partícula (< 1.8, 1.8 – 500, 500 – 1000 y > 1000 µm). Las distintas muestras se sometieron a digestión anaerobia en sistemas batch, determinando la velocidad de producción de metano y la biodegradabilidad para cada condición. Se observó que la biodegradabilidad de los residuos cambia con el tiempo de digestión y que existe un efecto significativo del tamaño de partícula y la proporción de las fracciones de distinta biodegradabilidad sobre la velocidad de degradación de los residuos.

***Palabras clave**: Digestión anaerobia, Residuos sólidos orgánicos, Biodegradabilidad, tamaño de partícula.*

Abstract

The objective of this work was to analyze the effect of particle size, as well as its interaction with the proportion of slow and rapid biodegradability fractions on the rate of the anaerobic digestion of fruit and vegetable waste. The samples used were fresh residues and digestates from an anaerobic up flow packed reactor (5, 10 and 15 days of digestion), at different particle size (< 1.8, 1.8 – 500, 500 – 1000 y > 1000 µm). The 16 different samples were subjected to anaerobic digestion in batch systems, determining the rate of methane production and the biodegradability for each condition. It was observed that the biodegradability changes with the digestion time and that there is a significant effect of the particle size and the proportion of the fractions of different biodegradability on the degradation rate of the fruit and vegetable waste.

***Key words**: Anaerobic digestion, biodegradability, particle size.*

Introducción

La deficiente disposición de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos ocasiona problemas como la generación de gases de efecto invernadero y la proliferación de vectores de enfermedades. Una alternativa interesante para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos orgánicos (RSUO) es el proceso de digestión anaerobia, cuyo producto final es un biogás con elevado contenido de metano (> 65 %) el cual pude ser empleado para la cogeneración de energía en forma de calor o electricidad [Montalvo y Guerrero, 2003].

De los RSUO, los residuos de frutas y verduras (RFV) son un excelente sustrato para el proceso de digestión anaerobia por su elevado contenido de humedad (> 80 %), y contenido de materia orgánica (sólidos volátiles > 95 % de los sólidos totales) de la cual, el 75 % corresponde a azucares y hemicelulosa, 9% celulosa y 5 %

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

lignina [Edwiges y col., 2018]. Además, la relación entre la demanda química de oxígeno y el contenido de nitrógeno DQO/N es de 100/4, por lo cual, no es necesaria la adición de algún cosustrato.

Debido al elevado contenido de azucares de fácil biodegradación (hemicelulosa y azúcares libres), se producen rápidamente ácidos grasos volátiles (AGV) como ácido acético, propiónico, butírico y valérico. Estos compuestos se acumulan cuando la población metanogénica no es suficiente para degradar el ácido acético que se ha generado. Lo anterior puede causar acidificación del medio de reacción (pH < 5), e inhibición de la producción de metano. Por lo tanto, se ha generalizado que la metanogénesis es la etapa limitante de la digestión anaerobia de RFV [Ji y col., 2017]. Para minimizar el efecto de la carga orgánica sobre la estabilidad del proceso se propone la separación física de las etapas acidogénica y metanogénica. De este modo, se logra incrementar la carga orgánica aplicada de 1.06 g $SV \cdot L^{-1} \cdot d^{-1}$ (en sistemas por lote de una etapa) hasta 6.8 g $SV \cdot L^{-1} \cdot d^{-1}$ (para sistemas de dos etapas) [Bouallagui y col., 2005]. Sin embargo, al ser dos unidades de reacción se incrementan los costos de operación.

Por otro lado, los RFV son complejas estructuras de carbohidratos, proteínas y lípidos. Si se tiene en cuenta que la superficie del residuo es cubierta por enzimas hidrolíticas extracelulares, se puede asumir que la velocidad de hidrólisis es proporcional a la superficie disponible para esas enzimas. Por lo anterior, el tamaño de las partículas afecta la velocidad de desintegración e hidrólisis [Hobson, 1987], siendo la etapa limitante del proceso anaerobio cuando los residuos se encuentran en forma particulada [Veeken y Hamelers, 1999]. En general para sustratos con mayor proporción de carbohidratos y proteínas, la velocidad de hidrólisis es inversamente proporcional al diámetro [Christ y col., 2000], sin embargo, al disminuir el tamaño de partícula surgen problemas de inhibición de la actividad metanogénica por acumulación de AGV [Izumi y col., 2010].

Por lo expuesto, la velocidad de degradación de RFV depende de diversos factores, entre los que destacan el tamaño de partícula y la proporción de fracciones de rápida y lenta biodegradabilidad. El comprender el efecto de ambos factores permitirá establecer acciones de control sobre la etapa de hidrólisis y con ello evitar fenómenos de inhibición por la aplicación de elevadas cargas a los sistemas. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del tamaño de partícula y su interacción con la proporción de las fracciones de distinta biodegradabilidad en los residuos sobre la velocidad de producción de metano.

Metodología

Sustratos

Se utilizaron por separado, residuos frescos de frutas y verduras recolectados de un local de coctelería ubicado en Ecatepec, Estado de México, y digestatos (obtenidos después de 5, 10 y 15 días de digestión) provenientes de un reactor anaerobio de flujo ascendente empacado con lecho de lodos (RAFAELL) que trata RFV [Vian, 2014]. Se realizó la separación de los RFV frescos, determinando la fracción en masa de cada tipo.
Posteriormente, las muestras se cortaron manualmente para reducir el tamaño de partícula manualmente a 1 cm^3. Se realizó la caracterización fisicoquímica de las muestras determinando pH (NMX-AA-008-SCFI-2016), conductividad (NMX-AA-093-SCFI-2000), sólidos (NMX-AA-034-SCFI-2015), DQO (NMX-AA-030-SCFI-2001), proteínas (Folín - Fenol), carbohidratos (Fenol - Ácido sulfúrico), fósforo (NMX-AA-029-SCFI-2001), nitrógeno (NMX-AA-026-SCFI-2001) y grasas (NMX-AA-005-SCFI-2000).

Reducción del tamaño de partícula

Se analizó el efecto de 4 tamaños de partícula: > 1000 µm, > 500 µm, > 1.8 µm y < 1.8 µm, para cada uno de los 4 sustratos (RFV frescos y digestatos de 5, 10 y 15 días). Una vez obtenidas las muestras de RFV y digestatos, se trituraron 200 g de muestra con 200 mL de agua destilada en una licuadora. Para separar las partículas mayores a 1000 µm, la mezcla triturada se pasó a través de un tamiz de 1 mm de apertura, la masa retenida fue lavada con agua destilada para eliminar las partículas menores a 1000 µm. Las partículas menores a 1000 µm se pasaron por un tamiz con una apertura de 500 µm, la masa retenida por este fue lavada con agua destilada, obteniendo el segundo tamaño de partícula, mayor a 500 µm, pero menor a 1000 µm.

Los residuos que pasaron a través del tamiz con una apertura de 500 µm se centrifugaron por 15 minutos a 3500 rpm. El sobrenadante que se obtuvo se pasó a través de un filtro de microfibra de vidrio (GF/A) para asegurar que las partículas tuvieran un tamaño menor a 1.8 µm, siendo este el tercer tamaño de partícula. El

sedimento obtenido se sometió a lavados con 270 mL de agua destilada, obteniendo al cuarto tamaño de partícula, menor a 500 µm, pero mayor a 1.8 µm.

Activación del inóculo

El inóculo fue obtenido de un reactor anaerobio de flujo ascendente alimentado con lixiviados de RFV con una carga orgánica de 3 g DQO. $L^{-1}.d^{-1}$. La activación del inóculo consistió en alimentar sucesivamente el lodo con medio RAMM (por sus acrónimos en inglés Revised Anaerobic Mineral Medium) hasta que se logró una actividad metanogénica específica (AME) de 0.6 g $DQO_{CH4}.g^{-1}$ SSV.d^{-1}.

La AME se determinó en reactores de 120 mL. Para estimar el contenido de biomasa en el lodo se determinó la concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) mediante la técnica gravimétrica. Se inoculó lodo (2.5 g SSV.L^{-1}) a 80 mL de medio RAMM con acetato de sodio trihidratado como fuente de carbono a una concentración de 4 g DQO.L^{-1}. El ensayo se llevó a cabo durante 7 días [Field y col., 1986]. El metano generado se cuantificó diariamente midiendo el volumen desplazado de una solución de KOH 1.5 %, contenida en un tubo tipo Mariotte. La velocidad de producción de metano se determinó al obtener la pendiente de la curva de producción acumulada de metano contra el tiempo. La AME se calculó mediante el cociente entre la velocidad de producción de metano y la cantidad de biomasa celular presente en los ensayos.

Ensayos de biodegradabilidad anaerobia

Una vez obtenidas las muestras de los 4 tamaños de partícula (> 1000 µm, > 500 µm, > 1.8 µm y < 1.8 µm) de los RFV frescos y de los tres digestatos, se procedió a determinar la biodegradabilidad anaerobia [Field y col., 1986]. El experimento consistió en preparar por duplicado reactores con 80 mL de medio RAMM sin fuente de carbono. A cada reactor se agregó una masa de RFV o digestato de un determinado tamaño de partícula para tener una concentración de 4 g DQO.L^{-1}. Además, se agregó a cada reactor 0.5 g de bicarbonato de sodio por cada gramo de DQO. Todos los reactores se inocularon con lodo anaerobio previamente activado (0.6 g $DQO_{CH4}.g^{-1}$ SSV.d^{-1}) para obtener una concentración de 2.5 g SSV.L^{-1}. También se preparó un testigo sin inóculo para conocer la actividad de los microorganismos presentes en el sustrato.

Los reactores se cerraron herméticamente, se colocaron en una incubadora a 35 °C durante 7 días y diariamente se midió el volumen de metano producido utilizando un tubo tipo Mariotte. Con los datos obtenidos se determinó la velocidad de producción de metano R. Al inicio y al final de todos los ensayos se determina la concentración de DQO soluble y AGV (método por titulación). El balance de DQO para determinar el porcentaje de biodegradabilidad se puede consultar en el trabajo de Field y col., [1986].

Para analizar el efecto de los tamaños de partícula sobre la velocidad de producción de metano y sobre la biodegradabilidad anaerobia de RFV y digestatos se realizaron análisis de varianza. Cuando se encontró desigualdad de medias se procedió a realizar la prueba de igualdad de pares de medias de Tukey para identificar aquellas que fueran estadísticamente iguales. Las pruebas se llevaron a cabo con un nivel de significancia (α) de 0.05. El análisis estadístico se llevó a cabo en el software Minitab.

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica de los sustratos

La composición de los residuos que se utilizaron para evaluar la biodegradabilidad de RFV se muestra en la Tabla 1, esta información es importante para explicar la variabilidad de las características fisicoquímicas entre las dos muestras de RFV.

En la Tabla 2 se presenta la caracterización fisicoquímica de las dos muestras de RFV y de los tres digestatos anaerobios. Los valores de los parámetros están dentro del intervalo reportado por estudios previos para mezclas de RFV [Montes y col., 2019]. Se puede observar que las mezclas son residuos ricos en carbohidratos (43.5 y 47 %). La relación C: N: P es un parámetro utilizado para caracterizar el balance de nutrientes y generalmente se estima por la relación DQO: N: P. El valor óptimo es 350:5:1 cuando se realiza la digestión

anaerobia de residuos ricos en ácidos grasos y carbohidratos [Montalvo y Guerrero, 2003]. Para las muestras de RFV se tiene que la relación de nutrientes es balanceada ya que se aproxima al óptimo.

Tabla 1. Composición de las mezclas de residuos de frutas y verduras.

	Mezcla I	Mezcla II
Tipo de residuo	**Fracción**	**Fracción**
Betabel	0.06	0.04
Hojas de rábano	0.05	0.00
Jícama	0.28	0.03
Limón	0.02	0.00
Mango Melón	0.00	0.17
Naranja	0.00	0.08
Papaya	0.00	0.10
Pepino	0.38	0.21
Piña	0.06	0.04
Sandía	0.00	0.16
Zanahoria	0.16	0.18
Total	**1.00**	**1.00**

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de las mezclas de residuos de frutas y verduras y de los digestatos con distinto tiempo de digestión.

		Mezclas de RFV		Digestatos		
Parámetro	**Unidad**	I	**II**	**I (5 días)**	**II (10 días)**	**III (15 días)**
pH		5	6	5.1	7	7
Conductividad	$\mu S.cm^{-1}$	160.4	341.4	175	134	188.5
Humedad	%	91.5	89.4	91	88	91
Sólidos totales ST	$g.g^{-1}$ residuo	0.085	0.11	0.093	0.118	0.088
Sólidos fijos SF	$g.g^{-1}$ residuo	0.010	0.01	0.049	0.007	0.010
Sólidos volátiles SV	$g.g^{-1}$ residuo	0.074	0.10	0.088	0.111	0.078
DQO	$g.g^{-1}$ ST	0.813	0.890	1.18	1.15	0.83
DQO	$g.g^{-1}$ SV	0.713	0.830	1.12	1.08	0.74
Carbohidratos	$g.g^{-1}$ ST	0.435	0.627	0.231	0.520	0.280
Proteínas	$g.g^{-1}$ ST	0.149	0.137	0.094	0.190	0.130
Fósforo	$g.g^{-1}$ ST	3	6	2.91	9	3
Nitrógeno	$mg.g^{-1}$ ST	19	10	27	37	38
Grasas	$mg.g^{-1}$ ST	0.024	0.033	0.120	0.113	0.096
DQO:N:P		350:8.3:1.4	350:3.8:2.4	350:8:0.9	350:11.3:2.8	350:15.9:1.4

Por otro lado, la composición del digestato depende de la composición de los residuos digeridos, la fuente de inóculo y las condiciones operativas de la DA. En la Tabla 2, para los digestatos de 10 y 15 días de tiempo de retención de sólidos TRS, se puede notar un pH neutro, causado por la degradación de AGV y producción de NH_3 durante el proceso, así como por la adición de bicarbonatos para controlar el pH y la capacidad amortiguadora del RAFAELL. En el digestato de 5 días de TRS, se observa un pH ácido, vinculado con la digestión incompleta de los AGV y la materia orgánica presente en los RFV. Durante la DA, la DQO y los SV disminuyen a través de la conversión de los compuestos orgánicos de carbono hacia CH_4. El contenido de nitrógeno y fosforo están en el intervalo reportado para digestatos anaerobios [Monlau y col., 2015].

Activación del inóculo

Las condiciones experimentales bajo las cuales se realizan las pruebas de digestión anaerobia son importantes para generar datos susceptibles de ser comparados o utilizados para modelado del proceso anaerobio. La variabilidad de los valores de parámetros operacionales y cinéticos es consecuencia de la variedad de condiciones experimentales a las que se llevan los distintos estudios [Donoso y col., 2011]. Por lo anterior se evaluó el inóculo inicial para todos los reactores que se utilizaron en los ensayos, obteniendo un valor promedio de AME de 1.23 ± 0.36 g $DQO_{CH4}.g^{-1}$ $SSV.d^{-1}$. En total se utilizaron 44 ensayos, que corresponden al total de viales necesarios para las pruebas de biodegradabilidad, por duplicado, de las 4 muestras a los 4 tamaños de partícula y de los testigos. Al realizar el análisis de varianza, no se observó diferencia significativa en la AME

 ISSN 2007-8102

inicial para todos los ensayos, puesto que se cumplió que el valor de $F_{calculada}$ = 0.26 fue menor a $F_{crítica}$= 2.84 (significancia = 0.05, grados de libertad entre tratamientos = 3 y grados de libertad del error = 36). Este resultado es importante debido a que da certeza que los cambios observados entre cada ensayo solo son explicados por los cambios en las variables independientes y no por la calidad del inóculo en cada reactor.

Biodegradabilidad anaerobia de mezclas de RFV y digestatos a distintos tamaños de partícula

En la Figura 1 se presenta la biodegradabilidad anaerobia de los RFV a distinto tiempo de digestión. Cada punto representa el promedio de los 4 tamaños de partícula. Se puede observar que las fracciones más fácilmente biodegradables se consumen durante los primeros 5 días. Estás fracciones con 86 % de biodegradabilidad corresponden principalmente a azucares simples, como se sugiere en otros trabajos [Bouallagui y col., 2005]. Las fracciones restantes, poseen biodegradabilidad por debajo de 40 %.

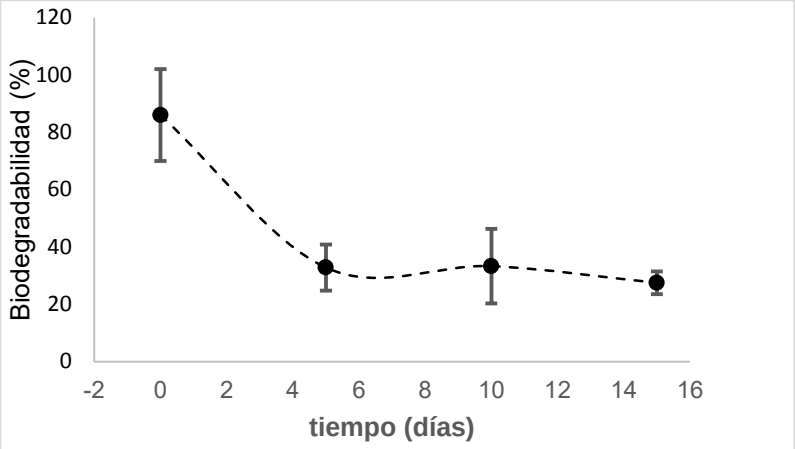


Figura 1. Cambio de la biodegradabilidad anaerobia de RFV con el tiempo de digestión.

Al realizar el análisis de varianza global, es decir, para conocer el efecto de los dos factores (tiempo de digestión y tamaño de partícula) sobre la biodegradabilidad de los residuos, se encontró que ambos tienen efecto significativo. Para el factor tiempo de digestión se obtuvo $F_{calculada}$ = 25.43, y para el factor tamaño de partícula $F_{calculada}$ = 10.95; los dos valores calculados son mayores a el valor crítico que fue $F_{0.05,\ 2\ ,16}$ = 3.239. Al realizar la prueba de igualdad de medias de Tukey (α = 0.05) se comprobó que únicamente la media de biodegradabilidad de la muestra de 0 días de digestión es diferente.

Al realizar las pruebas de biodegradabilidad anaerobia de las 2 muestras de RFV se obtuvo una velocidad de producción de metano de 35 y 44 $mL.d^{-1}$. Los resultados del análisis de varianza del efecto de la composición de las dos muestras sobre la AME y biodegradabilidad de los RFV a distintos tamaños de partícula se muestran en la Tabla 3. Se muestran valores de $F_{calculado}$ en el intervalo de 0.01 – 6.25, que al contrastarse con el valor crítico $F_{0.5,\ 1,\ 3\ =}$ 10.13, proporcionan evidencia estadística para asumir que la composición de las mezclas no tiene efecto sobre la AME ni la biodegradabilidad. Por lo tanto, tampoco influirá sobre las características de los digestatos.

Tabla 3. Valores de F para el efecto de la composición de las mezclas de RFV frescos, sobre la biodegradabilidad anaerobia y la actividad metanogénica específica.

Tamaño de partícula	F_{AME}	$F_{Biodegradabilidad}$
> 1000	3.93	0.71
> 500	0.51	----
> 1.8	2.26	0.01
< 1.8	6.25	5.54

 ISSN 2007-8102

Sin embargo, el análisis de varianza del efecto del tamaño de partícula sobre la AME y biodegradabilidad revelan que si existe un efecto significativo de este factor; con Fcalculada de 34.03 y 17.08 que son mayores a $F_{0.5,3,16}$ = 3.24. Con la prueba de Tukey (Figura 2) se determinó que las medias de AME para tamaños >500 y > 1000 µm son las únicas que son estadísticamente iguales. En cuanto a biodegradabilidad, no hay diferencia significativamente entre la biodegradabilidad de los RFV tanto para los pares <1.8 - >1000 y >500 - >1000, que son los que presentan una biodegradabilidad cercana al 100 %.

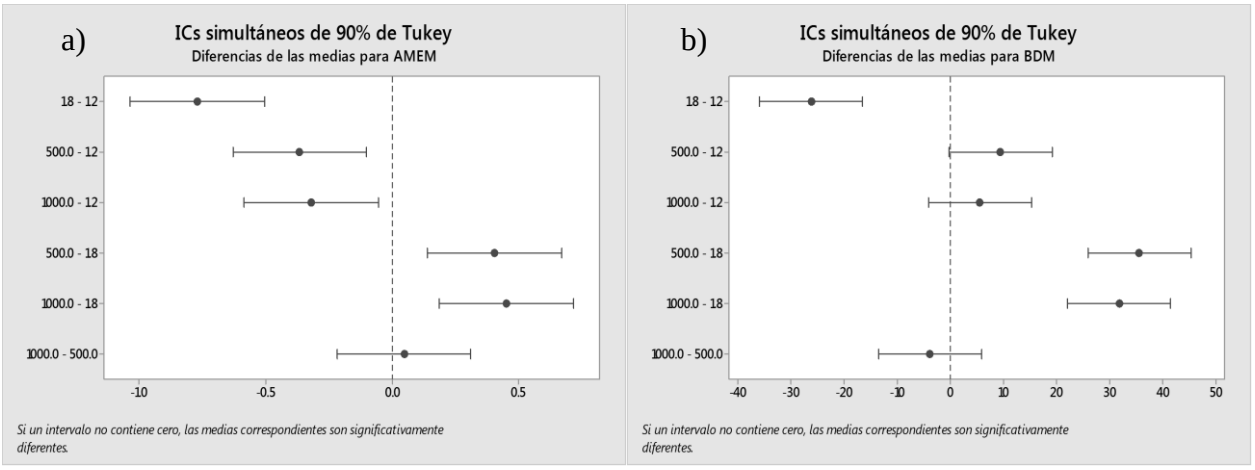


Figura 2. Intervalos de confianza simultáneos de Tukey con α = 0.1, para a) Actividad metanogénica específica y b) porcentaje de biodegradabilidad de RFV a distintos tamaños de partícula.

La actividad metanogénica para los diferentes digestatos y diferentes tiempos de digestión se muestran en la Tabla 3, se observa que para tamaños de partículas más pequeños, <1.8 µm, la actividad metanogénica presenta los mayores valores, sin embargo, la AME disminuyó hasta un 60 % con respecto a las mezclas de RFV, este comportamiento concuerda con la idea de que los sustratos de fácil biodegradación son consumidos en tiempos cortos y la celulosa y lignina se degradan más lentamente y una vez que se terminan los monómeros y dímeros de azúcar.

Tabla 4. Valores del porcentaje de biodegradabilidad anaerobia y la actividad metanogénica específica para los distintos digestatos y a diferente tamaño de partícula.

Tamaño de Partícula	Tiempo de digestión (días)					
	5		10		15	
	A*	B**	A	B	A	B
> 1000 µm	11.5	34	0.205	33.5	0.065	26.5
> 500 µm	0.10	23	0.10	16.5	0.10	24.5
> 1.8 µm	0.11	34	0.19	43	0.13	36.5
< 1.8 µm	0.415	52.5	0.185	93	0.20	63.5

* AME (g $DQO_{CH4}.g^{-1}$ SSV.d^{-1}). ** Biodegradabilidad (%).

En tanto, los niveles de biodegradabilidad disminuyen hasta un 23 % para los tamaños de partícula mayores a 1.8 µm. Al realizar el análisis estadístico tanto para AME como para biodegradabilidad, se halló diferencia significativa entre las medias para distintos digestatos, sin embargo, no es el mismo comportamiento para todos los tamaños de partícula. Respecto a la AME, teniendo en cuenta un valor de $F_{0.05,\ 2,\ 5}$ = 5.79, se observa diferencia significativa solo para el tamaño de partícula >1000 µm ($F_{calculada}$ = 20.49), en tanto que para biodegradabilidad los tamaños de partícula >1000 µm ($F_{calculada}$ = 15.45) y <1.8 µm ($F_{calculada}$ = 9.19) son los que muestran diferencia significativa.

Este comportamiento se asocia con la acumulación de AGV en los ensayos en donde el tamaño de partícula es <1.8 µm y sin digerir (Figura 3A), debido a la mayor disponibilidad de los sustratos, pues se observa una disminución en la producción de metano después del día 2 de digestión. En contraste cuando el RFV está

 ISSN 2007-8102

parcialmente digerido (digestato 5 d) es con un tamaño de partícula <1.8 el que presenta la mayor producción de metano, Figura 3B. Por otra parte, para los RFV más digeridos (digestato 10 y 15 d) no hay diferencia en la producción de metano entre los diferentes tiempos de partícula.

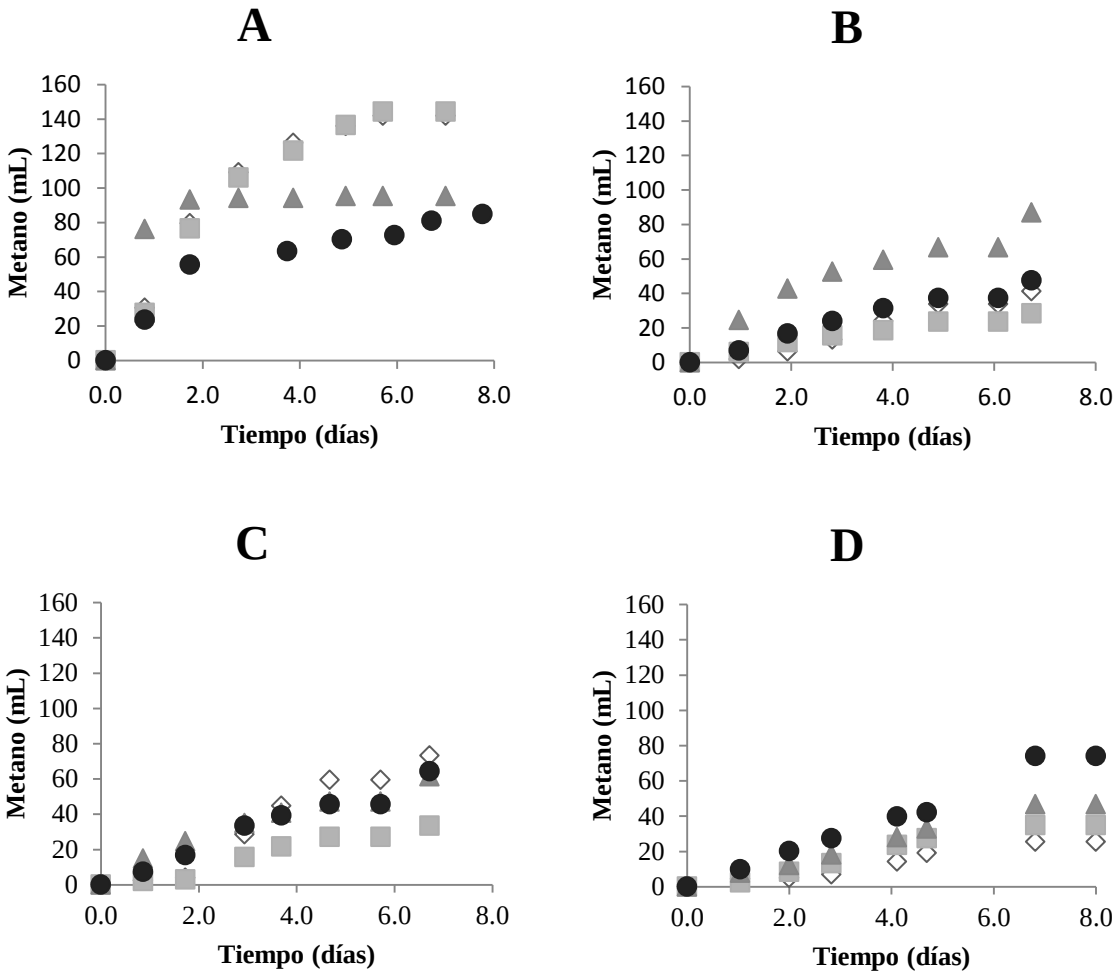


Figura 3. Metano acumulado para las pruebas de biodegradabilidad a distintos tiempos de digestión de los RFV (A cero días, B 5 días, C 10 días y D 15 días) y a distinto tamaño de partícula >1 mm (◊), >500 µm (■), >1.8 µm (●), <1.8 µm (▲).

Trabajo a futuro

Es necesario realizar cinéticas de degradación anaerobia de los RFV frescos y digestatos caracterizando los sustratos tomando en cuenta el contenido de celulosa y lignina. Además de proponer y validar un modelo matemático que describa el proceso de digestión anaerobia de residuos de frutas y verduras.

Conclusiones

En este trabajo no se encontró diferencia significativa en la biodegradabilidad de las muestras de RFV ensayadas, lo que implica que para este tipo de mezclas se pueden obtener resultados similares, independientemente de su composición. Esto es importante, ya que las conclusiones reportadas sobre la digestión anaerobia de mezclas de RFV pueden tomarse como base para el diseño y operación de reactores. Los resultados obtenidos muestran que la biodegradabilidad de los RFV cambia significativamente con el tiempo de digestión y que el tamaño de la partícula tiene un efecto significativo sobre la velocidad de biodegradabilidad. Durante la digestión anaerobia de RFV, los sustratos de fácil biodegradabilidad son consumidos antes de 5 días de digestión y se va modificando su biodegradabilidad con el tiempo de digestión.

Referencias

1. Bouallagui, H.; Touhami; Y.; Ben, R. and Hamdi M. (2005). Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes. *Process Biochemistry*. **(40)** 989-995.
2. Christ, O.; Wilderer, P.A.; Angerhhofer, R. and Faultisch A. (2000). Mathematical modeling of the hydrolysis of anaerobic processes. *Water Science & Technology*. **(41)** 61-67.
3. Donoso, A.; Mailier, J.; Martin, C.; Rodriguez, J.; Aceves, C.A. and Vande Wouwer, A. (2011). Model selection, identification and validation in Anaerobic digestion: a review. *Water Research*. **(45)** 5347-5364.
4. Edwiges, T.; Frare, L.; Mayer, B.; Lins, L.; Mi Triolo, L.; Flotats, X. and de Mendonca Cosca, M.S.S. (2018). Influence of chemical composition on biochemical methane potential of fruit and vegetable waste. *Waste Management*. **(71)** 618-625.
5. Field, J.; Sierra, R. and Lettinga, G. (1986). Ensayos anaerobios, Process of Wastewater Anaerobic Treatment. Valladolid, Spain.
6. Hobson P.N. (1987). A model of some aspects of microbial degradation of particulate substrate. *Journal of Fermentation Technology*. **(65)** 431-439.
7. Izumi, K.; Okishio, Y.; Nagao, N.; Niwa, C.; Yamamoto, S., and Toda T. (2010) Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste. *International Biodeterioration & Biodegradation*. **(64)** 601-608.
8. Ji, C.; Kong, C.X.; Mei, Z.L. and Li, J. (2017). A review of the anaerobic digestion of fruit and vegetable waste. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. **(183)** 906-922.
9. Monlau, F.; Sambusiti, C.; Ficara, E.; Aboulkas, A.; Barakat, A. and Carrere, H. (2015). New opportunities for agricultural digestate valorization: current situation and perspectives. *Energy and Environmental Sciences*. **(8)** 2600-2621.
10. Montalvo, S. y Guerrero, L. (2003). Tratamiento anaerobio de residuos. Valparaiso. Universidad Técnica Federico Santa María.
11. Montes, M.M.; Vigueras, S.E.; Pérez, J.; Zafra, G.; Velasco, A. and Chang, C. (2019). Two-stage anaerobic digestión of fruit and vegetable wastes. *Journal of Biotech Research*. **(10)** 29-37.
12. Veeken, B.A. and Hamelers, B. (1999) Effect of temperature om hydrolysis rate of selected biowise components. *Bioresource Technology*. **(69)** 249-254.
13. Vian J.G. (2014). Producción de metano a partir de residuos sólidos urbanos orgánicos vegetales. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Orizaba, Veracruz.

Remediación de suelo agrícola contaminado con petróleo mediante oxidación química y uso de microorganismos petrofílicos

K. N. Ramos Ramírez[1], A. Silvano Hernández[1], M. A. Hernández-Rivera[1], G. Martínez Pereyra[1], I. E. Juárez Palacios[2]*
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez kilómetro 1, La Esmeralda, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México
[2]Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Periférico S/N C.P. 86500, Heroica Cárdenas, Tabasco, México
**miguel.hernandezr@ujat.mx*
Área de participación: *Ingeniería química*

Resumen

La explotación del petróleo es una actividad económica importante en Tabasco, sin embargo, se genera un alto impacto ambiental debido a derrames ocasionados como consecuencia de la deficiencia en el manejo, dañando los suelos y cuerpos de agua de la región. En esta investigación se evaluó la degradación de los hidrocarburos fracción pesada (HFP) en un suelo agrícola contaminado con petróleo, combinando dos variables: (1) oxidación química del suelo usando dos concentraciones de H_2O_2 y (2) el uso de microorganismos petrofílicos. El diseño experimental constó de 10 tratamientos analizando semanalmente: HFP, pH, % humedad y UFC/mL a partir del establecimiento del bioensayo. Los resultados se analizaron con una prueba de varianza y medias Tukey ($\alpha<0.05$). Los tratamientos con H_2O_2 al 15 % registraron los porcentajes de remoción de HFP más altos, los tratamientos consorcio de hongos (CH) y consorcio de bacterias (CB) mostraron un 70 y 49 % de remoción de HFP, respectivamente.

Palabras clave: *Derrames de petróleo, suelo agrícola, biorremediación, oxidación química.*

Abstract

Oil exploitation is an important economic activity in Tabasco, however, a high environmental impact is caused by spills that occur as a result of the deficiencies in management, damaging soils and bodies of water in the region. This research assessed the degradation of heavy fraction hydrocarbons (HFH) in an oil-contaminated agricultural soil, combining two processes: (1) chemical oxidation of the soil using two concentrations of H_2O_2 as oxidant and (2) the use of petrophilic microorganisms. The experimental design consisted of 10 treatments analyzing weekly: HFH, pH, % humidity and CFU/mL from the establishment of the bioassay. The results were analyzed with a Tukey variance and means test ($\alpha<0.05$). Treatments with 15 % H_2O_2 recorded the highest HFH removal rates, the fungal consortium (FC) and the bacterial consortium (BC) treatments showed 70 % and 49 % HFH removal, respectively.

Key words: *Oil spills, agricultural soil, bioremediation, chemical oxidation.*

Introducción

En la actualidad, la alta demanda energética ha ocasionado el uso intensivo del petróleo y sus derivados como fuente principal en numerosos procesos industriales. Muchos de sus componentes son utilizados como materias primas básicas en la industria química y petroquímica. Tabasco es el

estado con la mayor producción de petróleo crudo en tierra, en 2018 aportó 228,000 barriles diarios, [PEMEX, 2018] por lo que la explotación petrolera resulta una actividad económica muy importante para el país [Ortiz-Salinas y col.,2012].

Los accidentes, derivados principalmente de la extracción, transporte y el procesamiento del petróleo son algunas de las actividades antropogénicas típicas y la causa principal de contaminación del suelo [Martínez y Soto, 2017]. En México, según el informe de sustentabilidad de PEMEX del año 2017 se registraron 223 eventos relacionados con fugas y derrames de hidrocarburos, de los eventos señalados, 163 estuvieron relacionados con derrames de hidrocarburos en suelos y 13 con derrames en cuerpos de agua, mientras que 47 eventos se relacionaron con fugas de gas a la atmósfera. Cabe señalar que esta estadística no incluye los eventos originados por tomas clandestinas [PEMEX, 2017].

La industria petrolera extiende su influencia en gran parte del territorio tabasqueño a través de la red carretera para acceder a la infraestructura petrolera, así como a la amplia red de oleoductos utilizados para transportar el petróleo y sus derivados. Debido a las tomas clandestinas, corrosión de ductos o fallas en el material con el que están construidos, ocurren derrames de petróleo en el suelo, muchas veces en tierras de cultivo, afectando significativamente las cosechas y la fertilidad del suelo [CONABIO, 2019].

Diversos estudios demuestran que los constituyentes del petróleo pueden inhibir la actividad enzimática del suelo [Alrumman y col., 2015], la germinación, el brote de meristemos, así como la disminución de la elongación radicular y la fotosíntesis en las plantas [Pérez y col., 2002, Gafari-Rahbar y col.,2012, Sangeetha y Thangadurai, 2014). Por lo que, es importante estudiar e implementar procesos que hagan posible la degradación de los contaminantes del petróleo presente en el suelo, y así reducir de forma progresiva los efectos en los ecosistemas y a la salud humana. Uno de los procesos biotecnológicos utilizados en la actualidad es la biorremediación, ésta usa la capacidad metabólica de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras y algas) y algunas plantas, para degradar los contaminantes del petróleo en presencia de oxígeno y nutrientes suministrados para acelerar los procesos de biodegradación natural, eliminando o neutralizando los contaminantes del ambiente. Este proceso puede realizarse mediante la estimulación de microorganismos nativos del suelo o mediante una bioaumentación, es decir, la adición de microorganismos exógenos con capacidad petrofílica para garantizar el proceso de degradación [Brutti y col., 2018].

Puede lograrse una mayor eficiencia en la descontaminación de un suelo combinando la biorremediación con un proceso de oxidación química, por ejemplo, con peróxido de hidrógeno para fraccionar las cadenas complejas de hidrocarburos presentes en el petróleo. Estas técnicas en conjunto pueden hacer del proceso de descontaminación una alternativa más efectiva, brindando resultados ecológicamente amigables. Debido a esto, el propósito de la presente investigación fue evaluar la degradación del petróleo presente en un suelo agrícola contaminado, utilizando tecnologías cruzadas (métodos fisicoquímicos y biológicos) en condiciones de laboratorio.

Metodología

Recolecta y caracterización del suelo contaminado

El suelo contaminado con petróleo se recolectó en una parcela de cacao ubicada en las cercanías de una pera con tres pozos petroleros, en donde ocurrió un derrame de petróleo debido a una toma clandestina en unas líneas de conducción (18° 6'10.89"N 93°52'26.91"O). La muestra se tomó a 1.20 m de profundidad, zona en donde había mayor presencia de petróleo.

Para conocer el estado inicial del suelo contaminado se realizaron los análisis de humedad y pH, de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000. Además, se determinaron los hidrocarburos fracción pesada (HFP) (NMX-AA-134-SCFI-2006) y se realizó la caracterización microbiológica de la muestra de suelo (UFC/mL) por el método de conteo en placa utilizando diluciones seriadas [Madigan y col., 2015].

 ISSN 2007-8102

Reactivación y producción de inóculos para la bioaumentación

Los microorganismos utilizados en la bioaumentación fueron reportados previamente como petrofílicos, se encontraban en resguardo a 4°C en el Laboratorio de Biotecnología de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura (D.A.I.A.) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (U.J.A.T.). Las cepas utilizadas se agruparon en consorcios para mejorar la eficiencia del proceso de biorremediación, incluyendo bacterias extremófilas, identificadas como cepas B3, B4 y B7, cepas de hongos extremófilos H1, H2 y H5 y el consorcio de estos organismos, además de probar dos cepas bacterianas por separado, identificadas como BF2019 y BA2018. Los inóculos microbianos fueron obtenidos en biorreactores de vidrio con capacidad nominal de 20 L cada uno, los cuales contaban con un sistema de aireación en el tapón. El medio de cultivo utilizado para la reproducción de microorganismos estuvo compuesto por: 12 L de agua potable (8.4 pH), 2 g/L de fertilizante comercial con 12% de nitrógeno total, (del cual el 6.5 % es N amoniacal y el 5.5 % es N nítrico); anhídrido fosfórico 12 %; óxido de potasio 17 %; anhídrido sulfúrico 15 %; óxido de magnesio 2 %; óxido de calcio 5 %; hierro 0.2 %; boro 0.02 %; zinc 0.01 % como aportador de macronutrientes y micronutrientes, y como única fuente de carbono 1 mL petróleo crudo tipo maya (22.3 °API). El tiempo de retención antes de la primera inoculación fue de 72 horas.

Pretratamiento de oxidación química

La oxidación química del suelo se realizó 24 h antes de la bioaumentación, agregando 700 mL de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) a dos diferentes concentraciones (10 y 15 % v/v) a cada una de las unidades experimentales (UE). Después de la aplicación del peróxido, el suelo fue homogeneizado.

Establecimiento del bioensayo

Para cumplir los objetivos de esta investigación se estableció un diseño experimental con dos factores, factor A: microorganismos, con cinco niveles: consorcio bacterias, consorcio hongos, consorcio bacterias-hongos, BA2018 y BF2019, y el factor B: concentración de peróxido, con dos niveles: 10 y 15 % v/v. Con un total de 10 UE, una asignada a cada tratamiento, con 2.5 kg de suelo contaminado y previamente oxidado, a cada UE se les realizaron análisis por triplicado. Las UE fueron homogeneizadas manualmente de manera constante, las mediciones de los parámetros (HFP, % humedad, pH, UFC/mL) y la bioaumentación de éstas se realizó cada 7 días durante 1 mes, empezando el día del establecimiento del bioensayo (tiempo 0).

Tabla 1. Tratamientos del diseño experimental propuesto.

FACTOR B: CONCENTRACIÓN DE H_2O_2 (% v/v)	FACTOR A: MICROORGANISMO				
	Consorcio-bacterias	Consorcio-hongos	Consorcio bacterias-hongos	BA2018	BF2019
10 %	CB10	CH10	CBH10	BA10	BF10
15 %	CB15	CH15	CBH15	BA15	BF15

Resultados y discusión

Para conocer las condiciones iniciales del suelo muestreado antes de establecer el bioensayo se realizó su caracterización fisicoquímica y biológica. El pH registrado fue moderadamente ácido. Presentó una concentración de HFP con valor igual a 4064.08 mg/kg. La presencia de microorganismos en el suelo fue moderadamente baja (Tabla 2), de acuerdo con Vázquez y col. [2011] los hidrocarburos derivados del petróleo actúan sobre el suelo modificando sus características físicas y químicas, provocando el bloqueo del intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera y afectando significativamente a las poblaciones microbianas del suelo, siendo prueba de esto, la escasa concentración de microorganismos detectados en el suelo contaminado.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Resultados de caracterización inicial.

pH	Humedad (%)	HFP (mg/kg)	UFC/mL
6.5	29.12	4064.08	$5X10^3$

pH y % Humedad

Los valores de pH registrados fueron moderadamente ácidos en todos los tratamientos (Tabla 3), la disminución del pH con respecto al inicial puede deberse a la presencia de ácidos orgánicos, productos de degradación de la materia orgánica. Este parámetro es muy importante ya que afecta significativamente la actividad microbiana, de acuerdo con Iturbide [2010], el valor de pH intracelular está entre 6.5 y 7.5, por lo que éste es el intervalo de pH para que el crecimiento de los microorganismos sea óptimo.

El crecimiento microbiano se favoreció debido a la humedad, se observó un aumento de ésta debido a la bioaumentación y humectación que se realizaba semanalmente a cada UE. Las mediciones oscilaron entre 38 y 45 % de humedad (Tabla 3) ayudando esto al desarrollo de los microorganismos, ya que el agua forma parte del protoplasma bacteriano y sirve como medio de transporte para que los compuestos orgánicos y nutrientes sean movilizados hasta el interior de las células [Arboleda y Bravo, 2008].

Tabla 3. Promedio de las variables medidas en las unidades experimentales de los 10 tratamientos durante un mes de evaluación (valores promedio de 3 mediciones).

Tratamiento	pH	Humedad (%)
CB10	5.75±0.28	41.53±1.48
CH10	5.75±0.28	43.34±1.05
CBH10	5.62±0.25	40.02±1.37
BA10	6.00±0.00	45.77±0.96
BF10	5.75±0.28	43.06±1.10
CB15	5.75±0.28	40.27±1.96
CH15	5.62±0.25	40.24±1.55
CBH15	5.62±0.25	38.76±1.02
BA15	6.00±0.00	45.44±1.81
BF15	5.75±0.28	40.90±0.78

Efecto de la adición de H_2O_2

Una vez terminado el proceso de oxidación química con H_2O_2 se analizó la disminución de la concentración de HFP con respecto a la concentración inicial. El promedio de remoción de HFP por oxidación de todas la UE fue de 19.21 %. Al adicionarse el H_2O_2 al suelo contaminado se forman y distribuyen radicales de hidroxilo, uno de los oxidantes más potentes que existen, estos radicales reaccionan con las moléculas orgánicas complejas de los hidrocarburos derivados del petróleo, fraccionándolas en moléculas más simples que se pueden mineralizar. La disminución de concentración del contaminante en este análisis asegura la efectividad de la técnica de oxidación, garantizando con esto que al complementarse con la técnica de biorremediación se obtendrán mayores porcentajes de remoción.

Degradación de hidrocarburos fracción pesada

En los tratamientos establecidos se registró una disminución de HFP durante las cuatro semanas del experimento, predominando los tratamientos que fueron inicialmente oxidados a una concentración del 15 % de H_2O_2. De acuerdo con Rubio y col. [2014], a mayor concentración de H_2O_2 se obtiene

 ISSN 2007-8102

una mayor velocidad en la degradación de las moléculas orgánicas de las cuales se compone el petróleo, esto es debido a que así se dispone de una mayor cantidad del agente oxidante ($OH\cdot$) que se libera al llevarse a cabo las reacciones, sin embargo, grandes cantidades de H_2O_2 también pueden limitar el porcentaje de degradación del contaminante, ya que se favorecen reacciones secundarias, no obstante, cabe mencionar que la concentración óptima a usar depende del contaminante que se desea remover.

La degradación de los HFP se da como resultado de la generación de radicales $OH\cdot$, los cuales reaccionan con el contaminante, dando lugar a intermediarios de reacción que a su vez siguen oxidándose hasta obtener moléculas más simples, condicionando el medio para que los microorganismos participen en el proceso de descomposición y mineralización de residuos del petróleo, es decir, los microorganismos convierten los materiales orgánicos complejos en biomasa microbiana obteniendo los nutrientes y la energía que requieren para sobrevivir [Arboleda y Bravo, 2008].

Los hidrocarburos fracción pesada, considerados según Silvana y col. [2014] como resistentes a la biodegradación debido a su complejidad estructural, baja volatilidad y escasa lixiviación, en esta investigación mostraron reducciones significativas, con esto se comprobó que la disminución de los HFP se debió principalmente al metabolismo microbiano, evidenciando así a los microorganismos como una vía viable para la biodegradación, siendo los tratamientos de CH15 y CB15 los que presentaron la mayor degradación de HFP, pues en el tiempo cero reportaron 4295.93 mg/kg y 3360.15 mg/kg y al finalizar el experimento 1260.21 mg/kg y 1700.14 mg/kg (con un porcentaje de remoción de 70 y 49 %, respectivamente) (Fig. 1).

Los tratamientos que tuvieron una mayor degradación de HFP fueron los tratados con 15 % de H_2O_2, mientras que los tratamientos oxidados al 10 % siempre mantuvieron valores superiores de concentración de HFP con respecto a los tratamientos al 15 %.

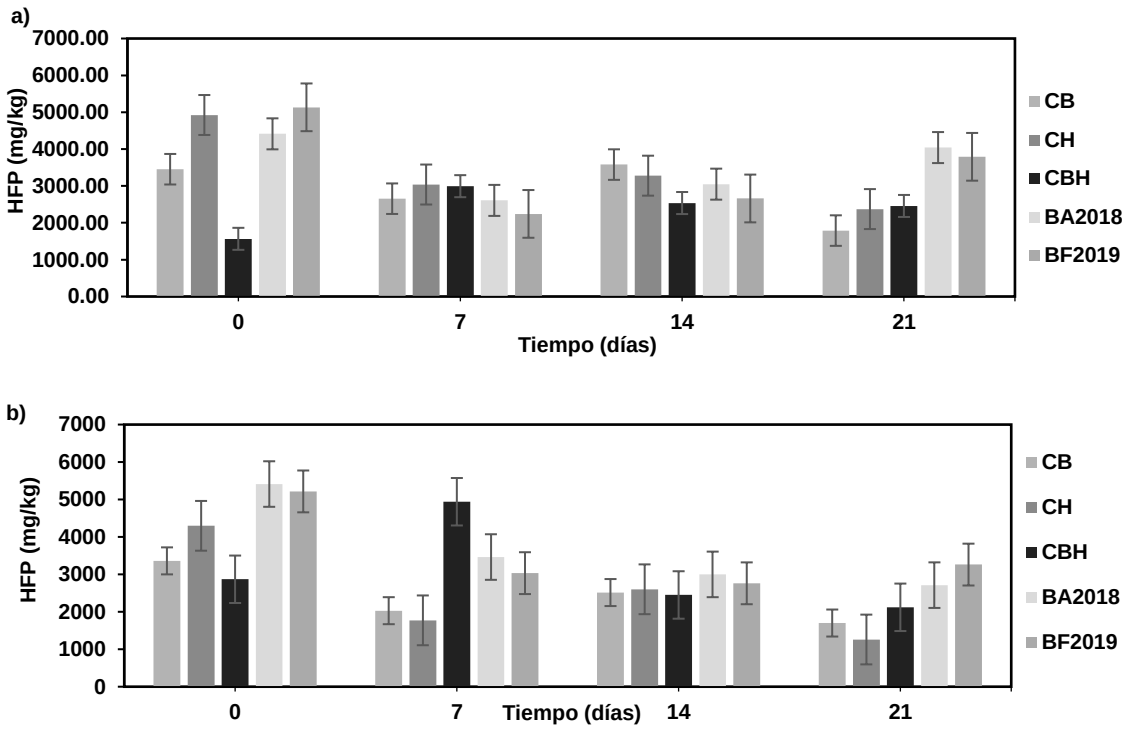


Figura 1. Efecto de los microorganismos y la oxidación del suelo con H_2O_2 en la degradación de Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP) en el a) Tratamiento con H_2O_2 al 10 % y b) Tratamiento de H_2O_2 al 15 %.

 ISSN 2007-8102

Evaluación de la comunidad microbiana

El recuento de microorganismos resultante de la caracterización inicial fue moderadamente bajo; sin embargo, gracias a la previa oxidación química del suelo, se logró la fragmentación de las moléculas del petróleo, permitiendo con esto la remoción parcial de los contaminantes del suelo, además de permitir que la biorremediación se realizara con mayor eficiencia.

Según el comportamiento del crecimiento de los microorganismos (Figura 2b) los tratamientos inoculados con el consorcio bacteria (CB) y consorcio hongo (CH) presentaron el mayor crecimiento poblacional a los 14 días de tratamiento ($1.10X10^6$ UFC/mL y $1.23X10^3$ UFC/mL, respectivamente), estos tratamientos fueron también los que mostraron la mayor degradación de HFP con peróxido al 15 %. Una degradación más profunda provee a los microorganismos de moléculas de menor tamaño y menor masa molecular, lo que facilita su degradación al utilizarlas como fuente de carbono y energía [Guerrero-Ortiz y col., 2012]. Al degradarse todos los contaminantes, es decir, al acabarse la fuente de alimentación de los microorganismos la población de éstos disminuye hasta desaparecer**,** en esta investigación la concentración de HFP disminuyó a través del tiempo, por lo que al finalizar el experimento los microorganismos fueron en decadencia.

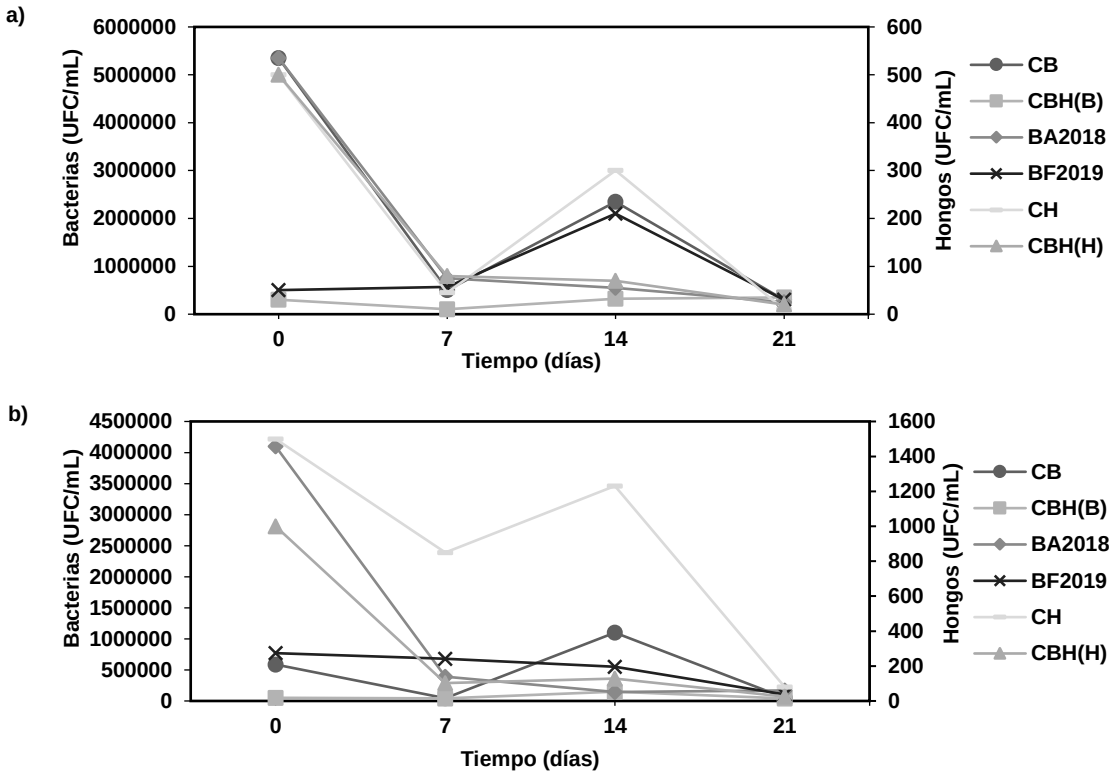


Figura 2. Comportamiento de los microorganismos en los dos tratamientos, a) Tratamiento de H_2O_2 al 10 % y b) Tratamiento de H_2O_2 al 15 % durante el mes de evaluación.

Trabajo a futuro

Con base en los resultados obtenidos es recomendable la evaluación de una nueva técnica en la cual se adicionen nutrientes a las UE, que provean el alimento y energía que permitan el crecimiento y desarrollo de los microorganismos endógenos, así como su capacidad degradadora, sin necesidad de la bioaumentación constante. Además de evaluar los efectos que tiene el uso de la oxidación química en el suelo.

Conclusiones

La oxidación química realizada previamente al suelo contaminado contribuyó a que las cadenas complejas del petróleo se fraccionaran, ayudando así a la remoción de los contaminantes del suelo, además de permitir que la biorremediación se realizara con mayor eficiencia, por lo que en este trabajo se comprueba que es recomendable el uso de la oxidación previa, utilizando peróxido de hidrógeno (H_2O_2), que a diferencia del permanganato (MnO_4^{-1}), el persulfato ($S_2O_8^{2-}$), y el ozono (O_3), es de menor costo y de mayor viabilidad, además de que es un aditivo deseable ecológicamente, ya que genera en su descomposición únicamente agua y oxígeno.

La bioaumentación constante al suelo contaminado produjo un rápido aumento de la población microbiana, optimizando su actividad, que dio como resultado una mejora significativa en la degradación de los hidrocarburos fracción pesada. El seguimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas durante los experimentos es de suma importancia para lograr una biorremediación efectiva. Para este trabajo los tratamientos de CH15 y CB15 presentaron la mayor degradación de HFP, reportando concentraciones finales de 1260.21 mg/kg y 1700.14 mg/kg (con un porcentaje de remoción de 70 y 49 % a los 21 día de tratamiento, respectivamente), siendo CH15 el tratamiento que presentó la mayor degradación.

Referencias

1. Alrumman, S.; Standing, B.D. and Paton I.G. (2015). Effects of hydrocarbon contamination on soil microbial community and enzyme activity. *J. King Saud Univ. Sci.* **27 (1)**, 31-41.
2. Arboleda, V. y Bravo, V. (2008). Biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos de la central hidroeléctrica del campamento secoya mediante landfarming. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 117 p.
3. Brutti, L.; Beltrán, M. y Salamone, I. (2018). Biorremediación de recursos naturales. 1ª edición. Ediciones INTA, Hurlingham, Buenos Aires, Argentina.117 p.
4. CONABIO. (2019). La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 367 p.
5. Gafari-Rahbar, F.; Kiarostami, K. and Shirdam, R. (2012). Effects of petroleum hydrocarbons on growth, photosynthetic pigments and carbohydrate levels of sunflower. *J. Food, Agriculture and Environment*. **10 (1)**, 773-776.
6. Guerrero-Ortiz, P.L., Quintero-Lizaola, R., Espinoza-Hernández, V., Benedicto-Valdés, G.S. & Sánchez-Colín, M. de J. (2012). Respiración de CO_2 como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de Lupinus. *Terra Latinoamericana*, **30(4)**, 355-362.
7. Iturbide, R. (2010). ¿Qué es la biorremediación?. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. 20 p.
8. Madigan, M.; Martinko, J.; Bender, K.; Buckley, D. y Stahl, D. (2015). Brock, Biología de los microorganismos (14a edición). España: Pearson Educación. 1132 p.
9. Martínez, M. y Soto, C. (2017). Remoción de hidrocarburos de petróleo de un suelo de baja permeabilidad: biorremediación y electrobiorremediación. *Revista mexicana de ingeniería química*. **16 (3)**, 1-17.
10. NMX-AA-134-SCFI-2006. Suelos-Hidrocarburos fracción pesada por extracción y gravimetría-método de prueba.
11. NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis.
12. Ortiz-Salinas, R.; Cram, S. and Sommer, I. (2012). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils of the low alluvial plain in the state of Tabasco, Mexico. *Universidad y Ciencia*, **28 (2)** 138-144.
13. PEMEX. (2017). Informe de sustentabilidad. Recuperado de http://www.pemex.com/etica-e-integridad/sustentable/informes/Documents/inf_sustentabilidad_2017_esp.pdf.[Último acceso:29-04-2019].
14. PEMEX. (2018). Anuario estadístico de PEMEX 2017. Petróleos Mexicanos. Recuperado de http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/anuario-stadistico_2017_es.pdf. [Último acceso: 02-05-2019]

15. Pérez, V.J.; García, E.G. y Esparza G.F. (2002). Papel ecológico de la flora rizosférica en fitorremediación. *Avance y Perspectiva*, **21 (1)** 297-300.
16. Rubio, A.; Chica, E. y Peñuela, G. (2014). Aplicación del proceso Fenton en el tratamiento de aguas residuales de origen petroquímico. *Ingeniería y competitividad*, **16 (2)** 211-223.
17. Sangeetha, J. and Thangadurai D. (2014). Effect of biologically treated petroleum sludge on seed germination and seedling growth of Vigna unguiculata (L.) Walp. (Fabaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. **57 (3)** 427-433.
18. Silvana, C. E.; Martinez, M. A. y Arocena, L. A. (2014). Estudio comparativo del agregado de enmiendas orgánicas e inorgánicas en procesos de biorremediación de suelos norpatagónicos contaminados con petróleo. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, **80 (4)** 1-8.
19. Vázquez, M.; Montiel, A.; Vázquez, D. y Herrera, M.F. (2011). Impacto del petróleo crudo en suelo sobre la microbiota de vida libre fijadora de nitrógeno. *Tropical and subtropical agroecosystems*, **13**, 511-523.

Recuperación de suelo contaminado con petróleo mediante microorganismos petrofílicos y un mejorador de permeabilidad

J. T. Palacio-Haro[1], M. Zurita-Ángles[1], I.E. Juárez-Palacios[2*], M.T. Flores Dorantes[3], A. González Díaz[1].
[1]Laboratorio de biotecnología. División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, C. P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México
[2]Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Periférico S/N C.P. 86500, Heroica Cárdenas, Tabasco, México
[3]Laboratorio de biología molecular y farmacogenómica, División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, C. P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México
**asile.juarez.palacios@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La explotación, producción, refinación, transporte de petróleo y sus derivados conlleva ocasionalmente accidentes técnicos y operacionales que causan severo deterioro al ambiente y daños irreversibles a los ecosistemas. En la actualidad, Tabasco, México se encuentra bajo un marcado proceso de degradación de sus recursos naturales, particularmente de sus suelos, en particular los Gleysoles, grupo dominante. Por lo que el desarrollo de técnicas de remediación para estos suelos es apremiante. En esta investigación se evaluó el efecto de un agente mejorador de permeabilidad así como el uso de cinco microorganismos petrofílicos en un arreglo de 10 tratamientos, para remediar un suelo contaminado con 11,363.59 $mg.kg^{-1}$ de petróleo. Los resultados se analizaron con una prueba de varianza y medias Tukey ($\alpha<0.05$). Los tratamientos de BA10 y CHSa registraron los porcentajes de remoción más altos, con un 80 % y 73 % respectivamente.

***Palabras clave**: Derrames de petróleo, biorremediación, permeabilidad del suelo*

Abstract

The exploitation, production, refining, transportation of oil and its derivatives occasionally entails technical and operational accidents that cause severe deterioration to the environment and irreversible damage to ecosystems. Currently, Tabasco, Mexico is under a marked process of degradation of its natural resources, particularly its soils, particularly the Gleysoles, dominant group. So, the development of remediation techniques for these soils is pressing. In this investigation the effect of a permeability enhancing agent was evaluated as well as the use of five petrophilic microorganisms in an arrangement of 10 treatments, to remedy a soil contaminated with 11,363.59 $mg.kg^{-1}$ of oil. The results were analyzed with a test of variance and Tukey means ($\alpha < 0.05$). The treatments of BA10 and CHSa registered the highest removal percentages, with 80% and 73% respectively.

***Key words**: Oil spills, bioremediation, soil permeability*

Introducción

Debido a la deficiencia en los procesos de exploración, extracción y transporte del petróleo, las principales fuentes de contaminación de suelos son la dispersión de derrames crónicos de crudo así como los derrames de aguas residuales provenientes de instalaciones petroleras, e incluso, derrames de lodos de perforación y accidentes en el mantenimiento de los pozos petroleros, esto ha causado compactación, sedimentación y erosión, además de la destrucción de los organismos vivos [Arias-Trinidad y col., 2017]. El mayor desarrollo de la industria petrolera en Tabasco, México; se localiza en planicies de inundación lagunar en donde los suelos predominantes son los Gleysoles, los cuales presentan inundaciones frecuentes y manto freático elevado; por lo que su uso es forestal, de reserva de vida silvestre y cultivo de pastos [García-López y col., 2006; Bravo, 2005]. La remediación de estos suelos después de un derrame resulta una tarea complicada debido a su baja permeabilidad y movilidad de contaminantes. Debido a esto se han desarrollado técnicas de saneamiento que

consigan la mineralización de los contaminantes, transformándolos en compuestos inocuos o menos tóxicos, tales como dióxido de carbono, agua o materia celular [Chan y col., 2015]. La biorremediación es un proceso que utiliza organismos vivos para propiciar la biodegradación de los contaminantes, cuando los microorganismos endógenos se encuentran latentes, es posible la adición de oxígeno y/o nutrientes al suelo contaminado con el fin de estimular su actividad metabólica, sin embargo, puede no ser suficiente por lo que se considera la inoculación de microorganismos vivos que tienen la capacidad de degradar el contaminante en cuestión y promover su biodegradación o biotransformación, a este proceso se le conoce como bioaumentación [López y col., 2006]. Debido a esto, el objetivo de la investigación fue evaluar la degradación de petróleo utilizando cepas fúngicas y bacterianas en un suelo con permeabilidad mejorada, para establecer el tratamiento con mayor remoción de petróleo y formular una conclusión con bajo grado de incertidumbre.

Metodología

Muestreo y caracterización inicial del suelo

El suelo utilizado en esta investigación se obtuvo de una celda de tratamiento de una mezcla de suelos impactados con derrames de petróleo procedentes de varias instalaciones petroleras dentro del campo Sánchez Magallanes, en el activo Cinco Presidentes. De acuerdo con Zavala-Cruz *y* col., [2016], en esta región predominan los suelos Gleysoles. Además, en la celda se vertieron desechos sólidos y recortes de perforación, sometidos previamente a procesos físicos y químicos para su restauración. La caracterización inicial del suelo contaminado se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la D.A.I.A. de la U.J.A.T. Las variables que se analizaron fueron: la concentración de Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP) e Hidrocarburos Fracción Media (HFM), técnicas establecida en las normas mexicanas NMX-AA-134-SCFI-2006 y NMX-AA-145-SCFI-2008 respectivamente. Por otra parte, se evaluó la cantidad de microorganismos presentes en el suelo mediante el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) a través de la técnica de diluciones seriadas y el método sembrado en placas [Madigan *y* col., 2017], pH y conductividad eléctrica de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2001.

Preparación de los inóculos petrofílicos para la biorremediación

Los microorganismos que se utilizaron en esta prueba de tratabilidad se encuentran en resguardo en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, clasificados previamente como petrofílicos. Cinco arreglos de inóculos microbianos fueron establecidos: Consorcio Bacterias que incluyen tres diferentes cepas de *Bacillus sp*; Consorcio Hongos que incluye dos cepas de *Aspergillus sp* y una cepa de *Penicillium*; Consorcio Bacterias-Hongos, que incluyen las seis cepas anteriores; además de un inóculo de la cepa BF2019 y de la cepa BA2018. Los inóculos se establecieron en biorreactores de cristal con capacidad nominal de 20 L con aireación constante (8.7 $L.min^{-1}$). El medio de cultivo en donde fueron inoculados los microorganismos constó de 10 litros de agua potable (8.42 pH y 679 $mS.m^{-2}$) y cinco gramos de fertilizante como aportador de macronutrientes (13 % N, 9 % P, 17 % S y 16 % K), además de un mililitro de petróleo crudo maya (23.2° API) como fuente de carbono.

Diseño experimental

Se propuso un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 5; Factor 1 con 2 niveles: arena al 10 % y sin arena; factor 2 con 5 niveles: cinco microorganismos con capacidades petrofílicas (Tabla 1).

El suelo se tamizó para obtener un tamaño de poro homogéneo utilizando un tamiz de acero inoxidable de malla número 10 como lo marca la NOM-021-SEMARNAT-2001. 10 unidades experimentales se establecieron con tres kilogramos de suelo cada una, agregando 300 g de arena a las cinco unidades experimentales del tratamiento con mejorador de permeabilidad. Para mejorar los niveles de nutrientes en el suelo, se agregaron 200 mL de ácidos húmicos al 15 % en cada unidad experimental. El volumen de inóculo adicionado fue de 200 mL proveniente de los biorreactores con 72 horas de residencia. Todo se homogenizó con una espátula. Durante la prueba, la bioestimulación fue constante (dos veces por semana) para mantener el número de microorganismos degradadores y la humedad del suelo.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Arreglo factorial del experimento

Factor 1: Agente mejorador de permeabilidad	**Factor 2: Microorganismo petrofílicos**				
	BA2018	BF2019	Consorcio Bacterias	Consorcio Hongos	Consorcio Bacterias-Hongos
Arena al 10%	BA10	BF10	CB10	CH10	CBH10
Sin arena	BASa	BFSa	CBSa	CHSa	CBHSa

Evaluación de variables

Las variables analizadas de forma semanal en las unidades experimentales fueron: concentración de HFP presentes en el suelo, potencial de hidrógeno y número de unidades formadoras de colonias (UFC. mL^{-1}). Al término del experimento, los resultados de las variables analizadas se sometieron a una prueba de varianza ANOVA y medias Tukey utilizando el Software SAS Statical System versión 9.1 para conocer el mejor tratamiento en la biorremediación.

Resultados y discusión

Caracterización física, química y biológica del suelo

A continuación, se describen los resultados de las variables que se consideraron importantes para conocer el estado inicial del suelo. Las variables analizadas fueron la concentración de hidrocarburos totales, la población de microorganismos autóctonos en forma de unidades formadoras de colonias (UFC), la conductividad eléctrica y el pH (Tabla 2).

Tabla 2. Variables analizadas en el suelo original contaminado con petróleo.

HFP ($mg.kg^{-1}$)	**HFM ($mg.kg^{-1}$)**	**HFL ($mg.kg^{-1}$)**	**Conductividad eléctrica ($dS.m^{-1}$)**	**pH**	**Bacterias ($UFC.mL^{-1}$)**
11,363.59	ND	ND	0.65	6.5	ND

El suelo original registró una concentración de hidrocarburos fracción pesada de 11,363.59 $mg.kg^{-1}$, valor por encima del límite máximo permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para suelos de uso industrial (6,000 $mg.kg^{-1}$). La población de microorganismos no fue detectable, esto puede deberse a que el suelo utilizado en esta investigación había pasado por múltiples procesos de descontaminación, incluyendo oxidaciones químicas, uso de solventes y surfactantes químicos, entre otros; por lo que se supone baja presencia de material orgánico (MO) y nutrientes, además de haber estado sometido a una intensa radiación solar debido a las condiciones de su confinamiento, presentando un pH ligeramente ácido y un efecto despreciable de salinidad, lo cual, de acuerdo con Álvaro *y* col., [2017], resultan en factores desfavorables para el desarrollo microbiano. La presencia de las sustancias utilizadas para los procesos previos y las cantidades tan altas de hidrocarburos en el suelo pudieron también afectar la integridad de la membrana celular de los microorganismos, pues aún no han logrado los mecanismos que les permitan mantenerse con vida [Ramos *y* col., 1997].

Degradación de Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP)

En la mayoría de los tratamientos se observó una reducción en los niveles de hidrocarburos fracción pesada, logrando disminuir las concentraciones debajo de 6,000 $mg.kg^{-1}$. En la semana dos de la prueba, se observó un aumento en la concentración de HFP en los tratamientos BA10, CBH10 y CH10 (Figura 1a), el mismo

 ISSN 2007-8102

comportamiento se registró en los tratamiento con CBHSa y CHSa (Figura 1b), lo cual puede deberse a que los microorganismos son capaces de sintetizar compuestos que pueden alterar la tensión interfacial sólido-líquido y producir compuestos tensioactivos que emulsionan los hidrocarburos, mejorando así su disponibilidad [Jiménez y col., 2010; Loya, 2013]. A partir de la semana tres hasta la semana cinco hubo una tendencia de disminución en la concentración del petróleo. Al final del bioensayo se realizó un análisis de varianza (p=0.003) y prueba de medias Tukey (α=0.05) entre los tratamientos con arena y sin arena, los resultados se presentan en la figura 1 a y b. El tratamiento que registró la mayor remoción fue el BA10 (80 %) es decir consorcio de bacterias, mientras que el que obtuvo la menor remoción fue BF10. En general, los resultados expresaron un efecto positivo en la disminución del contaminante pues la textura del suelo juega un papel importante, al estar íntimamente relacionado con la composición mineral y el espacio de poros del suelo, afectando prácticamente todos los factores que influyen en el proceso de biodegradación de hidrocarburos, mejorando la biodisponibilidad para los microorganismos [Kristensen y col., 2010].

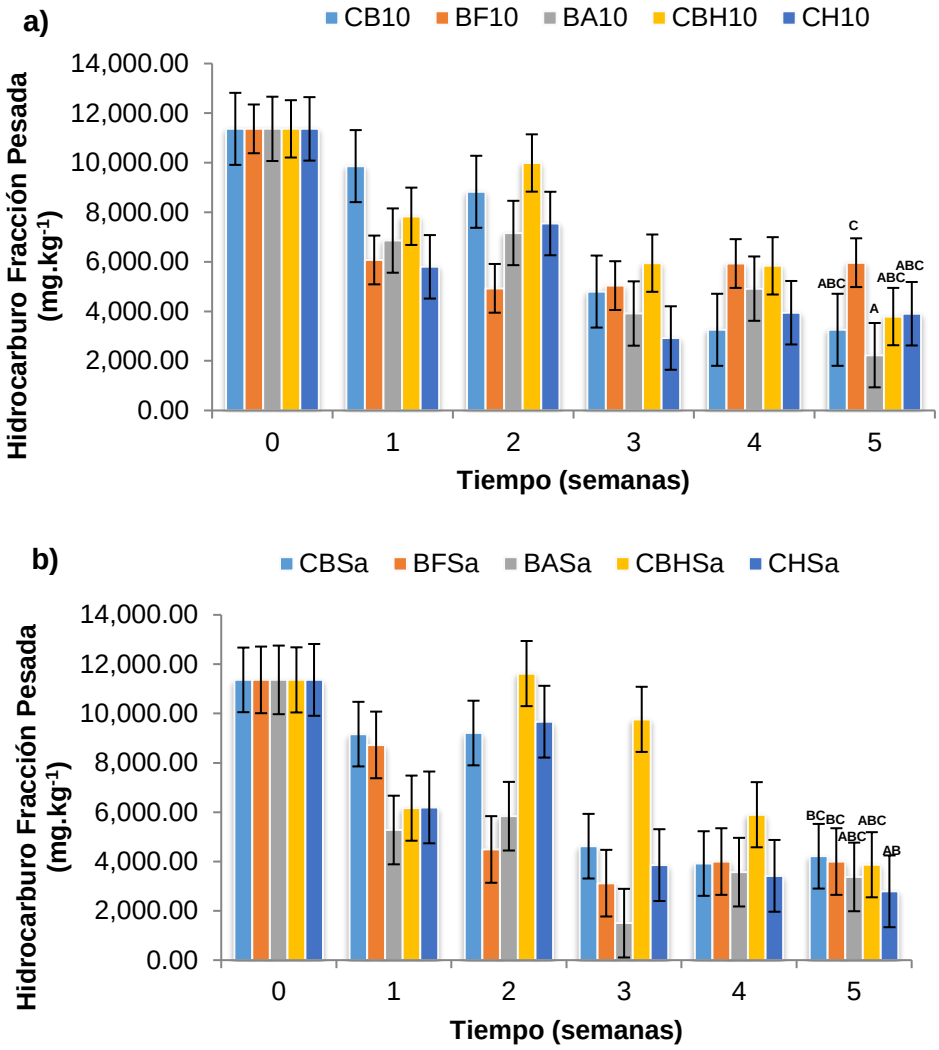


Figura. 1 Remoción de Hidrocarburos Fracción Pesada a) Suelo con arena y b) Suelo sin arena

 ISSN 2007-8102

Potencial de Hidrógeno (pH)

Al inicio el suelo presentaba un pH ligeramente ácido (6.5) (Figura 2.), registrando un aumento (pH 7) en la primera semana de tratamiento, teniendo variaciones a lo largo de la prueba de tratabilidad entre rangos de pH 7 y 8, debido a que la biodegradación se lleva a cabo con niveles de pH neutro entre 7.4 y 7.8, favoreciendo los procesos metabólicos de las especies microbianas [Jiménez, 2018]. En el proceso de biorremediación con bacterias autóctonas de sedimento contaminado reportado por Mendo [2014], se observó un pH alcalino entre 7.5 y 7.8 a lo largo del experimento.

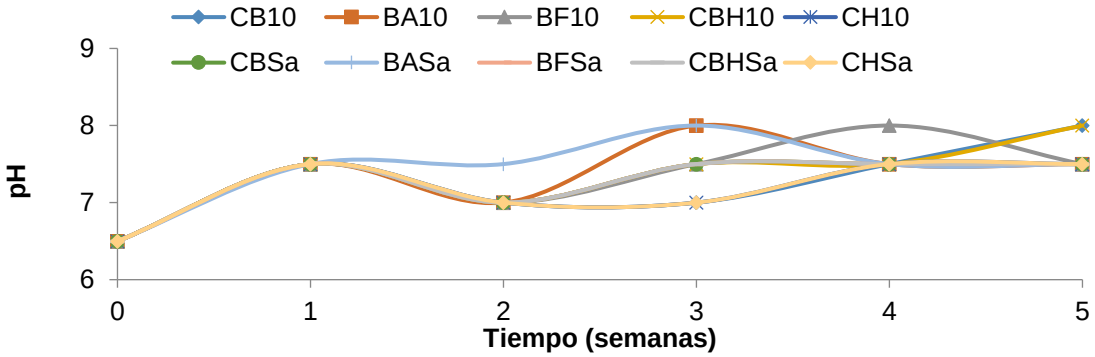


Figura 2. Variación de pH en los dos tipos de suelo

Unidad Formadora de Colonias (UFC)

Los microorganismos pasaron por una etapa de aclimatación requerida en las primeras dos semanas como se muestra en la Figura 3. Para poder degradar compuestos orgánicos [Ferrera *y* Rojas*.,* 2006], algunas unidades aumentaron y otras bajaron drásticamente su población, debido a que pueden existir diferencias entre factores que afecten las actividades bacterianas y fúngicas en el mismo suelo [Carrillo, 2013]; después de la etapa de adaptación, en la tercera semana se observó un aumento en las UFC de los dos tratamientos que es proporcional a la concentración de hidrocarburos. El suelo tiene diferentes tamaños de poro, correspondiendo alrededor del 50 % del volumen total de poros, a los de radio menor de 1 µm, y la mayoría de las bacterias del suelo tienen un tamaño comprendido entre 0,5 y 0,8 µm, por lo tanto, una porción significativa del suelo es inaccesible a la mayoría de la población microbiana, siendo esto un factor limitante para los tratamientos sin arena [Martín y col., 2004].
La adición de arena en las unidades experimentales proporcionó una serie de ventajas y cualidades para la biorremediación, favoreciendo los niveles de oxígeno [Cultura agraria, 2019]. En los dos tratamientos se observó que la población bacteriana fue mayor que la de los hongos; este comportamiento es igual al que presentaron Hernández-Acosta y col. [2003], debido a que las bacterias son el grupo microbiano más numeroso encontrado en el suelo y su reproducción es más rápida, por otro lado, Castrillón y col. [2006] afirman que la aireación es determinante en el desarrollo de los hongos, debido a que éstos son preferiblemente aerobios; es por eso que en los tratamientos con arena existió un mejor desarrollo de la población fúngica, comparado con el tratamiento sin arena.

La población microbiana de los tratamientos con arena se mantiene constante en la semana tres y cuatro, al igual que la concentración de HFP, esto evidencia la presencia de componentes del petróleo más complejos, como la fracción aromática, que requiere la ruptura de uno o varios anillos, aunado a la producción de sustancias toxicas por los mismos microorganismos [Villacis, 2013; Castro-Mancilla y col., 2013], disminuyendo la actividad microbiana. En los tratamientos sin arena hubo mejor desarrollo de UFC bacteriano en comparación a las unidades con arena, mostrando una resistencia a ambientes hostiles, esto se pudo deber a que es infrecuente que en los ecosistemas naturales se encuentre presente un solo substrato, por lo tanto las cepas bacterianas pudieron estarse alimentando de otro sustrato e incrementar más fácilmente su tasa de crecimiento [Martín *y* col*.,* 2004], en consecuencia, de que la transferencia del contaminante estuvo limitado por la baja permeabilidad del suelo.

 ISSN 2007-8102

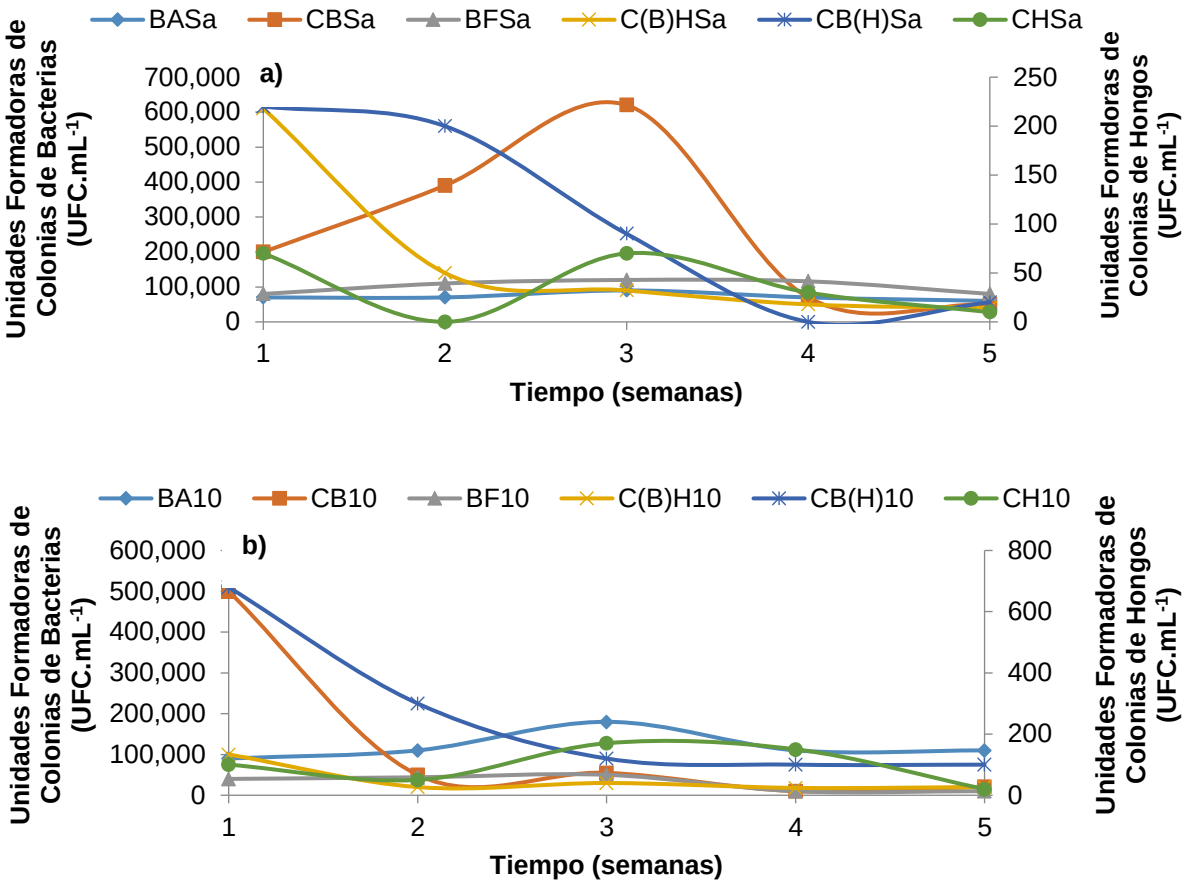


Figura 3. Evaluación de UFC.mL^{-1} en a) suelo con arena b) suelo sin arena

A pesar de este factor limitativo en la mayoría de los tratamientos sin arena, los microorganismos obtuvieron un buen desarrollo en su población. A partir de la cuarta semana de remediación se observa un descenso en la concentración de UFC que puede ser considerado como el ciclo de vida de los microorganismos, encontrándose en la fase de muerte de su ciclo de crecimiento [Madigan y col., 2017] o por causa de la baja concentración de hidrocarburos en las últimas semanas de remediación.

Trabajo a futuro

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, es recomendable la identificación y caracterización de la BA2018 para poder realizar trabajos a futuro que permitan establecer las condiciones óptimas para una mayor remoción de contaminantes. Otro trabajo sería evaluar el efecto del porcentaje de arena en el suelo para biorremediación.

Conclusiones

El comportamiento de los microorganismos en el tratamiento con adición de arena permitió que las cepas bacterianas presentaran una ventaja en la biorremediación, debido al aumento de permeabilidad y por lo tanto la oxigenación del sustrato, sin embargo, el tratamiento con el consorcio de hongos tuvo una mejor remediación en los tratamientos sin arena, la baja permeabilidad del suelo hizo que el agua se acumulara en la superficie, permitiendo el desarrollo de las hifas de los hongos facilitándoles la movilidad. Comprobando que la textura y el tipo de microorganismo actuando en conjunto son factores importantes para una remediación eficiente.

Referencias

1. Álvaro, S.; Arocena, L.A.; Martínez, M.A.; Cecilia, E. y Nudelman, N.E.S. (2017). Biodegradación aerobia de fracciones de hidrocarburos provenientes de la actividad petrolera en un suelo de la región de la Patagonia norte. *Rev. Int. Contam. Ambient*. **33 (2)**: 255-261.
2. Arias-Trinidad, A.; Rivera-Cruz, M.C. y Trujillo-Narcía, A. (2017). Fitotoxicidad de un suelo contaminado con petróleo fresco sobre *Phaseolus vulgaris* l. (*leguminosae*). *Rev. Int. Contam. Ambient* .**33 (3)**, 411-419**.**
3. Bravo, E. (2005). Impactos de la explotación petrolera en América Latina. Accesado el 19 de junio del 2019. https://www.grain.org/es/article/entries/1031-impactos-de-la-explotacion-petrolera-en-america-latina.
4. Carrillo, L. (2013). Manual de Microbiología Agrícola. Microbios del suelo. Accesado el 20 de mayo del 2019. http://www.microbiota.com.ar/sites/default/files/magric13%203-4.pdf
5. Castrillón, O.; Bedoya, O. y Montoya, D.V. (2006). Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. *Rev. P+L*. **1 (2)**, 88-98**.**
6. Castro-Mancilla, Y.V.; Castro-Meza, B.I.; de la Garza-Requena, F.R.; Rivera-Ortiz, P.; Heyer-Rodríguez, L. y Ortiz-Carrizales, Y.P. (2013). Variación de las poblaciones microbianas del suelo por la adición de hidrocarburos. *Rev. Terra Latinoam*. **31,3**. 221-230.
7. Chan, J.G.; Jarquín, A.; Ochoa, S.; Martínez, P.; López, L. y Lázaro, A. (2015). Directrices para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Rev. Redalyc*. **17**, 123-144.
8. Cultura agraria. (2019). Técnica de la arena para mejorar salinidad en suelos y en la cantidad y calidad del agua de riego. Accesado el 08 de abril del 2019. http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2517.
9. Ferrera, C. y Rojas, N. (2006). Procesos de biorremediación del suelo y agua contaminados con hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. *Rev. Latinoam. Microbiol.* **48 (2)**: 179-178.
10. García-López, E.; Zavala-Cruz, J. y Palma-López, D.J. (2006). Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. *Rev. Terra Latinoam*. **647 (24)**: 17-26.
11. Hernández-Acosta, E.; Ferrera-Cerrato, R.; Gutiérrez-Castorena, M.C.; Rodríguez-Vázquez, R.; Rubiños-Panta, J.E. y Fernández-Linares, L. (2003). Bacterias y hongos hidrocarbonoclastas de rizosfera de frijol y maíz, en un suelo contaminado con petróleo. *Rev. Terra Latinoam*. **21 (4)**, 493-502.
12. Jiménez, D.J., Medina, S.A., Gracida, J.N. (2010). Propiedades, aplicaciones y producción de biotensoactivos. Rev. Int.Contam. Ambient. **26 (1)** 65-84.
13. Jiménez, H.V. (2018). Desarrollo de una metodología mediante acoplamiento de bioaumentación, bioestimulación y bioventeo para la remediación de un suelo costero contaminado con hidrocarburos intemperizados.Accesado el 08 de abril del 2019**.** http://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1019/100 .
14. Kristensen, A. H.; Henriksen, K.; Mortensen, L.; Scow, K.M. y Moldrup, P. (2010). Soil physical constraints on intrinsic biodegradation of petroleum vapors in a layered subsurface. *Vadose Zone J*. **9 (1)**, 137-147.
15. López, J. B.; Quintero, A.; Guevara, A.L.; Jaimes, D.C.; Gutiérrez, S.M. y Miranda, J. (2006). Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo. *Rev. Redalyc*.**4**, 82-90.
16. Loya, D.I. (2013). Tecnologías para la restauración de suelos contaminados por hidrocarburos. Especialista en gestión e impacto ambiental. Tesis de licenciatura Para Obtener el Grado de Especialista en Gestión E Impacto Ambiental. Universidad Veracruzana.
17. Madigan, M.; Bender, K.S.; Buckley, D.H.; Sattley, W.M. and Sthal, D.A (2017). Brock biology of microorganisms.15th. Edition. Pearson Higher education. España. 1056.
18. Martín, C.; González, A. y Blanco, M.J. (2004). Tratamientos biológicos de suelos contaminados: contaminación por hidrocarburos. Aplicaciones de hongos en tratamientos de biorrecuperación. *Rev Iberoam Micol*. **21**: 103-120.
19. Mendo, W.L. (2014). Alternativa de biorremediación con bacterias autóctonas de sedimento contaminado de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana.
20. Ramos, J.; Duque, E.; Rodríguez-Herva, J.J.; Godoy, P.; Haïdour, A.; Reyes, F. y Fernández-Barrero, A. 43(1997). Mechanismsfr solvent tolerance in bacteria. *J. Biol. Chem*. **272**: 3887-3890.
21. Villacis, J. (2013). Biorremediación de suelos contaminados con benzo [a] pireno empleando *Pleurotus ostreatus*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México**.**
22. Zavala-Cruz, J.; Jiménez-Ramírez, R.; Palma-López, D.J.; Bautista-Zúñiga, F. y Gavi-Reyes, F. (2016). Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, 765 México. *Rev. Ecosis. Recursos Agrope*. **3**: 161-171

Restauración químico-biológica de un suelo arcillo-limoso contaminado con petróleo en condiciones *in vitro*

T.G. Gómez-Martínez[1], M.G. Rodríguez-Flores[1], M. E. Ojeda-Morales[1], J. S. López Lázaro[1], I. E. Juárez-Palacios[2]*
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, C. P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina, Km 3.5. Carretera Cárdenas-Huimanguillo 86500. H. Cárdenas, Tabasco.
**marcy-ojeda@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El petróleo es un recurso no renovable, base de la economía de numerosos países. Es utilizado para la manufacturación de múltiples productos; infortunadamente, durante su extracción y transporte se ha contaminado grandes extensiones de suelo, cambiando sus características fisicoquímicas, afectando negativamente suelos fértiles, convirtiéndolos finalmente en un problema de salud pública y ambiental. Esta problemática propicia que se realicen investigaciones para el desarrollo de tecnologías sustentables. La presente investigación se basó en realizar una biorremediación de un suelo impactado con 5,163.24 $mg.kg^{-1}$ de petróleo, utilizando un pre-tratamiento oxidativo. Se utilizó un diseño experimental factorial 3x4. El factor 1:3 niveles de microorganismos (consorcio-bacteriano, consorcio-fúngico, consorcio hongo-bacteria), el factor 2: 4 niveles de oxidante (CH_3COOH, H_2SO_4, H_2O_2 y testigo). Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza y prueba de medias Tukey (α=0.05). El tratamiento con mayor remoción de petróleo fue el consorcio-bacteriano y H_2O_2, al disminuir el 71.81 % de petróleo.

***Palabras clave:** Petróleo, oxidación fenton, biorremediación, organismos petrofílicos.*

Abstract

Oil is a non-renewable resource, the basis of the economy of many countries. It is used for the manufacture of multiple products; Unfortunately, large areas of soil have been contaminated during their extraction and transportation, changing their physicochemical characteristics, negatively affecting fertile soils, finally turning them into a public and environmental health problem. This problem leads to research for the development of sustainable technologies. The present investigation was based on bioremediation of an impacted soil with 5,163.24 $mg.kg^{-1}$ of oil, using an oxidative pre-treatment. An experimental factorial design 3x4 was used. Factor 1: 3 levels of microorganisms (consortium-bacterial, consortium-fungal, fungus-bacteria consortium), factor 2: 4 levels of oxidant (CH_3COOH, H_2SO_4, H_2O_2 and control). The data were analyzed by means of an analysis of variance and test of Tukey means (α = 0.05). The treatment with the greatest oil removal was the bacterial consortium and H_2O_2, with 71.81 % of oil decreasing.

***Key words**: Crude oil, fenton oxidation, bioremediation, petrophilic organisms.*

Introducción

La industria del petróleo a nivel mundial constituye una de las actividades industriales más importantes, pues satisface necesidades como la distribución de combustibles, productos químicos industriales, así como generación de energía, prótesis en medicina, etc. Sin embargo, los estragos que el mal manejo de este recurso no renovable ha ocasionado al medio ambiente, muchas veces son irreversibles. En México existen extensas áreas contaminadas con hidrocarburos procesados del petróleo, debido principalmente a derrames, así como a las actividades propias de la industria petrolera.

El estado de Tabasco forma parte de la zona petrolera continental más importante del país. Se estima que hay 26,894 hectáreas ocupadas por instalaciones petroleras; en donde se encuentran aproximadamente 2,017 km de ductos (oleoductos, gasoductos, gasolinoductos) que ocupan del orden de 5,000 hectáreas. Infortunadamente, debido al mal uso durante la perforación, explotación, transporte y almacenaje del petróleo, se han contaminado cientos de hectáreas en zonas agrícolas, industriales e incluso zonas de alta importancia ecológica [Ojeda y col., 2016; Souza y col., 2014; PEMEX, 2013].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Actualmente existen estrategias para remediar los desastres que ha causado las actividades antropogénicas propias de la industria del petróleo a nivel ecológico, haciendo uso de métodos fisicoquímicos y biológicos. La biorremediación es una de las tecnologías más empleadas, debido a los beneficios proporcionados y sus bajos costos de aplicación; esta tecnología se define como la transformación o degradación de contaminantes peligrosos a sus formas químicas menos dañinas, es una atractiva y prometedora tecnología verde. Las bacterias son comúnmente usadas en el proceso de biorremediación, pero otros organismos como hongos, algas o plantas también son empleados [Francis y Nancharaiah, 2015].

Los suelos contaminados pueden ser recuperados a través de la biorremediación, ya que ayuda a disminuir la concentración de los hidrocarburos del suelo, transformándolos a CO_2, agua y biomasa microbiana [Marín y col., 2005]. En los últimos años, se ha estado empleando bacterias degradadoras de petróleo para remediar suelos contaminados debido a que proporcionan la capacidad de realizar tratamiento *in situ,* sin perturbar demasiado los ecosistemas nativos, en comparación a métodos de remediación física y química [Soleimania y col., 2013]. Para mejorar el proceso de remediación, se puede considerar una combinación de una oxidación química (Fenton) *in situ* con biorremediación [Kim y Lee, 2012; Kulik y col., 2006; Li y col., 2016; Tsai, 2009; Valderrama y col., 2009]. Esta combinación mejora las condiciones del medio reduciendo la toxicidad de los contaminantes favoreciendo el desarrollo de la microbiota en el suelo contaminado. Este método implica la inyección de un oxidante, como permanganato [Chen y col., 2016], peróxido de hidrógeno [Laurent y col., 2012], persulfato [Sutton y col., 2014] u ozono [Yu y col., 2007], en el subsuelo para mineralizar los contaminantes, y transformarlos en productos menos tóxicos.

En la presente investigación se considera la aplicación de una oxidación química Fenton, usando diferentes agentes para disminución el pH (ácido sulfúrico, ácido acético, peróxido de hidrógeno) seguida de una biorremediación. Para el proceso de bioaumentación microbiana se emplearán tres tratamientos con microorganismos, los cuales incluyen un consorcio de bacterias, consorcio de hongos y consorcio bacterias-hongos, para determinar el tratamiento que disminuya los niveles de contaminación de petróleo en el suelo de acuerdo a los límites establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1_2012.

Metodología

Obtención de la muestra y caracterización inicial del suelo contaminado

Las muestras de suelo contaminado con petróleo fueron recolectadas en los alrededores de líneas de transporte de petróleo que habían presentado derrames o fugas dentro del sitio Otates localizado en la villa y puerto coronel Andrés Sánchez Magallanes del municipio de Cárdenas, Tabasco. El muestreo se realizó a seis diferentes profundidades: 0-10 cm, 10-30 cm, 30-70 cm, 100-150 cm y 150-200 cm, obteniéndose una muestra de 3 kg de suelo por cada estrato.

La primera fase consistió en la caracterización inicial del suelo contaminado, para esto, se realizaron análisis de hidrocarburos fracción pesada (HFP) e hidrocarburos fracción media (HFM), por el método establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1_2012; por otra parte, se realizó la determinación de viables por el método en placa utilizando diluciones seriadas para conocer el estado original de los microorganismos endógenos, además de medir el pH y granulometría con base en las técnicas establecidas en la NOM-021-SEMARNAT-2012.

Pre-tratamiento por Oxidación química Fenton

La oxidación química Fenton se llevó a cabo de forma óptima a un pH de 3 a 4, debido a que esta condición es necesaria para activar el catalizador de sulfato ferroso. Los tratamientos se establecieron con el uso de diferentes agentes reductores de pH. Los agentes reductores de pH fueron: ácido acético (CH_3COOH) al 80 %, ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 2.5 % y un testigo. El agente oxidante fue peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 10 %.

Preparación del inóculo

Los microorganismos utilizados en este bioensayo fueron evaluados como petrofílicos, y se encuentran en resguardo en el Laboratorio de Biotecnología de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura (D.A.I.A.) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (U.J.A.T.). Para poder realizar la bioaumentación, se reactivaron cepas bacterianas (B1, B3, B5) y fúngicas (H1, H3, H7) las cuales están registradas en el laboratorio de biotecnología. Los microorganismos se reprodujeron en consorcios de bacterias, consorcio de hongos, y en un consorcio de las seis cepas (bacterias+hongos). La producción del inóculo de estos tres tratamientos se realizó en biorreactores de 20 L de capacidad, la relación agua:fertilizante nitrofoska azul fue de 1:2 $v_{(L)}$:$m_{(g)}$, al final se le agregaron al reactor 3 mL de petróleo (ρ_{API}= 23.2) como única fuente de carbono. El agua utilizada tenía una conductividad eléctrica de 679 µS y pH=8.42. El fertilizante puede aportar los macronutrientes necesarios (N, P, K y S) para el crecimiento de la comunidad microbiana. Después de

preparar el medio se adicionó biomasa microbiana en condiciones axénicas, y se mantuvo con un flujo constante de aire de $1.45x10^{-4}$ $m^3.s^{-1}$, durante tres días hasta su adición a los suelos previamente oxidados químicamente.

Diseño experimental

Para cumplir con los objetivos de esta investigación se consideró un diseño factorial 3x4. El factor A, fueron los microorganismos petrofílicas, con tres niveles: consorcio bacteriano, consorcio fúngico y consorcio bacterias-hongos, mientras que el factor B, el agente reductor de pH, con cuatro niveles: ácido acético, ácido sulfúrico, sin agente reductor, y un tratamiento testigo sin oxidación química (Tabla 1). Cada tratamiento constó de una unidad experimental con 3 kg de suelo contaminado a 5,163.24 $mg.kg^{-1}$ de HFP.

Tabla 1. Diseño experimental.

Factor B: Agente reductor de pH	**Factor A: Microorganismo**		
	Bacterias Extremófilas	Hongos Extremófilos	Consorcio Bacterias-Hongos
CH_3CHOO	BE10	HE10	C10
H_2SO_4	BE20	HE20	C20
H_2O_2	BESa	HESa	CsA
Testigo	BEB	HEB	CB

Para la oxidación química de los tratamientos de reacción Fenton se emplearon por cada tratamiento con sus respectivos microorganismos: 600 mL de H_2SO_4 al 2.5 %, 300 mL de CH_3COOH al 80 %, 300 mL de H_2O_2 al 10 %. El volumen del inóculo en cada unidad experimental fue dependiendo del grado de humedad que presentaron después de la oxidación química, es recomendable mantener una humedad del 70 % ±3 con adición de agua potable. La bioaumentación se llevó a cabo cada 72 h con la adición de 150 mL del inóculo.

Variables analizadas en las unidades experimentales

Se establecieron 12 unidades experimentales con tres kg del suelo, una para cada tratamiento establecido en el diseño experimental. El muestreo se realizó cada semana para determinar el avance en la degradación de petróleo. Las variables analizadas en las unidades experimentales fueron: HFP, HFM, pH y unidades formadoras de colonias ($UFC.mL^{-1}$) viables.

Resultados y discusión

Análisis de microscopía electrónica de barrido con espectrometría de energía dispersiva

Al suelo proveniente de Otates se le realizó una caracterización química elemental, como se muestra en la figura 1. La tabla 2 muestra los porcentajes en masa de cada elemento presente, dando como resultado presencia mayoritaria de carbono y oxígeno: 41.71 y 48.06 % respectivamente. Otro elemento interesante registrado fue el aluminio con 3.79 % masa, de acuerdo a [Domínguez y col., 2011], este elemento está asociado a la presencia de petróleo.

Tabla 2. % masa de elementos presentes en el suelo.

Elemento químico	**% Masa**
C	41.71
O	48.06
Mg	0.28
Al	3.79
Si	5.54
S	0.08
K	0.19
Fe	0.33

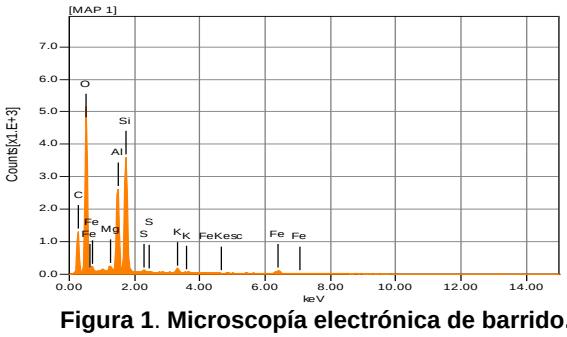


Figura 1. Microscopía electrónica de barrido.

La muestra de suelo compuesta que se utilizó para establecer los tratamientos se caracterizó de forma inicial para tener una base para comenzar con el seguimiento del experimento. Los resultados de dicha caracterización se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Características iniciales del suelo.

HFP ($mg.kg^{-1}$)	**HFM ($mg.kg^{-1}$)**	**HFL ($mg.kg^{-1}$)**	**Humedad (%)**	**pH**	**Colonias Bacterianas ($UFC.mL^{-1}$)**	**Granulometría**
5 163.24	31.05	ND	11.4125	6.4	30x105	Arena Fina

Determinación de viables por método en placa utilizando diluciones seriadas

Otra variable importante en el seguimiento del experimento fue la cantidad de unidades formadoras de colonias microbianas presentes en el suelo. Se realizó una bioaumentación con microorganismos

 ISSN 2007-8102

degradadores de petróleo probados con anterioridad, para disminuir el tiempo de degradación de petróleo. Un factor esencial en el crecimiento de los microorganismos es el pH del suelo, pues de este dependerá el desarrollo poblacional.

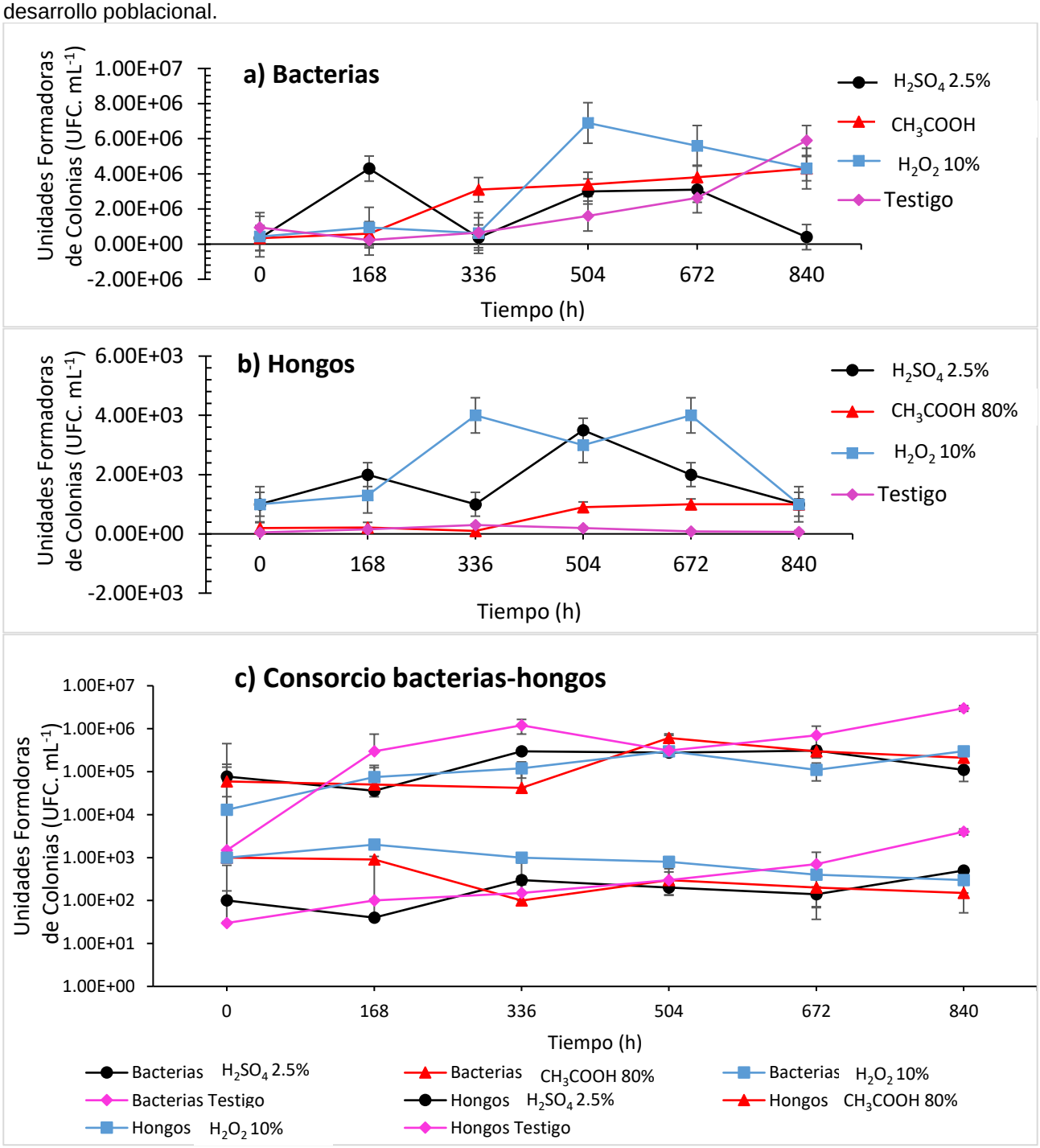


Figura 2. **Resultados de la cuenta de viables en los suelos de cada unidad experimental a) Consorcio bacteriano, b) Consorcio fúngico, y c) Consorcio bacteria- hongo; el experimento se estableció durante 840 h.**

El experimento se estableció durante 840 h (5 semanas). En la Figura 2 se muestra el conteo de células viables de **a)** colonias bacterianas, **b)** colonias fúngicas, **c)** consorcio bacteria-hongo con diversos agentes oxidantes como: H_2SO_4, H_2O_2, CH_3COOH y el testigo.

El mayor crecimiento poblacional microbiano fue en los tratamientos con H_2O_2. En **a)** el crecimiento bacteriano se reflejó a las 504 h ($X=6.9x10^6$ UFC.mL^{-1}), en **b)** se registró el mayor crecimiento fúngico ($X=4.0x10^3$ UFC.mL^{-1}) a las 672 h de inoculación, mientras que, en **c)** el mayor crecimiento poblacional se registró a las 840 h en el tratamiento testigo ($3x10^6$ UFC.mL^{-1}).

Esto representa un crecimiento del 93.76 % en consorcio bacteriano, 75 % consorcio fúngico y para el consorcio bacteria-hongo fue de 99.6 % respectivamente, desde el inicio hasta el final del experimento.

El hecho de que el menor crecimiento poblacional bacteriano se haya registrado en el tratamiento con H_2SO_4 al final del experimento, puede ser debido a la agresividad de este ácido. La acidificación con H_2SO_4 es considerada por muchos técnicos una mala práctica agronómica debido a que atenta contra la vida del suelo, sin embargo, bajo ciertas condiciones, el H_2SO_4 existe naturalmente en el suelo a concentraciones muy bajas. El H_2SO_4 se debe diluir en el agua de riego y ser aplicada a un determinado pH ya que al ingresar al suelo lo modificará gradualmente [Sierra, 2019]. Por otra parte, las cepas bacterianas se reprodujeron mejor en los tratamientos con H_2O_2, de acuerdo a [Xu y col*.,* 2017] menciona que el H_2O_2 tuvo poco efecto negativo en las bacterias debido a la descomposición completa del H_2O_2, sin embargo, se observó un daño significativo de las bacterias debido al tiempo largo y lento de descomposición del H_2O_2.

Determinación de pH

En el presente experimento se evaluó la eficiencia de la oxidación química por la adición de H_2O_2 10%, reduciendo el pH del suelo con ácido sulfúrico (H_2SO_4, 65 %) y ácido acético (CH_3COOH 80 %), también hubo un tratamiento sin adición de agente reductor de pH. En la Tabla 4, se observa el comportamiento de esta variable en cada uno de los tratamientos.

Tabla 4. Mediciones de pH en los tratamientos establecidos de la oxidación química Fenton, el tiempo inicial hasta el tiempo final (840 h después de la inoculación).

Agente oxidante	microorganismo	oxidación química	pH					
			0 h	168 h	336 h	504 h	672 h	840 h
H_2SO_4	Bacterias	4	4.00	3.00	4.00	3.50	4.50	4.50
	Hongos		4.00	3.00	3.50	3.00	4.00	4.00
	Consorcio		5.00	5.50	5.00	5.50	5.50	5.50
CH_3COOH	Bacterias	4	6.00	5.00	5.50	5.00	6.00	5.50
	Hongos		4.00	3.00	3.50	3.50	4.00	4.00
	Consorcio		4.00	3.50	3.50	3.50	3.00	4.00
H_2O_2	Bacterias	5.5	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.50
	Hongos		6.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
	Consorcio		4.00	3.60	3.50	3.50	4.50	4.50
testigo	Bacterias	6	4.00	3.00	3.50	3.00	4.00	4.00
	Hongos		5.00	4.50	5.50	5.50	4.50	5.50
	Consorcio		6.00	5.00	5.50	5.00	3.50	5.00

El pH registrado por las unidades experimentales, tanto de la oxidación con H_2O_2 como los tratamientos testigos fue moderadamente ácido, oscilando en 5± 0.3. En comparación con el pH inicial del suelo (pH=6.4), después de la oxidación y la adición del inóculo microbiano, los pH de las unidades experimentales disminuyeron 1 nivel de pH, sin embargo, esta variación no afectó negativamente el proceso de biorremediación.

Determinación de hidrocarburos del petróleo fracción pesada y media con base en lo establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

Se evaluó el porcentaje de remoción de petróleo implementando distintos oxidantes químicos. Cabe destacar que en todos los tratamientos empleados se apreció la disminución de petróleo.

Después de la primera semana de establecimiento del experimento, los tratamientos testigos, en donde sólo se realizó la bioaumentación con los microorganismos, fueron los que registraron porcentajes de remoción homogéneos, es decir, se obtuvo el 31.54 % de remoción por hongos, 32.93 % de remoción por el consorcio y un 45.08 % de remoción de HFP por bacterias, siendo este último tratamiento el que obtuvo mejores resultados. Sin embargo, en comparación con el porcentaje de remoción final, se obtuvo el 37.89 % de remoción por hongos, 52.15% de remoción por el consorcio y un 61.87 % de remoción de HFP por bacterias.

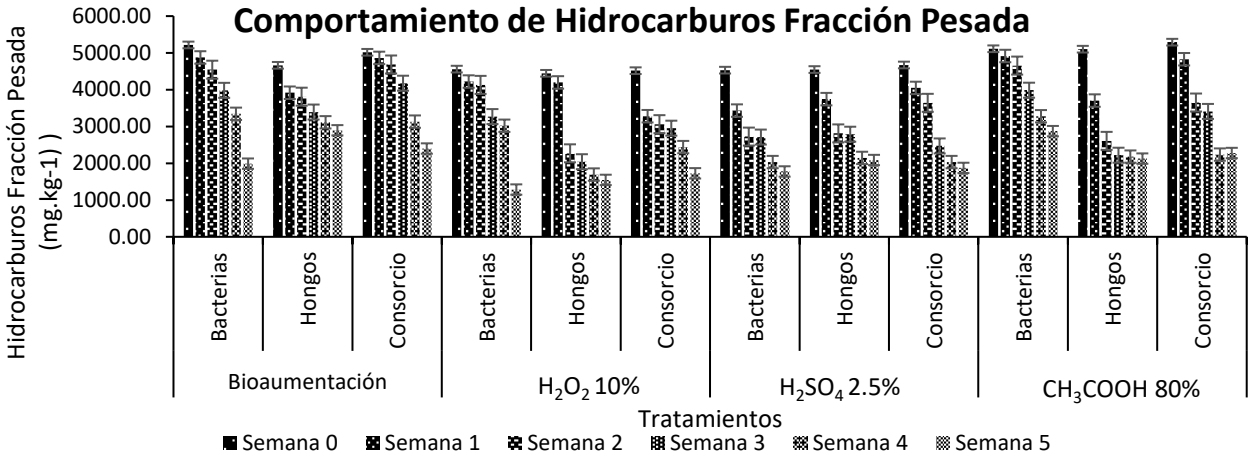


Figura 3. Gráficos de la disminución de Hidrocarburos Fracción Pesada (mg.kg^{-1}) de la semana cero (T0), después de la inoculación, a la semana cinco (T5) en los tratamientos con bioaumentación, oxidación química con H_2O_2, oxidación química con H_2SO_4 y oxidación química con CH_3COOH.

La Figura 3 muestra la degradación de petróleo vía microbiana con diversos agentes reductores de pH. Como se puede observar en el tratamiento con bacterias y H_2O_2 se registraron los niveles más bajos de HFP; con bacterias (71.81 %), hongos (65.19 %) y hongo-bacteria (61.77 %). Presentando un porcentaje de remoción significativa con respecto a la semana inicial, bacterias (69.22 %), hongos (9.25 %) y hongo-bacteria (45.71 %).

Por consiguiente, y tomando como base el oxidante, los tratamientos de oxidación con ácido acético (CH_3COOH) presentaron un índice de remoción del 43.80 % para adición con consorcio bacteriano, 58.31 % de remoción con consorcio fúngico y un 56.95 % de remoción con consorcio bacteria-hongo. El tratamiento con H_2SO_4 registró índices de remoción de 60.79 % para el tratamiento bacteriano, 54.08 % para el tratamiento fúngico y 59.90 % con el tratamiento bacteriano-fúngico.

Además, se realizó una caracterización de hidrocarburos fracción media en cada unidad experimental, pero ninguna de las muestras se reportó arriba del límite máximo permisible. Las unidades experimentales fueron evaluadas semanalmente durante el bioensayo. En el tiempo inicial se reportó presencia de HFM, sin embargo, en los análisis de las semanas posteriores y hasta el término del bioensayo ya no se registró presencia de HFM en todas las unidades experimentales.

Trabajo a futuro

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, es recomendable mejorar las condiciones de permeabilidad en el suelo a biorremediar mediante la adición de agentes como la arena para evitar la necesidad de utilizar una pre-oxidación. Otro trabajo representa en evaluar la velocidad de degradación de otros microorganismos endógenos para probar si son petrofílicos. Al igual probar con otros agentes oxidantes que sean menos agresivos con los microorganismos contenidos en el suelo.

Conclusiones

El microorganismo que generó mayor remoción de petróleo en las unidades experimentales fue el consorcio bacteriano, gracias a que su adaptación a pH ácido no interfiere con su capacidad de desarrollo, alcanzando un mayor porcentaje de remoción (71.81 %) combinándolo con el tratamiento de oxidación de H_2O_2.

Referencias

1. Chen, K., Chang, Y., Chiou, W., 2016. Remediation of diesel-contaminated soil using in situ chemical oxidation (ISCO) and the effects of common oxidants on the indigenous microbial community: a comparison study. J. Chem. Technol. Biotechnol. 91, 1877e1888.
2. Domínguez, M., Zavala, M., and Martínez, P. (2011). Mangrove forest management in Tabasco [www.colpos.mx/tabasco/vinculacion/LIBRO_MANGLARES_DE_TABASCO.pdf]. Graduate School. Mexico.
3. Francis A. Nancharaiah Y. (2015). Environmental Remediation and Restoration of Contaminated Nuclear and Norm Sites. Capter 9. Editorial Elsevier. Pág. 185.

4. Kim, I., Lee, M., 2012. Pilot scale feasibility study for in-situ chemical oxidation using H_2O_2 solution conjugated with biodegradation to remediate a diesel contaminated site. J. Hazard. Mater. 241-242, 173-181.
5. Kulik, N., Goi, A., Trapido, M., Tuhkanen, T., 2006. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by combined chemical pre-oxidation and bioremediation in creosote contaminated soil. J. Environ. Manag. 78, 382-391.
6. Laurent, F., Cebron, A., Schwartz, C., Leyval, C., 2012. Oxidation of a PAH polluted soil using modified Fenton reaction in unsaturated condition affects biological and physico-chemical properties. Chemosphere 86, 659-664.
7. Li, J., Wang, C., Wang, D., Zhou, Z., Sun, H., Zhai, S., 2016. A novel technology for remediation of PBDEs contaminated soils using tourmaline-catalyzed Fenton like oxidation combined with P. chrysosporium. Chem. Eng. J. 296, 319-328.
8. Marin, J.A., T. Hernández, C. García. 2005. Bioremediation of Oil Refinery Sludge by Landfarming in Semiarid Conditions: Influence on Soil Microbial Activity. Envirometal Research 98: 185 195.
9. Ojeda-Morales, M. E., Domínguez-Domínguez, M., Hernández-Rivera, M. A., & Álvarez-Ramírez, J. G. (2016). Biosurfactant Synthesized by Azospirillum lipoferum ALM1B2: Characterization and Application for Environmental Protection. Water, Air, & Soil Pollution, 227(6).
10. Soleimania, M., Farhoudib, M., Christensen, J. 2013. Chemometric assessment of enhanced bioremediation of oil contaminated soils. Journal of Hazardous Materials 254– 255, 372– 381.
11. Souza C., Morozesk M., Duarte I., Bonomo M., Rocha L., Furlan L., Arrivabene H., Monferrán M., Matsumoto S., Milanez C., Wunderlin D., Fernandes M. 2014. Matching pollution with adaptive changes in mangrove plants by multivariate statistics. A case study, Rhizophora mangle from four neotropical mangroves in Brazil. Chemosphere, Volumen 108. Pp. 115-124.
12. Sutton, N.B., Grotenhuis, T., Rijnaarts, H.H.M., 2014a. Impact of organic carbon and nutrients mobilized during chemical oxidation on subsequent bioremediation of a diesel-contaminated soil. Chemosphere 97, 64e70.
13. Tsai, T.-T., Kao, C.-M., Yeh, T.-Y., Liang, S.-H., Chien, H.-Y., 2009. Remediation of fuel oil-contaminated soils by a three-stage treatment system. Environ. Eng. Sci. 26, 651-659.
14. Valderrama, C., Alessandri, R., Aunola, T., Cortina, J.L., Gamisans, X., Tuhkanen T. 2009. Oxidation by Fenton's reagent combined with biological treatment applied toa creosote-comtaminated soil. J. Hazard. Mater. 166, 594–602.
15. Yu, D.Y., Kang, N., Bae, W., Banks, M.K., 2007. Characteristics in oxidative degradation by ozone for saturated hydrocarbons in soil contaminated with diesel fuel. Chemosphere 66,799-66,807.
16. Carlos Sierra. (2019).Es recomendable la aplicación de ácido sulfúrico en el suelo? 03-07-19, de EL MERCURIO Sitio web: http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2017/10/17/Es-recomendable-la-aplicacion-de-acido-sulfurico-en-el-suelo.aspx.
17. Jinlan Xu, Fanxing Kong, Shaohua Song, Qianqian Cao, Tinglin Huang, Yiwei Cu. (Agosto 2017). Efecto de la preoxidación de Fenton sobre la movilización de nutrientes y la subsiguiente biorremediación eficiente de suelos contaminados con petróleo crudo. 03-07-19, de Quemosfera Sitio web: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.087.

Obtención de un Biofertilizante a partir de Hidrólisis Anaerobia de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales

I. A. López-Muñoz[1], A. Alvarado-Vallejo[2], N.A. Vallejo-Cantú[1], A. A. Aguilar-Laserre[1], A. Alvarado-Lassman[1]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 Núm. 852 Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, C.P. 94320, México.
[2]Escuela de Ingeniería y Ciencias, ITESM-Guadalajara, Av. General Ramón Corona #2514. Col. Nuevo México, CP 45138. Zapopan, Jalisco. México
*lassman@prodigy.net.mx
***Área de participación:** Ingeniería Química*

Resumen
Se estudió el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos municipales a través de la generación de un biofertilizante a partir de la hidrólisis anaerobia de la fracción líquida de residuos de frutas y verduras. El biofertilizante obtenido se caracterizó con pruebas fisicoquímicas de pH, Carbohidratos, Grasas, Proteínas, Fósforo (P), Nitrógeno (N) y Potasio (K). Se realizó una complementación nutricional del biofertilizante con dos diferentes sustratos obteniendo dos biofertilizantes. Estos fueron comparados con un biofertilizante comercial en semillas de *Raphanus Sativus* durante un periodo de 5 semanas monitoreando el crecimiento de hojas y la longitud de la planta. Los biofertilizantes obtenidos a partir de la hidrólisis anaerobia muestran resultados favorables debido a que el crecimiento del rábano comparado con el biofertilizante comercial fue similar lo que muestra la efectividad de éstos.

***Palabras Clave:** Hidrólisis Anaerobia, Reactor Hidrolítico y Biofertilizante.*

Abstract
The use of municipal organic solid waste was studied through the generation of a biofertilizer from anaerobic hydrolysis of the liquid fraction of fruit and vegetable residues. The biofertilizer obtained was characterized by physicochemical tests of pH, Carbohydrates, Fats, Proteins, Phosphorus (P), Nitrogen (N) and Potassium (K). A nutritional complementation of the biofertilizer was carried out with two different substrates obtaining two biofertilizers. These were compared with a commercial biofertilizer in the Raphanus Sativus seeds growth for a period of 5 weeks monitoring the growth of leaves and the length of the plant. The Biofertilizers obtained from anaerobic hydrolysis show favorable results because the radish growth was similar to that obtained with the commercial biofertilizer which shows their effectiveness.

***Keywords:** Anaerobic Hydrolysis, Hydrolytic Reactor and Biofertilizer.*

Introducción
La sociedad actual genera una gran cantidad de residuos que afectan no sólo al aire, agua y suelo sino también a la salud de las personas. La correcta gestión de los residuos, asegurando su posterior tratamiento, es una de las claves para conseguir un ambiente sano y salubre. Una forma de disposición de residuos orgánicos es la biodigestión, en la que se emplean procesos aeróbicos (que funcionan con oxígeno) o anaeróbicos (sin presencia de oxígeno) [Ramón y Simanca, 2006]. La digestión anaerobia, se realiza en cuatro etapas donde la hidrólisis, descompone la materia orgánica por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias, que hidrolizan las grasas, proteínas y carbohidratos, transformándolos en compuestos simples como aminoácidos, azúcares y ácidos grasos [García-Peña y col., 2011]. A partir de la digestión anaerobia de materia orgánica se obtienen tres productos básicos: el biogás (60 % metano y 40 % CO_2), un fertilizante orgánico-líquido, comúnmente denominado “biol” y un fertilizante orgánico-lodoso, denominado “biosol” dando como resultado estos productos que son de alto valor energético y económico. Los residuos sólidos y líquidos de la digestión tienen extraordinarias cualidades agronómicas beneficiosas para los cultivos, debido al contenido de nitrógeno, fósforo y potasio que presentan (que los hace potenciales sustitutos de los fertilizantes químicos NPK) [Mangwandi y col., 2013]. Por otra parte, la producción de fertilizantes químicos requiere cantidades significativas de energía fósil, cada vez más costosa por ser una fuente no renovable. En consecuencia, el

aprovechamiento del biol y biosol constituye una potencial estrategia para sustituir de forma sostenible el uso de fertilizantes químicos [Moreno y Cotabarren, 2015]. Siendo una alternativa al tratamiento de los residuos sólidos orgánicos municipales la producción de un fertilizante orgánico obtenido a partir del efluente de un digestor o bioreactor anaerobio [Carhuancho y Guerrero., 2015]. Por esta razón, se considera importante evaluar una alternativa no convencional sin estudios previos para la generación de un biofertilizante utilizando el proceso de digestión anaerobia a partir de residuos de frutas y verduras, a fin de demostrar la aplicabilidad de esta tecnología como propuesta a la gestión ambiental de los Residuos Sólidos Orgánicos, generados en el Mercado Municipal de Orizaba, Veracruz. Se definieron dos biofertilizantes líquidos enriquecidos con una fuente rica en proteína. El primero se adicionó con la merma de alimento para perro de tipo comercial proveniente de una empresa de la región. Para el segundo biofertilizante se empleó como aditivo los residuos de piel, vísceras y espinas provenientes de pescaderías, esto con el fin de incrementar las fuentes NPK, sin generar un aumento en el costo de producción del biofertilizante utilizando los desechos como fuente de sustrato.

Metodología

Obtención de materia prima

Los Residuos de Frutas y Verduras se obtuvieron de un mercado municipal de la ciudad de Orizaba Ver., posteriormente se acondicionaron mediante trituración y molienda en un molino triturador de cuchillas con tornillo transportador marca VEYCO modelo MCV 320, una vez que la materia fue triturada se realizó una dilución 1:1 v/v para la obtención de la fracción líquida para una posterior filtración.

Hidrólisis Anaerobia

La hidrólisis anaerobia de la fracción líquida de los residuos de frutas y verduras se realizó en un Reactor Hidrolítico (RH) bajo condiciones anaerobias con Tiempo de Residencia Hidráulica (TRH) de 24 h alimentando un volumen de 15.5 L/día con una carga orgánica de 8 gDQO/L*d y pH= 5.5-6.5,. A la fracción líquida hidrolizada se realizaron las determinaciones fisicoquímicas mostradas en la Tabla 1 por triplicado para asegurar la confiabilidad de los datos.

Posteriormente con los datos obtenidos de la caracterización se emplearon dos sustratos para complementar el valor nutricional del biofertilizante de la hidrólisis de los residuos de frutas y verduras. El primer sustrato fue alimento comercial (croquetas) para perros debido a su alto contenido de proteína y residuos de pescado. Para el caso de alimento para perro se preparó el sustrato de 100 g de croquetas en 800 mL de agua, se dejó en reposo durante 1 h para poder licuarlo y así obtener la fracción líquida. A los residuos de pescado se aplicó un pretratamiento de triturado para reducir su tamaño, se licuaron 266 g de residuos de pescado (sierra) con 1 L de agua, se retiraron los sólidos para obtener solo la fracción líquida. Se alimentaron bajas cargas orgánicas iniciales de ambos sustratos por separado en el RH utilizando una concentración de 1 g DQO/L para enriquecer fracción liquida de frutas y verduras evitando la saturación de fuentes de nutrientes para las bacterias hidrolíticas, puesto que, de ser así, las bacterias realizarían la degradación completa del sustrato dejando sin fuentes aprovechables la composición química del fertilizante.

Los biofertilizantes obtenidos de la hidrólisis anaerobia se caracterizaron de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos de la Tabla 1.

Tratamiento térmico

Los dos biofertilizantes obtenidos de las mezclas hidrolizadas se colocaron en matraces Erlenmeyer de 250 mL con tapa para posteriormente llevarlos a un sistema de calentamiento denominado “Baño termostático con controlador de temperatura” durante un periodo de 1 h a 90 °C de acuerdo a las condiciones óptimas encontradas por Hernández-Vásquez [2017] las cuales eliminan los microorganismos patógenos, por lo cual al termino del tratamiento térmico de cada biofertilizante se realizó la caracterización microbiológica para *Salmonella spp*, Huevos de Helminto y Coliformes Fecales.

Aplicación del biofertilizante

Se realizaron pruebas de crecimiento para determinar la calidad de los biofertilizantes obtenidos, utilizando semillas de rábano. Las semillas se sembraron en macetas de plástico que contenían como sustrato tierra negra, se sembró por triplicado realizando 4 experimentos, el primero como blanco solamente con la adición de

agua, el segundo con la aplicación del biofertilizante enriquecido con pescado, el tercero con la aplicación del biofertilizante enriquecido con croquetas y el cuarto adicionando un biofertilizante comercial. Para identificar cada experimento se utilizaron macetas de diferentes colores. Se sembraron 9 semillas en cada maceta a una separación de 5 cm una de la otra. Se agregaron 3 mL de cada biofertilizante por cada planta sembrada esto equivale a tres disparos de sus respectivos atomizadores. El biofertilizante fue agregado 1 vez por semana para que los nutrientes estén disponibles cuando la planta los necesite.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos.

Parámetros	Unidades	Método.
pH	---	Potenciométrico 4500-H+ B. Standard Methods
Carbohidratos	g/L	Antrona-Sulfúrico. Finleyand et al. 1973
Grasas	g/L	Extracción Soxhlet 5220 D. Standard Methods
Proteínas	g/L	Método de Lowry
Nitrógeno (N)	mg/L	HACH 10071. Standard Methods
Fósforo (P)	mg/L	Método 4500-PB 4. Digestión con H2SO4 - HNO3
Potasio (K)	mg/L	Método Apha. Fotometría de llama

Resultados

Se realizó la caracterización de los biofertilizantes obtenidos antes y después de la complementación nutricional. En la Tabla 2 se pueden observar los resultados obtenidos de la hidrólisis de la Fracción Líquida (FL) de los residuos de frutas y verduras.

Tabla 2. Caracterización del Biofertilizante con la FL de frutas y verduras

Reactor de Hidrólisis Anaerobia	Entrada	Salida	Unidades
pH	5.7	6.3	-
Grasas	0.38	0.19	g/L
Proteínas	3.8	2.4	g/L
Carbohidratos	12.2	6	g/L
Nitrógeno	11.4	7.9	mg/L
Fósforo	11.26	11.17	mg/L
Potasio	9.7	4.3	mg/L

De acuerdo a los resultados obtenidos, la proporción de los macronutrientes no es adecuada, por lo que es necesario enriquecerlos, por lo cual se optó por la adición de los dos nuevos sustratos para obtener dos biofertilizantes en la Tabla 3, se muestra la cantidad de nutrientes presentes en el primer biofertilizante, el cual fue elaborado a partir de la mezcla de la fracción líquida de los residuos de frutas y verduras con una concentración de 8 g DQO/L y las croquetas de perro, a una concentración de 1 g DQO/L; Este sustrato combinado, fue hidrolizado durante 24 h en el RHA. A este biofertilizante se le denominó: Biofertilizante enriquecido con croquetas. Los nutrientes disminuyeron debido a que las bacterias necesitan de estos componentes, a excepción del fósforo.

Tabla 3. Caracterización del Biofertilizante enriquecido con croquetas

Biofertilizante (1)	Entrada	Salida	Unidades
pH	6.02	6.46	-
Grasas	5.56	2.50	g/L
Proteínas	7.9	5.72	g/L
Carbohidratos	2.5	0.5	g/L
Nitrógeno	16.7	11.1	mg/L
Fósforo	13.84	13.33	mg/L
Potasio	12.3	8.6	mg/L

En la Tabla 4, se muestra la cantidad de nutrientes presentes en el segundo biofertilizante, el cual fue elaborado a partir de la mezcla de la fracción líquida de los residuos de frutas y verduras con una concentración de 8 g DQO/L*d y los residuos de pescado, igual manera que el sustrato de croquetas, a una concentración de 1 g DQO/L*d; Este sustrato combinado, fue hidrolizado durante 24 h en un RH. A este biofertilizante se le denominó: Biofertilizante enriquecido con pescado

Tabla 4. Caracterización del Biofertilizante enriquecido con Pescado

Biofertilizante (2)	Entrada	Salida	Unidades
pH	5.72	6.9	-
Grasas	0.81	0.51	g/L
Proteínas	8.3	5.92	g/L
Carbohidratos	2	1	g/L
Nitrógeno	24.2	14.8	mg/L
Fósforo	12.92	11.31	mg/L
Potasio	14.4	10.3	mg/L

Los biofertilizantes enriquecidos se sometieron a un tratamiento térmico para su almacenamiento, el cual consistió en la eliminación de los organismos patógenos dañinos para la salud, los resultados obtenidos de la caracterización microbiológica de acuerdo a las normas NOM-004 SEMARNAT 2002, NMX-AA-042-SCFI-2015 y NMX-AA-113-SCFI-1999 respectivamente.

- *Salmonella spp:* <3 NMP/100 ml
- Coliformes fecales: <3 NMP/100 ml
- Huevos de helminto: 0 H_L

Para ambos biofertilizantes obtenidos, las pruebas de *Salmonella spp*, Coliformes fecales y Huevos de helminto obtuvieron los valores mínimos permisibles por la norma, por lo cual se descarta la presencia de agentes patógenos.

Los biofertilizantes fueron aplicados a las semillas de rábano, observando que en las macetas donde se aplicaron los 3 biofertilizantes la germinación de estas fue a partir del segundo día mientras que para el agua fue hasta el tercero, contando a partir del día de la germinación el crecimiento semanal del tamaño de la hoja y la longitud de la planta para cada una de las pruebas (Tabla 5).

Las primeras hojas tienen forma de corazón y son lisas, conforme pasaron los días estas perdieron su forma y pasaron a ser de forma alargada y rugosa como podemos observar en las Figuras 1, 2, 3 y 4 el crecimiento a diferentes semanas.

 ISSN 2007-8102

El crecimiento de las hojas fue casi igual como se puede apreciar en las imagenes, pero se pudo notar un crecimiento más sano en las hojas del biofertilizante tanto de pescado como el de croquetas.

Las hojas del biofertilizante comercial empezaron a secarse y tomar un color amarillento durante la cuarta semana, así mismo se pudo apreciar plaga de pulgones en las hojas del biofertilizante comercial y en menor cantidad en las hojas del rábano con agua, mientras que en los biofertilizantes obtenidos de la hidrólisis no presentaba crecimiento de la plaga.

Tabla 5. Crecimiento de las plantas de Rábano

Agua			
Semanas	**Longitud de la planta (cm)**	**Hoja**	
		Ancho (cm)	Largo (cm)
1	1.5	0.8	1
2	3.5	1.2	1.5
3	7	4.5	4.6
4	13	4.5	5.8
5	17	4.5	7.5
Biofertilizante de Croquetas (1)			
Semanas	**Longitud de la planta (cm)**	**Hoja**	
		Ancho (cm)	Largo (cm)
1	2	1.2	1.5
2	4.3	1.5	2
3	10	5	7.5
4	15.7	5	9
5	18.5	5.2	11
Biofertilizante de pescado (2)			
Semanas	**Longitud de la planta (cm)**	**Hoja**	
		Ancho (cm)	Largo (cm)
1	2.1	1.2	1.3
2	4.8	1.5	1.8
3	7	4.5	7.6
4	11.2	5.1	8.5
5	15.4	5.6	10.3
Biofertilizante Comercial Guano de Murciélago			
Semanas	**Longitud de la planta (cm)**	**Hoja**	
		Ancho (cm)	Largo (cm)
1	2.2	1.3	1.2
2	4.8	1.5	1.7
3	8	5	8.2
4	15.6	5.2	9
5	20	5.5	11

 ISSN 2007-8102

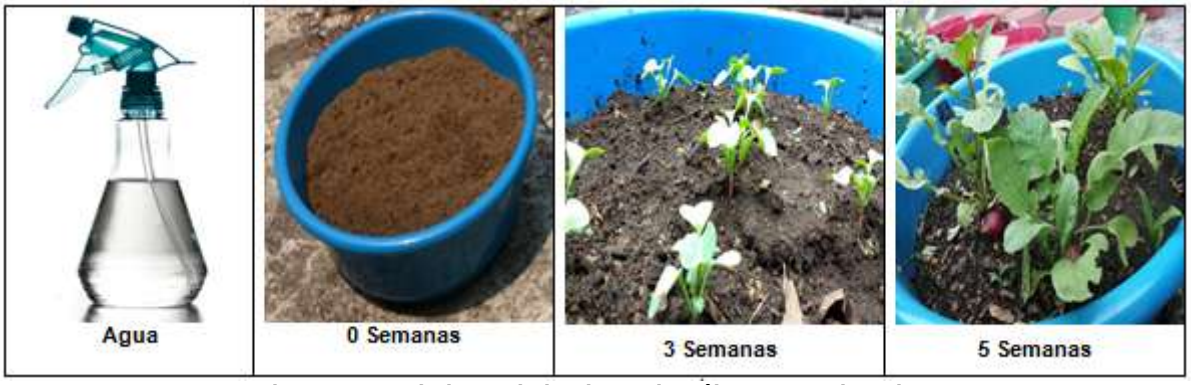


Figura 1. Crecimiento de la planta de Rábano con el testigo



Figura 2. Crecimiento de la planta de Rábano con el Biofertilizante con Croquetas



Figura 3. Crecimiento de la planta de Rábano con el Biofertilizante con Pescado



Figura 4. Crecimiento de la planta de Rábano con el Biofertilizante Comercial Guano de Murciélago

 ISSN 2007-8102

Los rábanos se extrajeron de la tierra en la quinta semana y se midió el ancho y largo con un Vernier para cada prueba (Figura 6) los resultados se observan en la Tabla 6.



Figura 6. Crecimiento de Rábanos a) Croquetas b) Agua c) Comercial d) Pescado

A pesar de que las medidas del Rábano entre los biofertilizantes son muy similares en la quinta semana para el biofertilizante comercial “Guano de Murciélago” las plantas se empezaron a poner de color amarillento.

Tabla 6. Crecimiento del Rábano

Rábano	Largo (cm)	Ancho (cm)
Agua	3.8	3.4
Biofertilizante con croquetas	3.8	4.6
Biofertilizante con pescado	3.1	2.55
Biofertilizante comercial Guano de Murcielago	3.7	3.2

Trabajo a futuro

En futuras investigaciones, se pretende aumentar la carga nutricional de los biofertilizantes adicionando una mayor concentración de sustratos, así como llevar a cabo pruebas con diferentes especies de plantas y vegetales. Por otra parte, establecer un modelo cinético de la hidrólisis anaerobia para cada uno de los materiales empleados obteniendo así la relación sustrato-biomasa adecuados para la degradación de la materia orgánica. Ya se cuenta además con el interés de dos empresas dedicadas a la producción orgánica de arándanos para utilizar el biofertilizante por lo que se establecerán los convenios correspondientes.

Conclusiones

El biofertilizante desarrollado con la fracción líquida de los residuos orgánicos generados en un mercado municipal contiene los macronutrientes principales (eg., N, K, P) para el crecimiento de las plantas de rábano, además es una manera factible de aprovechar los residuos y darles un uso adecuado sin afectar al medio ambiente ni a la población. El enriquecimiento nutricional del biofertilizante utilizando como sustratos la fracción liquida de croquetas para perro da como resultados en el crecimiento del rábano 3.8 cm de largo y 4.6 cm de

ancho; así como, la fracción liquida de los residuos de pescado con valores de 3.1 cm de largo y 2.55 cm de ancho. En comparación con el testigo y el biofertilizante comercial los valores obtenidos del crecimiento del rábano son, respectivamente, (3.8 cm de largo y 3.4 cm de ancho) y (3.7 cm de largo y 3.2 cm de ancho). Siendo el biofertilizante complementado con croquetas el que obtuvo mejores resultados en el crecimiento del rábano en comparación con los demás.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Tecnológico Nacional de México por el apoyo financiero al proyecto 5522.19-P. y a la beca otorgada por el CONACYT para estudios de Maestría con número 631953.

Referencias

1. Carhuancho L., F., Ramírez C., J., y Guerrero B., J. (2015). Gestión ambiental de residuos avícolas mediante digestión anaerobia para la producción de fertilizantes orgánicos líquidos. **76**(1): 125-132.
2. Garcia-Peña, E. I., Parameswaran, P., Kang, D. W., Canul-Chan, M., y Krajmalnik-Brown, R. (2011). Anaerobic digestion and co-digestion processes of vegetable and fruit residues:Process and microbial ecology. Bioresource Technology. **102**(20): 9447-9455.
3. Hernández-Vásquez, L. A. (2017). Aprovechamiento de un lodo residual de la industria citrícolapara la generación de bioenergéticos. Tesis de Maestría. Orizaba, Veracruz: Instituto Tecnologico de Orizaba.
4. Mangwandi, C., Liu, J., Albadarin, A. B., Allen, S. J., y Walker, G. (2013). Alternative method for producing organic fertiliser from anaerobic digestion liquor and limestone powder: High Shear wet granulation. Powder Technology, **233**: 245-254.
5. Moreno , J., Piña, J., y Cotabarren, I. (2015). Produción de Fertilizantes Sólidos a partir de Residuos Líquidos de la Digestión Anaeróbica. Tecnología y Ciencia.(30): 305-314.
6. Ramón, J. y Simanca, J. (2006). Design of a biodigestor of garbage can to obtain gas methane and fertilizers to leave of the fermentation of excrements of pig. Revista Ambiental. Agua, Aire y Suelo, **1**: 15-23.

Concentraciones de BTEX en aire ambiente en la ciudad de León usando muestreadores pasivos

G. *Sánchez Rico[1], J.G. Cerón Bretón[1*], R.M. Cerón Bretón[1]*, S.E.Carranco Lozada[2],M.P.Uc Chi[1]

[1]Facultad de Química, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 Num 4, Esq. Ave. Concordia, Col. Benito Juárez, C.P. 24180, Ciudad del Carmen, Campeche, México

[2] Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT 17), Blvd. Caliope # 1055, Col. Las Joyas, C.P. 37358, León, Guanajuato, México

jceronbreton@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se midieron los niveles atmosféricos de BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y p-xileno) usando muestreadores pasivos en 10 puntos seleccionados de la ciudad de León, Guanajuato del 4 al 24 de junio de 2019. La abundancia relativa fue la siguiente: tolueno (1.5932 μg/m^3)> benceno (0.7426 μg/m^3) > p-xileno (0.6937 μg/m^3) > etilbenceno (0.4880 μg/m^3). Análisis estadísticos bi-variado y de componentes principales mostraron que los BTEX tuvieron una fuerte correlación entre sí, indicando que tuvieron su origen en fuentes en común. El análisis meteorológico y las razones de concentración Tolueno/Benceno y Xileno/Etilbenceno sugieren que el sitio estuvo bajo la influencia de emisiones provenientes de tráfico vehicular. Las partículas atmosféricas PM10 mostraron excedencias al máximo nivel permisible establecido por la normatividad mexicana. Se concluye que existe un riesgo potencial de padecer cáncer en el tiempo de vida debido a la exposición a benceno en el área de estudio, siendo mayor en población infantil.

***Palabras clave**: BTEX, muestreo pasivo, Contaminación atmosférica, Calidad del aire.*

Abstract

The atmospheric levels of BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene and p-xylene) were measured using passive samplers at 10 selected points in the city of León, Guanajuato from June 4 to 24, 2019. The relative abundance was as follows: toluene (1.5932 μg / m^3)> benzene (0.7426 μg / m^3)> p-xylene (0.6937 μg / m^3)> ethylbenzene (0.4880 μg / m^3). Bi-varied and principal component statistical analysis showed that the BTEXs had a strong correlation between each other, indicating that they could be originated from common sources. The meteorological analysis and the concentration ratios Toluene/Benzene and Xylene/Ethylbenzene suggest that the site was influenced by emissions from vehicular traffic. The PM10 atmospheric particles showed exceedances to the maximum permissible level established by Mexican regulations. It could be concluded that there is a potential risk of cancer in the life time due to exposure to benzene in the study area, being higher in children population.

***Key words**: BTEX, passive sampling, Air pollution, Air Quality.*

Introducción

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) comprenden un grupo importante de contaminantes de aire; entre éstos, podemos mencionar al benceno, tolueno, xilenos, hexano, heptano, tricloroetano y percloroetano y el ciclohexano [Colman y Porta, 2011]. El término COV comprende una gran cantidad de compuestos químicos que incluyen a los hidrocarburos alifáticos y aromáticos. Dentro de este grupo de los COVs se encuentra un subgrupo de derivados alquilos del benceno, mejor conocido como BTEX (hidrocarburos aromáticos) [Montero, 2007]. La exposición a BTEX está asociada con efectos a nivel respiratorio tales como asma y reducción de la función pulmonar [Kwon, 2006; Elliott y col., 2006]. En el caso del benceno, dependiendo de la vía de entrada al cuerpo, puede ocasionar desde efectos adversos relativamente pequeños como mareo agudo y crónico, taquicardia, dolores de cabeza y vómito hasta convulsiones, coma y leucemia [Suh, 2000; IARC, 1987]. La importancia de estudio de los COVs aromáticos también reside en su capacidad de ser precursores de ozono troposférico [Atkinson, 1997]. Los BTEX, contribuyen a la formación del smog fotoquímico al reaccionar con otros contaminantes atmosféricos (como óxidos de nitrógeno) y con la luz solar [Mujica y col., 2002; Carter, 1994]. Los

compuestos orgánicos volátiles presentan reacciones de fotooxidación produciendo aerosoles orgánicos secundarios, los cuales afectan la salud humana y los ecosistemas [Huang, 2010]. Existen diferentes métodos para el monitoreo de BTEX, desde método de muestreo continuo (automático), método muestreo activo (empleando bombas para para obtener la muestra de aire) y el método muestreo pasivo, (la muestra se colecta selectivamente por difusión a través de una membrana permeable) [Delgado, 2005]. El método de muestreo pasivo ha sido ampliamente usado en diversas partes del mundo para monitorear contaminantes en áreas geográficas extensas y para conocer las concentraciones promedio, que permitan identificar zonas que requieren monitoreo constante. Este método además ofrece diversas ventajas adicionales como su bajo costo (ya que no se requiere el uso de bombas de vacío para la obtención de la muestra, ni uso de energía eléctrica), facilidad de empleo, la posibilidad de tiempos prolongados de muestreo y permite cubrir un mayor número de puntos en un área dada de estudio [Cano, 2005]. Actualmente no existe suficiente información sobre los niveles de BTEX en aire ambiente monitoreados mediante muestreadores pasivos en México y la mayoría de los trabajos se enfocan a sitios localizados en la Ciudad de México y en áreas fronterizas, usando muestreo activo. Se requiere, por tanto, generar mayor información sobre la distribución de estos compuestos en el aire ambiente de ciudades ubicadas en el centro y norte del país, las cuales presentan un desarrollo urbano e industrial importante. Tal es el caso de la zona del Bajío, destacando la ciudad de León por ser una importante sede de la industria minera, automotriz y del calzado. El objetivo del presente estudio es determinar la concentración de BTEX en aire ambiente en 10 sitios seleccionados con diferente uso de suelo (urbano, industrial y mixto) en la ciudad de León, Guanajuato, así como determinar su relación con las variables meteorológicas y con los contaminantes criterio (O_3, CO, NO_2, SO_2, PM_{10} y $PM_{2.5}$) para inferir sus fuentes de origen durante la estación climática seca de 2019. Adicionalmente se determinará el potencial de riesgo cancerígeno y no cancerígeno que la exposición a estos compuestos puede representar para la población de la ciudad de León.

Metodología

Sitio de estudio

La ciudad de León, cabecera municipal, está situada a los 21°7’44.7” latitud norte y 101°40’25,5” longitud oeste, en el Estado de Guanajuato. El clima es templado, con la variante subtropical subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 19.2°C, precipitación pluvial media anual de 697.6 mm y vientos dominantes del oeste. León es la ciudad que tiene la mayor densidad demográfica del Estado con 1, 578,626 habitantes [INEGI, 2015], lo cual trae como consecuencia el crecimiento de la actividad comercial e industrial, mayores patrones de movilidad y un mayor parque vehicular (373,069 automóviles, 7,582 camiones de pasajeros y 67,681 motocicletas registrados en circulación) [INEGI, 2017]. La producción de calzado y sus industrias relacionadas (curtidora, cartonera, etc.) ocupan un lugar preponderante entre las actividades industriales que se llevan a cabo en la Zona Metropolitana de León (ZML). Sin embargo, existen otras industrias como, las de fabricación de envases plásticos, ladrillera, química, elaboración de cubiertos metálicos, carrocerías, aceites automotrices, productos de alambre de acero e industria automotriz entre otras, que han generado un mayor crecimiento económico e industrial. Por esta razón, es de esperarse que la calidad del aire en esta ciudad se haya degradado en los últimos años como consecuencia de estas actividades.

Muestreo

El muestreo de BTEX en aire ambiente se llevó durante la temporada climática de secas, del 4 al 24 de junio de 2019 en 10 sitios seleccionados de la ciudad de León. La ubicación del sitio específico de muestreo se muestra en la figura 1. Los sitios donde se realizó en muestreo tienen diferentes tipos de uso de suelo, 5 de ellos ubicados en la zona norte (Cecyt-IPN, Universidad de Guanajuato, Colinas de Jade, Facultad de Medicina y Zoológico de León) y 5 sitios localizados en la zona sur de la ciudad (Instituto Tecnológico de León, CICEG, Instituto Municipal de la Mujer, IMSS T-21, Lomas Blancas). Se consideró la siguiente clasificación de los sitios de acuerdo al Reglamento de Zonificación, Uso y Destino de Suelo de la Ciudad de León: Clase 1 (Habitacional de densidad alta; Instituto Municipal de la Mujer, IMSS T21, Lomas Blancas y CECyT), Clase 2 (habitacional residencial de densidad baja y usos mixtos; Universidad de Guanajuato y Colinas de Jade), Clase 3 (Habitacional de densidad media y usos mistos, comercio, servicios e industriales; Facultad de Medicina), Clase 4 (Industria de intensidad media con presencia de tráfico vehicular intenso; Instituto Tecnológico de León y CICEG), Clase 5 (Zona de

 ISSN 2007-8102

Consolidación Urbana; Zoológico de León). El muestreo se llevó a cabo usando muestreadores pasivos de tipo Radiello®, patentado por Fondazione Salvatore Maugeri-IRCCS, Padova (Italia) y distribuido por Sigma-Aldrich. El cartucho es un cilindro de malla de acero inoxidable, con abertura de rejilla de malla 100 y diámetro de 5,8 mm, lleno de 530 ± 30 mg de carbón activado con malla de tamaño de partícula 35-50. Este cartucho está alojado de forma coaxial dentro de un cuerpo difusivo de policarbonato y polietileno microporoso y se dejó expuesto durante un periodo de 15 días en cada uno de los sitios de muestreo considerados en el presente estudio.

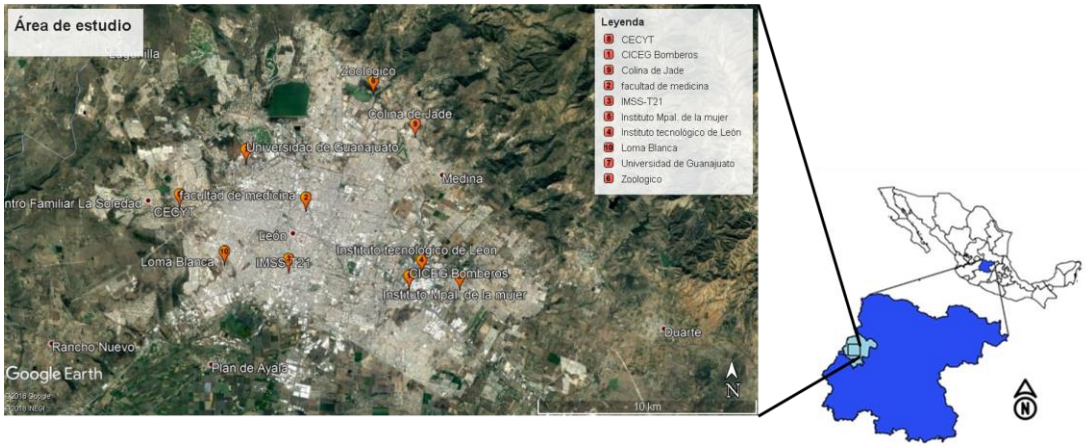


Figura 1. Ubicación del sitio de muestreo.

Análisis Químico

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Ciencias Ambientales de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR). Para la determinación de BTEX se realizó la desorción de cada una de las muestras con 2 ml de disulfuro de carbono (CS_2) en viales de vidrio (Radiello®) durante 10 minutos en baño ultrasónico a una temperatura de 10 °C [Cruz y col., 2017] y analizados por cromatografía de gases en base al método MTA/MA-030/A92 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de España. Una vez realizada la desorción, se procedió a inyectar 1 μL de la muestra desorbida en un equipo de cromatografía de gases con detección de ionización de flama TRACE GC Ultra Gas Chromatographs marca Thermoscientific en modo splitless usando aire extra seco-hidrógeno UAP y nitrógeno UAP como gas acarreador. La columna capilar empleada fue de 30 m x 0.32 mm DI, tipo metil de sílica fundida con un espesor de película de 0.5 μm. Para cuantificar los BTEX medidos se prepararon curvas de calibración a diferentes concentraciones considerando 5 puntos para cada uno de los compuestos de interés y preparados a partir de soluciones patrón.

Análisis meteorológico, contaminantes criterio y análisis estadístico

Los datos meteorológicos fueron obtenidos mediante un sistema *Sodar Dopler*, usando estaciones meteorológicas *Met One* modelos 010, 020, 060-A, 090-C, 099-2, registrando los siguientes parámetros: Temperatura (ºC), Humedad Relativa (%), Velocidad del Viento (km h^{-1}), Dirección del Viento (°Azimut) y Presión Barométrica (bar). Se construyeron rosas de viento representativas para cada día de muestreo con el fin de determinar los vientos dominantes mediante el uso del software WRPLOT [Lakes Environmental software, https://www.weblakes.com/]. Los contaminantes criterio (O_3, SO_2, CO, NO_2, PM10, PM2.5 y plomo) fueron medidos utilizando los analizadores automáticos pertenecientes al Subsistema Estatal de Información de Calidad del Aire (SEICA). Los datos de BTEX y parámetros meteorológicos se analizaron estadísticamente utilizando el software XLSTAT versión 2017.1 [XLSTAT, 2017]. Se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney ($\alpha = 0.05$) para evaluar las diferencias entre los resultados de BTEX obtenidos en la zona norte y sur del área de muestreo. Por otro lado, la correlación de Pearson se utilizó para identificar las relaciones bivariadas entre los contaminantes criterio y variables meteorológicas. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para explicar la varianza y descubrir la estructura del conjunto de datos. Este método ha sido ampliamente utilizado en estudios ambientales para identificar patrones en los datos [Abdul Wahab y col., 2005]. Se realizaron análisis de estadística

descriptiva de los contaminantes y de las variables medidas. Se generaron gráficas de excedencias a la normatividad mexicana, para SO_2, CO, O_3 y PM_{10}.

Determinación del Riesgo a la Salud por inhalación de BTEX
La exposición diaria (mg kg^{-1} por día) de un individuo por inhalación puede ser calculada como (USEPA, 1998):

$$E = C \bullet Ira \bullet Da / Bwa \quad (1)$$

En dónde *C* (mg m^{-3}) es la concentración promedio de benceno, *Ira* es la tasa de inhalación de un adulto (0.83 m^3 h^{-1}), *Da* es la duración de la exposición de un adulto (24 h $día^{-1}$) y *Bwa* es el peso del cuerpo de un adulto promedio -- 65 kg -- (USEPA, 1998). El riesgo de cáncer en el tiempo de vida (The Lifetime Cancer Risk: LTCR, por sus siglas en inglés) es entonces calculado como:

$$LTCR = E \bullet SF \quad (2)$$

En dónde *SF* es el factor de la pendiente de riesgo por inhalación de tóxicos cuando el efecto carcinogénico por exposición es considerado como lineal. Aquí se considerará el valor propuesto de *SF* para benceno (0.029 mg kg^{-1} por día) por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, 2009 a, 2009 b). El riesgo no cancerígeno de BTEX será medido como un cociente de riesgo (HQ):

$$HQ = C / Rfc \quad (3)$$

En dónde *C* es la concentración promedio recibida diariamente y *Rfc* es la concentración de referencia de inhalación, propuestas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, para benceno (0.03 mg m^{-3}), tolueno (5 mg m^{-3}), etilbenceno (1 mg m^{-3}) y xileno (0.1 mg m^{-3}) [USEPA, 2002].

Resultados y discusión

A continuación, se muestra en la Tabla 1 la estadística paramétrica de los BTEX medidos en el sitio de estudio durante la estación seca de 2019 (del 4 al 24 de junio de 2019). Puede observarse que la abundancia relativa de los BTEX (considerando concentraciones promedio) en aire ambiente del área de estudio fue la siguiente: tolueno >benceno> xileno> etilbenceno.

Tabla 1. Estadística paramétrica de los BTEX medidos en el sitio de estudio durante la estación seca de 2019

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Benceno (µg/m^3)	0.526	1.318	0.743	0.225
Tolueno (µg/m^3)	0.658	3.828	1.593	0.890
Etilbenceno (µg/m^3)	0.401	0.673	0.488	0.078
Xileno (µg/m^3)	0.416	1.301	0.694	0.250

En la tabla 2 puede observarse que todos los BTEX mostraron mayores concentraciones en sitios con un tipo de uso de suelo clase 4 (industrial de intensidad media, con alto flujo vehicular), sin embargo al realizar la prueba de Mann Whitney no se observaron diferencias significativas, esta prueba también fue utilizada para analizar las diferencias observadas en las concentraciones de los BTEX entre las zonas Norte y Sur (Figura 2), éstas diferencias tampoco fueron estadísticamente significativas a un nivel de significancia de α=0.05. Se calcularon las razones de concentración entre los BTEX (Tolueno/Benceno y Xileno/Etilbenceno) con el objeto de identificar el probable origen de estos compuestos durante el periodo de estudio para estimar si, las emisiones fueron móviles o de área e inferir la edad fotoquímica de dichas emisiones (frescas o añejas). La razón Tolueno/Benceno ha sido comúnmente usada como un indicador de emisiones de tráfico vehicular ya que benceno y tolueno son constituyentes de la gasolina y son emitidos a la atmosfera a partir de escapes de vehículos a motor. El contenido de tolueno en la gasolina se ha reportado de 3 a 4 veces más alto que el contenido de benceno [Pekey y Yilma, 2011]. Los valores de esta razón (T/B) menores de 2-3 son característicos de emisiones vehiculares y han sido

 ISSN 2007-8102

reportados en este rango para muchas áreas urbanas alrededor del mundo [Elbir y col., 2005]; mientras que valores mayores a 3 pueden indicar que los niveles de BTEX pudieron estar asociados con otras fuentes diferentes a las vehiculares, tales como instalaciones industriales y fuentes de área (emisiones evaporativas, talleres de pintura automotriz, emisiones procedentes de procesos de cocción de alimentos, talleres de serigrafía, tintorerías, entre otros).

Tabla 2. Concentraciones promedio de BTEX por tipo de uso de suelo de acuerdo a la Zonificación de Uso y destino de Suelo de la Ciudad de León.

	BENCENO (µg/m³)	TOLUENO (µg/m³)	ETILBENCENO (µg/m3)	XILENO (µg/m³)
CLASE 1	0.725	1.235	0.490	0.690
CLASE 2	0.748	1.826	0.496	0.716
CLASE 3	0.588	1.388	0.439	0.553
CLASE 4	0.959	2.600	0.545	0.888
CLASE 5	0.526	0.753	0.401	0.416

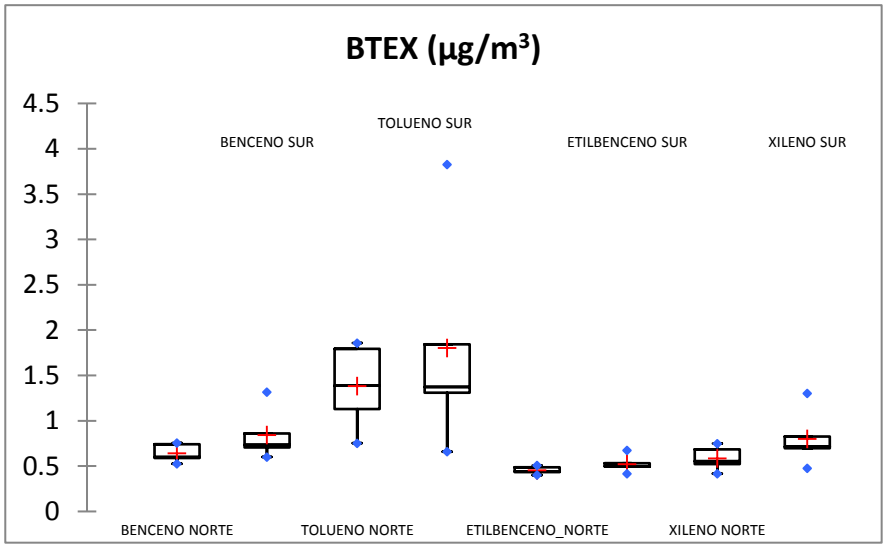


Figura 2. Estadística descriptiva de los BTEX medidos para la clasificación por zona de los sitios estudiados. Nota: ◊ representa a los valores máximo y mínimo, + representa a la media, la línea central representa a la mediana y los límites de la caja son el primer y tercer cuartil. La caja no tiene significado estadístico, sólo se indica para mejor visualización.

La razón Xileno/Etilbenceno es comúnmente usada como un indicador de la edad fotoquímica de las masas de aire en un sitio dado. Una razón de 3.6:1 de estos compuestos ha sido establecida como un valor típico de esta relación para estas especies [Keymeulen y col., 2001]. Valores superiores a 4.4 de esta razón indican masas de aire añejas, mientras que resultados por debajo de ese valor indican que las masas de aire son frescas (emisiones recientes). Kuntasal [2017] usó un valor de 3.8 para esta razón. La razón promedio de concentraciones Tolueno/Benceno para este estudio fue de 2.064. Este valor es característico de emisiones vehiculares y está de acuerdo con lo que se ha reportados para muchas áreas urbanas alrededor del mundo, indicando que las concentraciones de BTEX en el sitio de muestreo estuvieron influenciadas principalmente por fuentes vehiculares. Por otro lado, el promedio de la razón Xileno/Etilbenceno fue de 1.385, indicando que las masas de aire conteniendo a los BTEX fueron frescas (emisiones recientes). La Tabla 3 y la Figura 3 muestran los resultados del análisis estadístico bi-variado y del análisis estadístico multivariado (Análisis de Componentes Principales) para la zona de estudio durante la temporada climática de secas 2019. De acuerdo a la Tabla 4, puede observarse que todos los BTEX presentaron correlaciones positivas significativas entre ellos y con Ozono, indicando que

 ISSN 2007-8102

estos compuestos pudieron tener su origen en fuentes en común (emisiones vehiculares y actividad fotoquímica). Ya que el ozono es un trazador de actividad fotoquímica. Todos los BTEX mostraron correlación negativa significativa con la humedad relativa y con la Temperatura, indicando que estos parámetros meteorológicos pudieron haber influenciado la degradación de BTEX en aerosoles orgánicos secundarios, así como el proceso de lavado de los BTEX en la columna de aire cuando se presentan altos valores de humedad relativa. El Análisis multivariado (análisis de componentes principales: (ACP) para el periodo de estudio (Figura 3) agrupó a las variables en dos factores (componentes), el Factor F1 que incluyó a los BTEX, Ozono y humedad relativa (grupo de compuestos influenciados por actividad fotoquímica), y el Factor F2 que incluyó al SO_2, PM10 y Temperatura, donde se muestran los contaminantes con mayor influencia de la temperatura.

Tabla 3. Matriz de Correlación de Pearson para las variables medidas en el presente estudio durante la temporada climática de Secas 2019.

Variables	BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO	SO2 (ppm)	O3 (ppb)	PM10 (µg/m3)	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)
BENCENO	**1**	**0.980**	**1.000**	**1.000**	0.788	**0.953**	-0.081	**-0.930**	-0.554
TOLUENO	**0.980**	**1**	**0.975**	**0.982**	0.649	**0.994**	0.120	**-0.984**	-0.709
ETILBENCENO	**1.000**	**0.975**	**1**	**0.999**	0.803	**0.946**	-0.105	**-0.920**	-0.534
XILENO	**1.000**	**0.982**	**0.999**	**1**	0.783	**0.956**	-0.072	**-0.933**	-0.562
SO2 (ppm)	0.788	0.649	0.803	0.783	**1**	0.565	-0.677	-0.506	0.075
O3 (ppb)	**0.953**	**0.994**	**0.946**	**0.956**	0.565	**1**	0.224	**-0.998**	-0.780
PM10 (µg/m3)	-0.081	0.120	-0.105	-0.072	-0.677	0.224	**1**	-0.292	-0.785
Humedad Relativa (%)	**-0.930**	**-0.984**	**-0.920**	**-0.933**	-0.506	**-0.998**	-0.292	**1**	0.822
Temperatura (°C)	-0.554	-0.709	-0.534	-0.562	0.075	-0.780	-0.785	0.822	**1**

Los valores en negritas fueron los valores de correlación que fueron estadísticamente significativos con un valor de α = 0.05

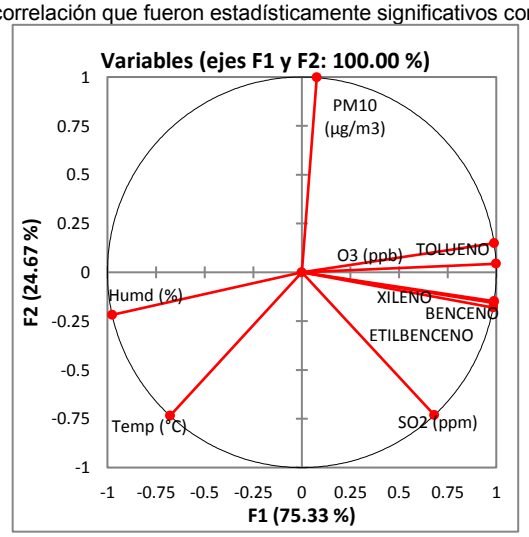


Figura 3. Biplot resultante del análisis ACP para el periodo de estudio.

El análisis de Calidad del aire considerando a los contaminantes criterio medidos en las tres estaciones de monitoreo de calidad del aire en la Ciudad de León (CICEG, IMSS T21 y Facultad de Medicina), reveló que todos los contaminantes criterio se encontraron por debajo del límite máximo permisible establecido por la normatividad mexicana, con excepción de las partículas atmosféricas PM10 en los sitios de CICEG y Facultad de Medicina (Ver Figuras 4 a y 4 b).

 ISSN 2007-8102

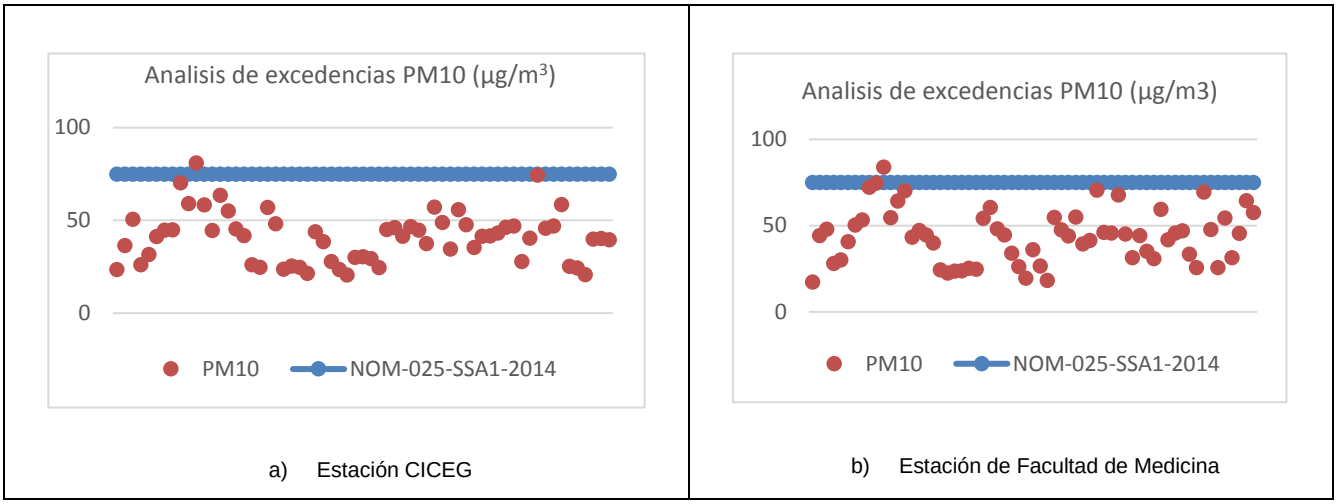


Figura 4. Gráficas de excedencias a la Normatividad Mexicana para partículas atmosféricas PM10 en el área de estudio.

Se estimó el Coeficiente de Riesgo de Cáncer para benceno (LTCR) y el Coeficiente de Riesgo de No Cáncer (HQ) para todos los BTEX monitoreados en el sitio de estudio de acuerdo a la metodología de la US-EPA, considerando tanto población infantil como adulta. El coeficiente HQ permite saber si las concentraciones a las que está expuesta la población sobrepasan los niveles de referencia de inhalación, es decir, si HQ > 1, la concentración inhalada por la población es mayor al valor de referencia, lo que indicaría que la comunidad tiene probabilidades de presentar algún padecimiento diferente del cáncer (enfermedades respiratorias y/o cardiovasculares), los valores de HQ en este estudio se encontraron en el rango de 0.017 a 0.043, con un valor promedio de 0.0247. por lo que considerando que estos valores fueron menores a 1, la población no presenta riesgo de padecer enfermedades diferentes del cáncer a causa los contaminantes en evaluados (BTEX). El valor de referencia para el LTCR (establecido por la Organización Mundial de la Salud) es de 1 x 10^{-6}, los valores correspondientes al LTCR en el presente estudio estuvieron en un rango de 6.71 x 10^{-6} a 1.17 x 10^{-5} con un valor promedio de 6.6 x 10^{-6} para adultos; mientras que, para niños, los valores de ILTCR fueron mayores (rango de 1.71 x 10^{-5} a 4.28 x 10^{-5}, con un valor promedio de 2.41 x 10^{-5}). De acuerdo con Sexton y colaboradores [2007], existe un Riesgo posible de cáncer, si el valor de LTCR se encuentra entre 1x 10^{-5} y 1x 10^{-6}, por lo cual, las concentraciones de benceno a las cuales se encuentran expuestos los habitantes de León supone un riesgo posible de desarrollar cáncer en el tiempo de vida.

Conclusiones

La abundancia relativa de BTEX tuvo el siguiente orden: tolueno (1.5932 µg m^{-3}) > benceno (0.7426 µg m^{-3}) > xileno (0.6937 µg m^{-3}) > etilbenceno (0.4880 µg m^{-3}). Los BTEX mostraron mayores concentraciones en la zona Sur de la Ciudad de León y en los sitios clasificados dentro de la Clase 4 con tipo de uso industrial de intensidad media y alto flujo vehicular. Las razones de BTEX indicaron que el área de estudio estuvo influenciada por emisiones locales y frescas (tráfico vehicular). El análisis bi-variado y el ACP permitieron confirmar que los BTEX tuvieron su origen en fuentes en común y estuvieron influenciados sus niveles por emisiones de tráfico vehicular y actividad fotoquímica. El único contaminante criterio que excedió el límite establecido por la normatividad mexicana vigente fueron las partículas atmosféricas PM10. El análisis de riesgo a la salud mostró que ninguno de los BTEX medidos representa un riesgo de padecer enfermedades diferentes al cáncer (cardiovasculares y/o respiratorias), sin embargo, existe un riesgo posible de desarrollar cáncer en el tiempo de vida por exposición a las concentraciones de benceno encontradas. Por lo anterior, se requiere realizar mediciones continuas de estos compuestos en la zona de estudio a largo plazo y cubriendo un mayor número de puntos y se comprobó que el uso de muestreadores pasivos puede ser una herramienta muy útil para poder lograr este objetivo.

Referencias

1. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR). *Minimal Risk Levels List.* recovered from https://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.asp

2. Atkinson, R. (2000). Atmospheric chemistry of VOCs and NOx. *Atmospheric environment*. **(34)** 12-14, 2063-2101.
3. Atkinson, R. (1997). Gas-phase tropospheric chemistry of volatile organic compounds: 1. Alkanes and alkenes. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*. **(26)** 215-290.
4. Carter, W. P. (1994). Development of ozone reactivity scales for volatile organic compounds. *Air & waste*, **(44)** 881-899.
5. Colman, J. y Porta, A. (2011). Uso de monitores de difusión pasiva en estudio de calidad de aire. Estudio de recuperación de compuestos orgánicos volátiles adsorbidos. *AfinidAd.* **(68)** 556.
6. Cruz, L. P.; Alves, L. P.; Santos, A. V.; Esteves, M. B.; Gomes, Í. V. and Nunes, L. S. (2017). Assessment of BTEX concentrations in air ambient of gas stations using passive sampling and the health risks for workers. *Journal of Environmental Protection*. **(8)**12.
7. Delgado, S. J. M. (2005). *Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea*. Universitat Jaume I.
8. Elliott, L.; Longnecker, M. P.; Kissling, G. E. and London, S. J. (2006). Volatile organic compounds and pulmonary function in the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–1994. *Environmental health perspectives*. **(114)** 1210.
9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de España. (1983). *NTP 151: Toma de muestras con captadores pasivos. Ministerio del trabajo y Asuntos Sociales de España*. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_151.pdf
10. International Agency for Research on Cancer. IARC. (1987). *Benzene*. Recuperado de: https://www.iarc.fr/
11. Huang, M.; Wang, Z.; Hao, L. and Zhang, W. (2010). Density functional theory study on the mechanism of OH-initiated atmospheric photooxidation of ethylbenzene. *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, **(944)** 1-3, 21-33.
12. Keymeulen R,; Görgényi M.; Héberger K.;Priksane A.; Van Langenhove H. (2001) Benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes in ambient air and *Pinus sylvestris* L. needles: a comparative study between Belgium, Hungary and Latvia. Atmospheric Environment. **(35)**:6327–6335.
13. Kuntasal, Ö.O. (2017) Organic Composition of Particles and Gases in the Ankara Atmosphere. Ph.D. Thesis, Middle. East Technical University (METU), Ankara, Turkey, unpublished thesis.
14. Kwon, J.; Weisel, C. P.; Turpin, B. J.; Zhang, J.; Korn, L. R.; Morandi, M. T. ... and Colome, S. (2006). Source proximity and outdoor-residential VOC concentrations: results from the RIOPA study. *Environmental science & technology*, **(40),** 4074-4082.
15. Montero, J. M. S. (2007). Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente. *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia.*
16. Mugica, V.; Vega, E.; Ruiz, H.; Sanchez, G.; Reyes, E. and Cervantes, A. (2002). Photochemical reactivity and sources of individual VOCs in Mexico City. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, **(53)** 209-217.
17. Cano, J. V. E. and Saborit, J. D. (2005). Medida de contaminantes atmosféricos: métodos pasivos frente a métodos automáticos. *Dpto. de Química Inorgánica y Orgánica, Universidad Jaume I, Castellón*.
18. Suh, H. H.; Bahadori, T.; Vallarino, J. and Spengler, J. D. (2000). Criteria air pollutants and toxic air pollutants. *Environmental Health Perspectives*, **(108)**, 625.
19. United States Environmental Protection Agency, USEPA (2009) b. Risk assessment guidance for superfund volume I: human health evaluation manual. Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment: final [EPA Report] (EPA/540/-R-070/002).
20. XLSTAT, 2017. Paquete estadístico para Microsoft Excel, XLSTAT. (online) Recuperado de: http://www.xlstat.com/es/descargar.
21. Zhang, Y.; Mu Y.; Meng F.; Li H., Wang X.; Zhang W.; Mellouki A.; Gao J.; Zhang X.; Wang, S. and Chai F.(2014) The pollution levels of BTEX and carbonyls under haze and non-haze days in Beijing, China. Science of the Total Environment, **(490)** 391-396.
22. International Agency for Research on Cancer. Agents classified by the IARC monographs, volumes 1–122; 2018.

Niveles atmosféricos de BTEX y contaminantes criterio en un sitio de León, Guanajuato.

S. *Martínez Morales[1], G. Sánchez Rico[1], J.G. Cerón Bretón[1*], R.M. Cerón Bretón[1]*, A.V. Córdova Quiroz[1]

[1]Facultad de Química, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 Núm. 4, Esq. Ave. Concordia, Col. Benito Juárez, C.P. 24180, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

jceronbreton@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se midieron los niveles de hidrocarburos aromáticos (BTEX) y contaminantes criterio (CO, O_3, NO_2, SO_2 y PM10) en aire de un sitio industrial en la ciudad de León durante la temporada de lluvias 2018. La abundancia relativa de los BTEX fue: etilbenceno (16.2133 μg/m³)> tolueno (16.1280 μg/m³) > p-xileno (3.5770 μ/m³) > benceno (0.9256 μg/m³). Las concentraciones promedio para CO, O_3, SO_2, NO_2 y PM10 fueron de 0.4446 ppm, 30.4366 ppb, 9.5113 ppb, 4.9098, ppb, y 32.3943 μg/m³, respectivamente. El análisis multivariado identificó las siguientes asociaciones: 1) contaminantes influenciados por fuentes industriales, temperatura y humedad relativa (O_3, SO_2, PM10; 2) contaminantes derivados de emisiones vehiculares (CO, NO_2, benceno, p-xileno); y 3) contaminantes influenciados por la actividad fotoquímica (tolueno y etilbenceno). El estudio de riesgo a la salud permite inferir que existe un riesgo posible de padecer cáncer debido a la exposición a benceno en el área de estudio.

***Palabras clave**: BTEX, contaminantes criterio, León, Calidad del aire.*

Abstract

The levels of aromatic hydrocarbons (BTEX) and criteria pollutants (CO, O_3, NO_2, SO_2 and PM10) in air of an industrial site in the city of León during the rainy season 2018 were measured. The relative abundance of the BTEX was: ethylbenzene (16.2133 μg/m³)> toluene (16.1280 μg/m³)> p-xylene (3.5770 μg/m3)> benzene (0.9256 μg/m³). The mean concentrations for CO, O_3, SO_2, NO_2 and PM10 were 0.4446 ppm, 30.4366 ppb, 9.5113 ppb, 4.9098, ppb, and 32.3943 μg/m³, respectively. The multivariate analysis identified the following associations: 1) pollutants influenced by industrial sources, temperature and relative humidity (O_3, SO_2, PM10; 2) pollutants derived from vehicle emissions (CO, NO_2, benzene, p-xylene); and 3) contaminants influenced by photochemical activity (toluene and ethylbenzene). The health risk study allows us to infer that there is a possible risk of cancer due to benzene exposure in the study area.

***Key words**: BTEX, criteria pollutants, León, Air Quality.*

Introducción

La calidad del aire puede verse afectada por diferentes tipos de contaminantes atmosféricos que ante distintas condiciones ponen en riesgo la salud de los ciudadanos [Vázquez y col. 2012]. Las actividades que producen emisión de contaminantes atmosféricos incluyen desde el uso de fogatas hasta la industrialización de las grandes ciudades [Vallejo y col., 2002]. El monitoreo atmosférico, es uno de los indicadores principales de la calidad del aire, además de representar una herramienta de gestión para instrumentar acciones de prevención y control de los contaminantes presentes en la atmósfera [SIMEG, 2017]. Los contaminantes atmosféricos se clasifican normalmente en Material Particulado (PM10 ≤ 10 μm y PM2.5 ≤ 2.5 μm) y Contaminantes Gaseosos. Los contaminantes gaseosos incluyen compuestos azufrados (SO_2), monóxido de carbono (CO), compuestos nitrogenados (NO_2), compuestos orgánicos (COVs), ozono (O_3), entre otros. Una categoría de sustancias contaminantes de importancia creciente en las últimas décadas es la de compuestos orgánicos volátiles (COVs), estos son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente. Son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural, a partir de la evaporación de disolventes, pinturas, pegamentos y otros productos empleados y almacenados en hogares y centros de trabajo. El impacto negativo en el ambiente y sobre la salud pública de estos compuestos se ha convertido en un

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

tema de preocupación, ya que algunos de ellos son cancerígenos y tóxicos para el ser humano. Dentro de los COVs existe un subgrupo llamado BTEX que incluye al benceno, tolueno, etilbenceno y xileno. Estos compuestos son conocidos por ser tóxicos, también juegan un papel importante en la química troposférica debido a su participación activa en reacciones fotoquímicas, además de ser precursores de ozono troposférico [Cerón, 2014]. A nivel nacional los mayores esfuerzos en el control de la contaminación del aire se han enfocado en la Zona Metropolitana de la CDMX y en el resto del país el estudio de la contaminación atmosférica los estudios son escasos. Uno de los centros urbanos e industriales más importantes de la zona centro del país es la Ciudad del León Guanajuato. León pertenece al Grupo 2 (Zonas Metropolitanas y ciudades con más de 1 millón y menos de 4 millones de habitantes), es uno de los 5 municipios más importantes del estado de Guanajuato, además de que según el INEGI [2015], es el municipio más poblado del estado. En este lugar están consolidadas vocaciones económicas: la atención de la salud de alta especialidad y diagnóstico, la educación superior y la investigación, así como el turismo de negocio. Por lo tanto, los efectos potenciales relativos de la calidad del Aire sobre la población y los ecosistemas, constituyen una de las principales preocupaciones en esta región. Por esta razón el presente trabajo pretende estudiar la calidad del Aire del municipio de León considerando tanto a los contaminantes criterios como a los BTEX presentes en el aire de un sitio industrial de la ciudad de León, para inferir sus posibles fuentes y evaluar el riesgo a la salud de la población. Este trabajo pretende aportar también información acerca del comportamiento de los contaminantes monitoreados que pueda ser de ayuda a las instituciones gubernamentales para generar y/o actualizar planes que mitiguen el riesgo a la salud al cual podría estar expuesta la población.

Metodología

Sitio de estudio

León, Guanajuato se localiza en las coordenadas 21°07′11″N y 101°40′50″O. De acuerdo con la encuesta intercensal 2015 [INEGI, 2015], tiene una población de 1 578 626 habitantes, lo que la convierte en la localidad más poblada del estado, forma parte del Área Metropolitana de León, que junto con los municipios aledaños (Silao de la Victoria, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón), conforma la séptima metrópoli más grande del país. Es una ciudad con vocación empresarial, su liderazgo en la producción de artículos de piel le han conferido el mérito de ser la "Capital Mundial de la Piel y del Calzado", pero también ha prosperado la industria automotriz, minera y de alimentos. Cuenta además con una adecuada infraestructura turística de primer nivel es frecuente la realización de exposiciones, congresos y convenciones. Por esta razón, es de esperarse que la calidad del aire en esta ciudad se haya degradado en los últimos años como consecuencia del desarrollo urbano y derivado de dichas actividades. La ubicación del sitio específico de muestreo se muestra en la Figura 1, localizado dentro de las instalaciones de la Estación de Bombero CICEG, en donde se ubica la estación de monitoreo atmosférico perteneciente al Gobierno del Estado de Guanajuato.

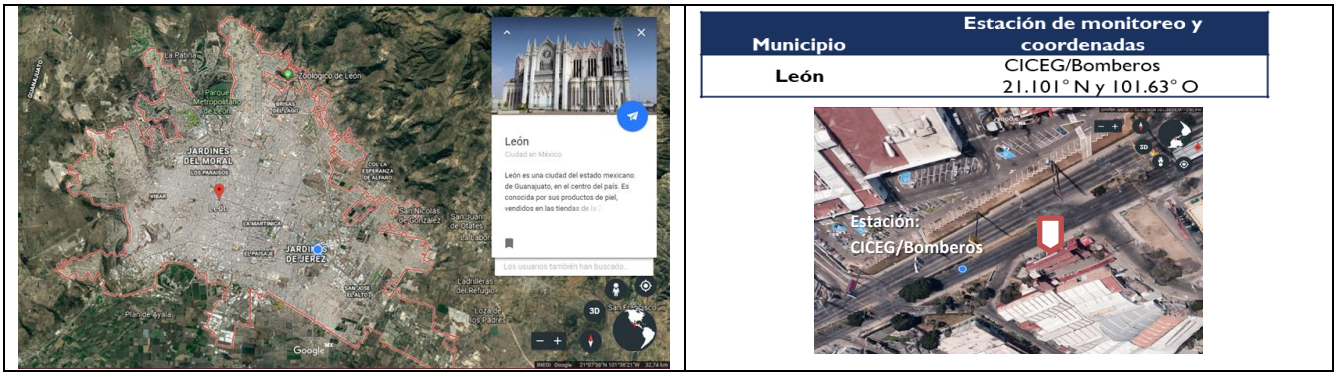


Figura 1. Ubicación específica del sitio de muestreo.

Muestreo

Los BTEX se colectaron usando tubos de vidrio SKC modelo 226-01 Anasorb CSC de 70mm con diámetro interior de 4mm, embalados en dos secciones (una con 50mg y la segunda sección con 100mg de carbón activado). Se colectó aire del ambiente usando una bomba de vacío SKC modelo XR PCXR4 con control de la velocidad de flujo de aire establecido a 200 ml/min, de acuerdo al Método de Toma de Muestra y Análisis MTA/MA-030/A92, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de España. Se realizaron 3 muestreos diarios durante una semana durante la temporada de lluvias del 2018, el primero se realizó en la mañana (7:00-8:30 h), el segundo fue durante la tarde (13:30-15:00 h) y el tercer muestreo se llevó a cabo por la tarde (17:30-19:00 h), obteniendo así, un total de 24 muestras. Después de cada muestreo se cubrieron los tubos de vidrio en papel aluminio y se almacenaron en refrigeración para su posterior análisis en laboratorio.

Análisis Químico

El contenido de cada uno de los tubos de muestreo se vertió en viales color ambar de 2 ml y se desorbió con 1 ml de disulfuro de carbono grado HPLC, agitando durante 5 minutos para asegurar la máxima desorción. Los viales se mantuvieron en refrigeración por 24 horas, y posteriormente se analizaron por Cromatografía de Gases. Se usó un cromatógrafo de gases modelo TRACE GC marca Thermoscientific, en modo splitless, usando Aire extra seco, Hidrógeno UAP y Nitrógeno UAP como gas acarreador. La columna capilar empleada fue de tipo metil sílica fundida, con un espesor de película de 0.5 µm, de 30 m de longitud x 0.32 mm de diámetro. Se inyectaron las muestras por duplicado y se cuantificaron los BTEX medidos mediante el método de estándar externo, para lo cual se prepararon curvas de calibración a diferentes concentraciones, preparadas a partir de soluciones patrón.

Análisis estadístico

El análisis estadístico descriptivo, bivariado (Matríz de correlación de Pearson) y multivariado (ACP: análisis de componentes principales) se realizó utilizando el programa XLStat versión 2017. Se aplicaron pruebas no paramétricas aplicando el análisis de varianza (ANOVA, según terminología inglesa) de Friedman, para determinar si existieron diferencias significativas entre los periodos diurnos de muestreo (mañana, medio día y tarde).

Evaluación de riesgo a la salud por exposición a los BTEX (Riesgo carcinógenico: ILTCR y Riesgo no carcinógenico: HQ).

Los riesgos para la salud (cáncer y no cáncer) asociados con el benceno medido por inhalación se determinaron de acuerdo con la metodología descrita por Zhang et al. [2015]. Se calculó la exposición diaria (E), el cociente de riesgo no carcinógenico (HQ), el cual considera enfermedades respiratorias y cardiovasculares derivadas a partir de la exposición a contaminantes atmosféricos y el riesgo de desarrollar cáncer en el tiempo de vida (ILTCR) utilizando la ecuación 1:

$$E = (C \times IRa \times DA)/BW \quad (1)$$

donde E es la exposición diaria expresada en mg/ g por día de un individuo por inhalación, C (mg m^{-3}) es la concentración de benceno en el aire ambiente, IRa es la tasa de inhalación para adultos (0.83 $m^3\ h^{-1}$) (US EPA,2009 a) , DA es la duración de la exposición de un adulto (24 h/día) y BW es el peso corporal de un adulto (65 kg) (US EPA, 2009 b). El riesgo de cáncer en el tiempo de vida (ILTCR) se calcula de la siguiente manera:

$$ILTCR = E \times SF \quad (2)$$

donde SF es el factor de pendiente (kg día / mg) del riesgo unitario de inhalación para sustancias tóxicas cuando el efecto carcinógeno de la exposición se considera lineal. El riesgo no relacionado con el cáncer se calculó dividiendo la concentración media diaria recibida (CY) por las concentraciones de referencia de inhalación del contaminante atmosférico específico (RfC) [US EPA, 2013] (Ver Tabla 1), donde un HQ> 1 indica que las concentraciones a largo plazo la exposición puede provocar efectos adversos para la salud:

 ISSN 2007-8102

$$HQ = CY/RfC \quad (3)$$

Tabla 1. ´Factor de pendiente y Concentración de Referencia para benceno.

Compuesto	Factores de pendiente	RfC	Referencia
Benceno	2.9E-02 $(mg/kg/dia)^{-1}$	3 x 10^{-2} mg/m^3	U.S. EPA, 1992b

Resultados y discusión

A continuación se muestra en las Figuras 2a - 2d, la estadística paramétrica de los BTEX medidos en el sitio de estudio durante la estación lluviosa de 2018 (del 6 al 13 de agosto de 2018) para los tres periodos de muestreo (B1: mañana, B2: medio día y B3: tarde). Puede observarse que para el periodo de estudio, la abundancia relativa de los BTEX (considerando concentraciones promedio) fue la siguiente: etilbenceno > tolueno > xileno> benceno.

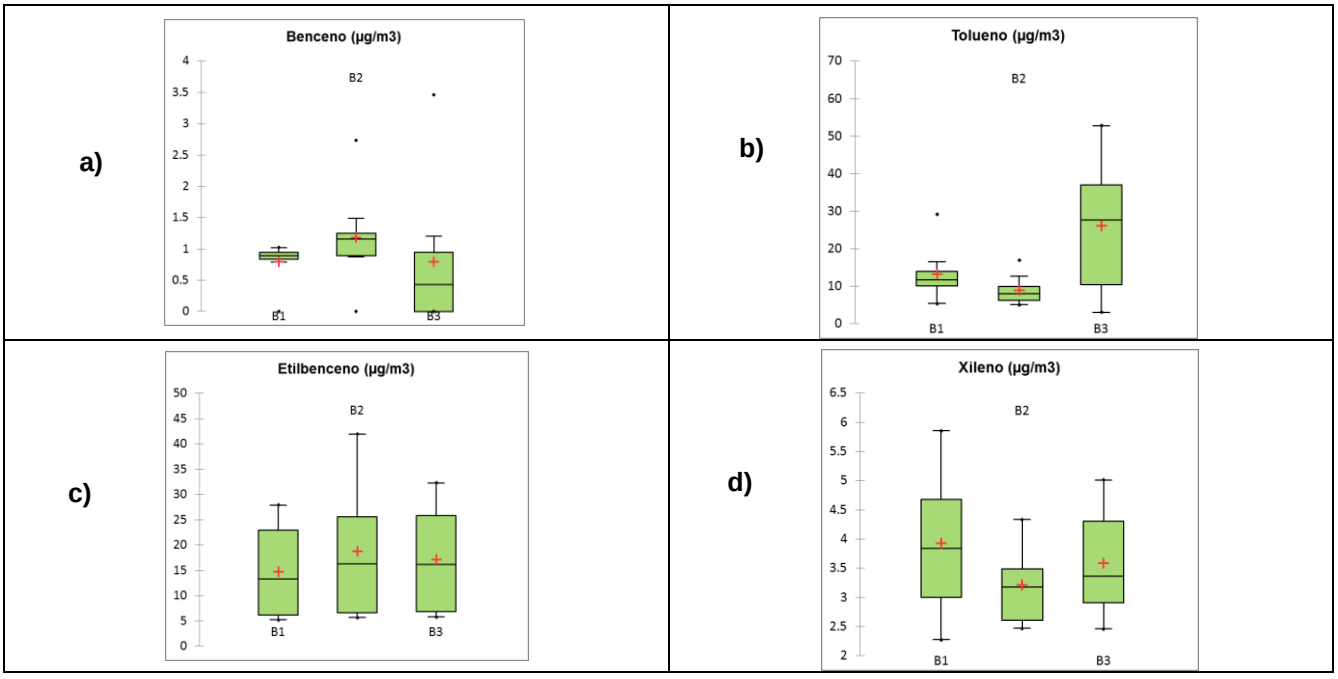


Figura 2. Estadística paramétrica de los BTEX medidos en el sitio de estudio durante la estación lluviosa de 2018. Nota: ● representa a los valores máximo y mínimo, + representa a la media, la línea central representa a la mediana y los límites de la caja son el primer y tercer cuartil. La caja no tiene significado estadístico, sólo se indica para mejor visualización.

Todos los BTEX mostraron un patrón diurno claro con mayores concentraciones durante el periodo de muestreo del medio día para benceno y etilbenceno, durante la mañana para p-xileno y durante el muestreo de la tarde para tolueno. Las Figuras 3a – 3e muestran la estadística descriptiva de los contaminantes criterio (CO, SO_2, NO_2, O_3 y PM10) para el sitio de estudio durante la temporada lluviosa de 2018 considerando los tres periodos de muestreo a lo largo del día. Puede observarse que CO, PM10, SO_2 y NO_2 tuvieron el mismo comportamiento, mayores concentraciones durante el periodo de la maña (B1) y de la tarde ((B3) que coincide con las horas pico de tráfico vehicular en las cuales la población en su mayoría se transporta a sus trabajos (B1) y de regreso a sus casas (B3) y con menores concentraciones durante el periodo del medio día (B2) posiblemente debido a degradación fotoquímica a las horas de mayor radiación solar. Por otro lado, O_3 tuvo un comportamiento diferente con mayores concentraciones en el horario del medio día cuando se produce fotoquímicamente a través de la

 ISSN 2007-8102

reacción catalizada por la luz solar del oxígeno libre proveniente de la degradación fotoquímica de NO_2 y el oxígeno molecular.

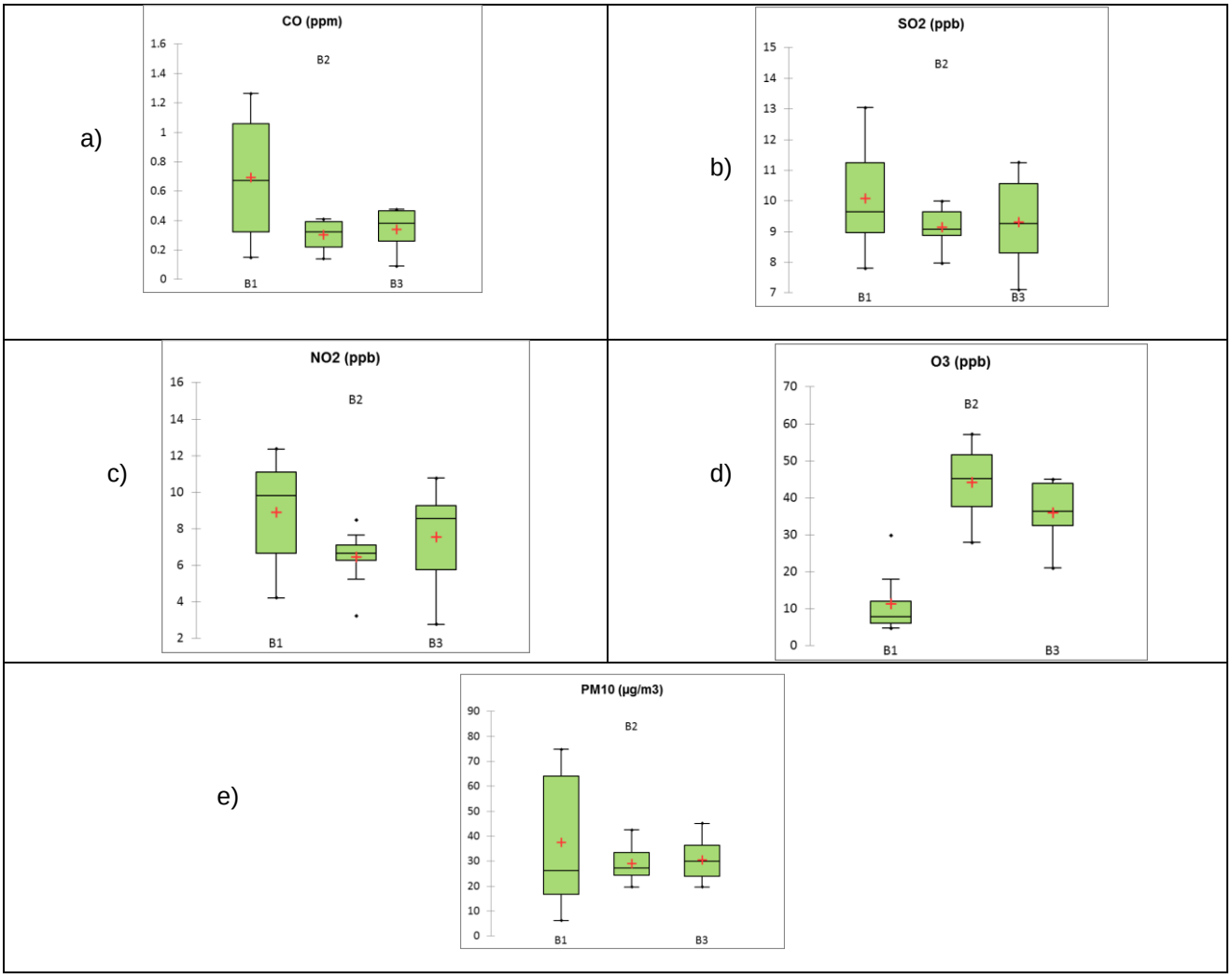


Figura 3. Estadística paramétrica de los contaminantes criterio en el sitio de estudio durante la estación lluviosa de 2018. Nota: ● representa a los valores máximo y mínimo, + representa a la media, la línea central representa a la mediana y los límites de la caja son el primer y tercer cuartil. La caja no tiene significado estadístico, sólo se indica para mejor visualización.

El análisis estadístico bi-variado se muestra en las Tablas 2-4. Puede observarse en Tabla 2 que durante la mañana se encontraron correlaciones positivas significativas entre CO, NO_2, SO_2, PM10 y tolueno, indicando que estos compuestos pudieron originarse de fuentes en común (emisiones de tráfico vehicular y procesos de combustión). Se observaron correlaciones negativas significativas de p-xileno, tolueno, CO, NO_2 y SO_2 con O_3, indicando que estos compuestos pudieron actuar como precursores de ozono en el área de estudio. Xileno mostró correlaciones significativas positivas con NO_2 y CO indicando que pudo haber sido emitido a partir de fuentes móviles y procesos de combustión a alta temperatura. Etilbenceno pudo haber sido originado a partir de reacciones fotoquímicas ye misiones evaporativas al mostrar correlaciones positivas significativas con la temperatura y la radiación solar. De la Tabla 3 puede observarse que para el periodo del medio día (B2), se encontraron correlaciones positivas significativas entre CO, PM10 y NO_2 indicando que pudieron tener su origen estos contaminantes en fuentes en común (fuentes móviles). O_3, NO_2 y radiación solar mostraron una correlación positiva significativa, indicando que estos compuestos pudieron ser originados fotoquímicamente a partir de reacciones en la atmósfera. Todos los BTEX mostraron correlaciones significativas positivas de fuertes a

 ISSN 2007-8102

moderadas entre sí, indicando que fueron originados de fuentes en común. De la Tabla 4, para el periodo de muestreo de la tarde (B3) se observó que CO y NO_2 tuvieron fuentes en común al presentar una correlación positiva significativa, SO_2 y tolueno pudieron haber actuado como precursores de ozono al presentar una correlación fuerte negativa con O_3. También se observaron correlaciones positivas significativas para los pares benceno-etilbenceno, tolueno-etilbenceno, tolueno-xileno, indicando que estos BTEX pudieron ser originados a partir de fuentes en común, probablemente fuentes de área.

Tabla 2. Matriz de correlación de Pearson para las variables medidas para el muestreo de la mañana (B1)

Variables	CO	O3	NO2	SO2	PM10	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xileno	Velocidad	Direccion	HR	TEMP	PRESION	RADSOL
CO	**1**	**-0.750**	**0.784**	**0.913**	**0.884**	-0.470	**0.741**	0.135	**0.680**	-0.539	0.064	0.157	-0.055	-0.222	0.397
O3	**-0.750**	**1**	**-0.761**	**-0.719**	-0.696	-0.026	**-0.602**	-0.319	**-0.705**	0.268	0.483	0.053	-0.432	0.575	**-0.718**
NO2	**0.784**	**-0.761**	**1**	0.695	0.529	-0.247	0.417	-0.210	**0.830**	-0.660	0.080	0.462	-0.114	0.040	0.199
SO2	**0.913**	**-0.719**	0.695	**1**	**0.875**	-0.279	0.475	0.181	**0.773**	-0.305	0.030	-0.101	0.204	-0.336	0.470
PM10	**0.884**	-0.696	0.529	**0.875**	**1**	-0.189	0.672	0.308	0.621	-0.342	0.003	-0.121	0.129	-0.357	0.447
Benceno	-0.470	-0.026	-0.247	-0.279	-0.189	**1**	-0.513	0.053	0.049	0.276	-0.327	-0.289	0.533	-0.203	0.183
Tolueno	**0.741**	-0.602	0.417	0.475	0.672	-0.513	**1**	0.452	0.190	-0.430	-0.202	0.159	-0.114	-0.349	0.458
Etilbenceno	0.135	-0.319	-0.210	0.181	0.308	0.053	0.452	**1**	0.016	0.222	-0.505	-0.390	0.502	**-0.713**	0.701
Xileno	0.680	-0.705	**0.830**	**0.773**	0.621	0.049	0.190	0.016	**1**	-0.508	0.154	0.243	0.101	-0.033	0.234
Velocidad	-0.539	0.268	-0.660	-0.305	-0.342	0.276	-0.430	0.222	-0.508	**1**	-0.540	**-0.879**	0.663	-0.501	0.196
Direccion	0.064	0.483	0.080	0.030	0.003	-0.327	-0.202	-0.505	0.154	-0.540	**1**	0.589	**-0.817**	**0.873**	**-0.786**
HR	0.157	0.053	0.462	-0.101	-0.121	-0.289	0.159	-0.390	0.243	**-0.879**	0.589	**1**	**-0.805**	**0.732**	-0.479
TEMP	-0.055	-0.432	-0.114	0.204	0.129	**0.533**	-0.114	**0.502**	0.101	0.663	**-0.817**	**-0.805**	**1**	**-0.875**	**0.774**
PRESION	-0.222	0.575	0.040	-0.336	-0.357	-0.203	-0.349	**-0.713**	-0.033	-0.501	**0.873**	**0.732**	**-0.875**	**1**	**-0.933**
RADSOL	0.397	**-0.718**	0.199	0.470	0.447	0.183	0.458	**0.701**	0.234	0.196	**-0.786**	-0.479	**0.774**	**-0.933**	**1**

Valores resaltados son diferentes de 0 con un nivel de significancia de allfa=0.05

Tabla 3. Matriz de correlación de Pearson para las variables medidas para el muestreo del medio día (B2)

Variables	CO	O3	NO2	SO2	PM10	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xileno	Velocidad	Direccion	HR	TEMP	PRESION	RADSOL
CO	**1**	0.454	0.705	-0.086	**0.715**	0.258	0.367	0.088	0.440	-0.464	0.502	0.069	0.108	0.290	0.636
O3	0.454	**1**	**0.812**	-0.198	0.492	0.245	-0.062	-0.401	0.202	-0.625	**0.966**	0.104	0.120	0.599	0.497
NO2	**0.705**	**0.812**	**1**	-0.029	0.540	0.303	0.076	-0.351	0.528	-0.612	**0.864**	0.297	-0.064	0.623	0.466
SO2	-0.086	-0.198	-0.029	**1**	**-0.731**	-0.359	-0.570	-0.583	-0.190	0.132	-0.316	0.157	-0.177	0.043	-0.164
PM10	**0.715**	0.492	0.540	**-0.731**	**1**	0.579	0.561	0.487	0.531	-0.327	0.626	-0.043	0.184	0.213	0.518
Benceno	0.258	0.245	0.303	-0.359	0.579	**1**	0.036	**0.560**	**0.775**	0.248	0.424	0.122	-0.060	0.254	0.016
Tolueno	0.367	-0.062	0.076	-0.570	0.561	0.036	**1**	**0.560**	-0.006	-0.282	0.033	-0.234	0.293	-0.244	0.368
Etilbenceno	0.088	-0.401	-0.351	-0.583	0.487	0.560	**0.560**	**1**	0.307	0.372	-0.248	-0.172	0.099	-0.313	-0.062
Xileno	0.440	0.202	0.528	-0.190	0.531	**0.775**	-0.006	0.307	**1**	-0.063	0.381	0.581	-0.507	0.559	-0.178
Velocidad	-0.464	-0.625	-0.612	0.132	-0.327	0.248	-0.282	0.372	-0.063	**1**	-0.534	-0.470	0.294	-0.683	-0.174
Direccion	0.502	**0.966**	**0.864**	-0.316	0.626	0.424	0.033	-0.248	0.381	-0.534	**1**	0.098	0.126	0.564	0.506
HR	0.069	0.104	0.297	0.157	-0.043	0.122	-0.234	-0.172	0.581	-0.470	0.098	**1**	**-0.968**	**0.851**	-0.651
TEMP	0.108	0.120	-0.064	-0.177	0.184	-0.060	0.293	0.099	-0.507	0.294	0.126	**-0.968**	**1**	**-0.711**	**0.804**
PRESION	0.290	0.599	0.623	0.043	0.213	0.254	-0.244	-0.313	0.559	-0.683	0.564	**0.851**	**-0.711**	**1**	-0.274
RADSOL	**0.636**	**0.497**	0.466	-0.164	0.518	0.016	0.368	-0.062	-0.178	-0.174	0.506	-0.651	**0.804**	-0.274	**1**

Valores resaltados son diferentes de 0 con un nivel de significancia de allfa=0.05

Tabla 4. Matriz de correlación de Pearson para las variables medidas para el muestreo de la tarde (B3)

Variables	CO	O3	NO2	SO2	PM10	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xileno	Velocidad	Direccion	HR	TEMP	PRESION	RADSOL
CO	**1**	-0.010	**0.831**	0.260	-0.084	0.427	0.129	0.243	0.540	**-0.864**	0.192	0.492	-0.450	0.322	-0.196
O3	-0.010	**1**	0.132	**-0.894**	0.301	0.324	**-0.822**	-0.383	-0.274	-0.215	0.600	-0.446	0.564	-0.220	-0.001
NO2	**0.831**	0.132	**1**	-0.009	0.174	0.384	0.080	0.117	0.543	**-0.860**	0.625	0.143	-0.187	0.192	-0.165
SO2	0.260	**-0.894**	-0.009	**1**	-0.390	-0.309	0.675	0.240	0.127	0.009	-0.595	0.515	-0.598	0.284	-0.008
PM10	-0.084	0.301	0.174	-0.390	**1**	0.629	0.027	0.503	0.187	0.234	0.410	**-0.765**	0.685	-0.702	0.652
Benceno	0.427	0.324	0.384	-0.309	**0.629**	**1**	-0.052	0.599	0.466	-0.203	0.289	-0.166	0.275	-0.520	0.132
Tolueno	0.129	**-0.822**	0.080	0.675	0.027	-0.052	**1**	0.620	**0.649**	0.039	-0.499	0.388	-0.588	0.290	0.053
Etilbenceno	0.243	-0.383	0.117	0.240	**0.503**	**0.599**	**0.620**	**1**	**0.713**	0.133	-0.295	0.062	-0.108	-0.234	0.458
Xileno	0.540	-0.274	0.543	0.127	0.187	0.466	**0.649**	**0.713**	**1**	-0.454	-0.038	0.433	-0.516	0.302	-0.104
Velocidad	**-0.864**	-0.215	**-0.860**	0.009	0.234	-0.203	0.039	0.133	-0.454	**1**	-0.398	-0.487	0.471	-0.540	0.486
Direccion	0.192	0.600	0.625	-0.595	0.410	0.289	-0.499	-0.295	-0.038	-0.398	**1**	-0.515	0.524	-0.308	-0.047
HR	0.492	-0.446	0.143	0.515	**-0.765**	-0.166	0.388	0.062	0.433	-0.487	-0.515	**1**	**-0.953**	**0.769**	-0.617
TEMP	-0.450	0.564	-0.187	-0.598	0.685	0.275	-0.588	-0.108	-0.516	0.471	0.524	**-0.953**	**1**	**-0.848**	0.534
PRESION	0.322	-0.220	0.192	0.284	-0.702	-0.520	0.290	-0.234	0.302	-0.540	-0.308	**0.769**	**-0.848**	**1**	-0.474
RADSOL	-0.196	-0.001	-0.165	-0.008	0.652	0.132	0.053	0.458	-0.104	0.486	-0.047	-0.617	0.534	-0.474	**1**

Valores resaltados son diferentes de 0 con un nivel de significancia de allfa=0.05

Los resultados del análisis multivariado (ACP: análisis de componentes principales) se muestran en las Figuras 4a-4c. Para el periodo de la mañana (B1)(Figura 4a) se requirieron dos factores para explicar el 74.68% de la

 ISSN 2007-8102

variabilidad de los datos, identificándose 3 grupos de variables, el factor F1 que incluyó a CO, O_3, NO_2, SO_2, PM10, tolueno, etilbenceno y p-xileno, el factor F2 que incluyó a las variables meteorológicas (Velocidad y dirección del viento, humedad relativa, presión y temperatura) y el factor F3 que incluyó únicamente al benceno, indicando que este compuesto pudo tener un origen diferente al resto de los contaminantes atmosféricos, probablemente fuentes de área. Para el muestreo del medio día (B2) (Figura 4b), se requirieron 2 factores para explicar el 62.39% de la variabilidad total del set de variables, identificándose 4 factores: F1 que incluyó a CO, O_3, NO_2, PM10, Xileno, velocidad y dirección del viento, F2 que incluyó a la humedad relativa, temperatura y radiacipon solar, F3 que estuvo constituido por benceno y etilbenceno y el factor F4 que incluyó únicamente a tolueno. Para el muestreo de la tarde (B3) (Figura 4c), se necesitaron dos factores para explicar 62.12% de la varianza total del conjunto de variables, observándose 3 componentes principales, el primero integrado por O_3, SO_2, PM10, humedad relativa, temperatura y presión, el segundo que incluyó a CO, NO_2, benceno, xileno, velocidad y dirección del viento y el tercer factor que estuvo integrado por tolueno, etilbenceno y radiación solar, indicando el origen fotoquímico de estos dos BTEX durante este periodo de muestreo.

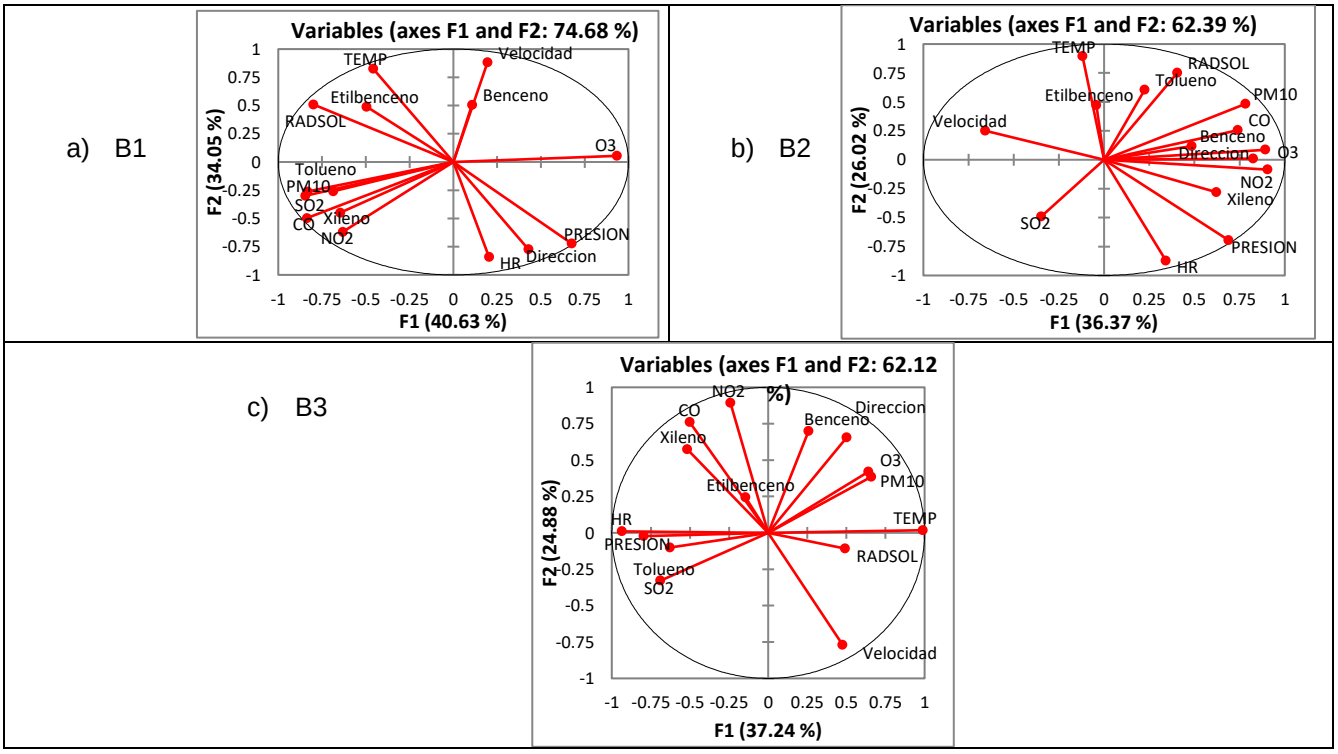


Figura 4. Biplots resultantes del análisis ACP para el periodo de estudio.

Se calcularon las razones de concentración Tolueno/Benceno y Xileno/Etilbenceno para identificar el probable origen de los BTEX durante el periodo de estudio, pudiendo estimar si las emisiones fueron móviles o de área (razón Tolueno/Benceno: T/B) y la edad fotoquímica de dichas emisiones (frescas o añejas) usando la razón Xileno/Etilbenceno (X/Ebz). La razón T/B es usada como un indicador de emisiones de tráfico vehicular [Pekey y col., 2011]. Valores de T/B< 2-3 son característicos de emisiones vehiculares [Elbir y col., 2005]; mientras que valores de T/B>3 pueden indicar que los BTEX pudieron provenir otras fuentes diferentes a las vehiculares, tales como instalaciones industriales y fuentes de área. La razón X/Ebz es usada como un indicador de la edad fotoquímica de las masas de aire en un sitio dado [Keymeulen y col., 2001]. Esta razón se relaciona con el tiempo de vida atmosférico de éstos contaminantes en el aire, valores altos de esta razón indican masas de aire añejas, de lo contario, las masas de aire son frescas (emisiones recientes). Emisiones frescas de gasolina proporcionan valores entre 3.8 y 4.4 para esta razón. La razón promedio T/B para este estudio fue de 16.4293, indicando que el origen de los BTEX en el sitio de muestreo se debió a fuentes de área e industriales. Por otro lado, el promedio de la razón X/Ebz fue de 0.3244, indicando que las masas de aire fueron frescas (emisiones recientes). Se estimó el Coeficiente de Riesgo de Cáncer para benceno (ILTCR), obteniendo un valor promedio para el periodo de

estudio de 8.2E-06. Los valores promedio del Coeficiente de Riesgo de No Cáncer (HQ) fueron: 0.0308, 0.0032, 0.0033 y 0.00071 para benceno, tolueno, etilbenceno y p-xileno, respectivamente. Como HQ <<<1, la concentración inhalada por la población es menor al valor de referencia, por lo que se concluye que la comunidad no presenta riesgo de padecer enfermedades respiratorias y cardiovasculares a causa de inhalar los BTEX. Sin embargo, el valor promedio obtenido para ILTCR fue mayor a 1 E-06 (valor establecido por la Organización Mundial de la Salud) indicando que existe un Riesgo posible de padecer cáncer en el tiempo de vida a causa de inhalar las concentraciones encontradas de benceno en el área e estudio.

Conclusiones

La abundancia relativa de BTEX tuvo el siguiente orden: etilbenceno (16.9133 µg m^{-3}) > tolueno16. (16.1280 µg m^{-3}) > xileno (3.577 µg m^{-3}) > benceno (0.9256 µg m^{-3}). Los BTEX mostraron un patrón diurno claro registrando mayores valores durante el medio día (benceno y etilbenceno). Las razones de BTEX indicaron que el área de estudio estuvo influenciada por frescas y por fuentes de área e industriales. El análisis bi-variado y el ACP permitieron confirmar que los contaminantes medidos estuvieron influenciados por emisiones de tráfico vehicular, fuentes industriales y actividad fotoquímica. El análisis de riesgo a la salud mostró que ninguno de los BTEX medidos representa un riesgo de no cáncer (enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias), sin embargo, existe un riesgo posible de desarrollar cáncer en el tiempo de vida por exposición a las concentraciones de benceno encontradas. Es necesario llevar a cabo mediciones continuas de estos compuestos mediante monitoreos a largo plazo que incluyan un mayor número de sitios de muestreo, considerando el uso de muestreadores pasivos para incrementar la malla de monitoreo.

Referencias

1. Vallejo M., Jáuregui-R K., Hermosillo A., Márquez M., Cárdenas M. (2003). “Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de México” División de Investigación Clínica. Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. *Gac Méd Méx* **139 (1)**.
2. Vázquez C., Beristain F., Audelo E. (2012). Caracterización del Patrón de Comportamiento de las Partículas en Suspensión en el Valle de México, *Inf. Tecnol.* **23 (3)** La Serena.
3. Cerón-Bretón J. G.et al. (2014). Niveles de compuestos orgánicos volátiles en aire ambiente de un sitio ubicado en la laguna de Términos (2011-2012). En: Golfo de México, Contaminación ambiental e impacto ambiental: *diagnóstico y tendencias* (719-741). San Francisco de Campeche, Campeche, México.
4. INEGI. Encuesta Intercensal, 2015. Disponible en: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/poblacion/default.aspx?tema=me (Fecha de consulta: 08/10/18).
5. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno, 1, 2, 4-trimetilbenceno) en aire – Método de adsorción en carbón activo/ Cromatografía de gases. MTA/MA-030/A92. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España.
6. United States Environmental Protection Agency, USEPA (2009) a. Minimal Risk Levels List. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR).
7. United States Environmental Protection Agency, USEPA (2009) b. Risk assessment guidance for superfund volume I: human health evaluation manual. Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment): final [EPA Report] (EPA/540/-R-070/002).
8. Zhang Y., Mu Y., Meng F., Li H., Wang X., Zhang W., Mellouki A., Gao J., Zhang X., Wang, S. y Chai F.(2014) The pollution levels of BTEX and carbonyls under haze and non-haze days in Beijing, China. *Science of the Total Environment*, **490**,391-396.
9. Pekey B., Yilma H. (2011). The use of passive sampling monitor spatial trends of volatile organic compounds (VOCs) at one industrial city of Turkey. *Microchemical Journal* **9 *(2)***, 213-219.
10. Keymeulen R., Gogenyi M., Heberger K., Priksane A. y Lagenhove H.V. (2001). Benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes in ambient air and Pinus silvestris L. needles: a comparative study between Belgium, Hungary and Latvia. *Atmospheric Environment.* **35**, 6327-6335.
11. Elbir T., Cetin B., Cetin E., Bayram A. y Odabasi M. (2005). Characterization of volatile organic compounds (VOCs) and their sources in the air of Izmir, Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*. **133**, 149-160.

Caracterización de biomasa orgánica y aplicación como posible agente de refuerzo en compositos

B.E.Moreno Martínez[1*], V. Ramírez Salas [(2)], E.F. Rubio Cruz[(3)], A.V. Camacho Anléhu [(1)].
[1] Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Nuevo León, Avenida Eloy Cavazos #2001, Col. Tolteca, C.P. 67140, Cd. Guadalupe, NL., México.
[2]Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Avenida Primero de Mayo Esquina con Sor Juana Inés de la Cruz s/n., Col. Los Mangos, C.P. 89440, Cd. Madero, Tamaulipas, México.
[3]Facultad de Ciencias químicas, Universidad Veracruzana, Adolfo Ruíz Cortines Núm. 455, Colonia Costa Verde, C.P. 94292, Fraccionamiento Costa Verde, Boca del Río, Veracruz., México.
beatrizeugenia_m_mtz@yahoo.com.mx

Área de participación: *Ingeniería Química*

Resumen

En la actualidad se ha incrementado el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante procesos de reciclaje, ya sean mecánicos, físicos, termo mecánicos o bien, mediante técnicas termoquímicas para su transformación. En este trabajo, se evaluó fisicoquímicamente biomasa residual: cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), con la finalidad de estimar su potencial como agente de refuerzo. Reciclar estos residuos, implica realizar un estimado de los niveles de la contaminación en el estado de Nuevo León o el área metropolitana de Monterrey. Esta biomasa residual agroindustrial no es gestionada adecuadamente, y es en este punto donde se centra el desarrollo de la presente investigación. Se realizaron análisis a la biomasa residual agroindustrial tales como DLS, FTIR, DR-X y SEM para evaluar su valor comercial como posible agente de refuerzo.

***Palabras Clave*:** Biomasa, composito, reciclaje, valoración

Abstract

At present, the use of organic solid waste has been increased through recycling processes, through mechanical, physical, thermo-mechanical or by thermochemical techniques for their transformation. In this work, two types of residual biomass were evaluated physicochemically: orange peel (Citrus sinensis), in order to estimate its potential as a reinforcing agent. Recycling this waste implies making an estimate of the pollution levels in the state of Nuevo León or the metropolitan area of Monterrey. These two sources of residual biomass are not properly managed, and it is at this point that the development of the present investigation is centered. Agro-industrial residual biomass analyzes such as DLS, FTIR, DR-X and SEM were performed to assess their commercial value as possible reinforcing agents.

Key words: *Biomass, composite, recycling, valuation.*

Introducción

En la actualidad se ha incrementado el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante procesos de reciclaje tanto mecánicos, físicos, termo mecánicos o bien mediante técnicas termoquímicas para su transformación y así, de esta forma, valorar este tipo de residuos. Nuevo León es un estado cien por ciento industrial, que abarca una gama de industrias que van desde la alimenticia, farmacéutica, siderúrgica y metalúrgica hasta la industria juguera. El área metropolitana de Monterrey genera alrededor de 4500 toneladas diarias de basura, la cual es dirigida a las instalaciones de SIMEPRODE (Sistema Integral para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos) de Nuevo León, donde son aprovechados para generar energía, sin embargo, existen residuos que se generan en mayor porcentaje en el área metropolitana de Monterrey, la cual incluye los municipios de Guadalupe, San Nicolás, Escobedo, Juárez, por citar algunos. Entre los residuos más generados se encuentran las botellas plásticas y otras fuentes de biomasa residual, las cuales no son gestionados adecuadamente, y es en este punto donde se centra el desarrollo de la presente investigación. La zona citrícola de Nuevo León está comprendida por los

municipios de Cadereyta de Jiménez, General Terán, Montemorelos, Hualahuises, Linares y Allende y su práctica económica yace en el procesamiento y obtención de los derivados de los cítricos, específicamente de la naranja (*Citrus sinensis*) en sus diversas variedades, Vargas López y Col, [2010]. Los residuos generados de la extracción del jugo de naranja, así como del concentrado de naranja, aceite esencial y del ácido ascórbico, son únicamente las cáscaras de naranja y el bagazo, las cuales son vendidas como forraje, o bien, no son procesadas, quedando expuestas a la intemperie causando contaminación atmosférica en el ambiente, Lajolo, [200].

La valoración de la biomasa residual es de suma importancia, debido a que finalmente son materiales de origen natural, los cuales pueden ser transformados en materias primas útiles para procesos específicos, en este caso se propone estudiar la biomasa agroindustrial tal como la cáscara de naranja como posible agente de refuerzo en la modificación de plásticos, específicamente de polipropileno (PP), así mismo, como aditivo en la generación de hidrogeles, su campo de aplicación puede ser diverso, para ello fue necesario caracterizarla.

Existe gran variedad de agentes de refuerzo utilizados para polipropileno (PP), La fibras celulósicas obtenidas de la cáscara de naranja son algunas de las fibras orgánicas más importantes, y su importancia se debe a que una vez que son incorporadas a la matriz polimérica, estas le confieren un alto grado de biodegradabilidad y resistencia mecánica, también su uso podría ser para la generación de hidrogeles, siendo usadas las fibras como aditivo, ya que estos materiales, los hidrogeles, en función de los materiales con los que son creados podrían ser capaces de retener metales pesados, proporcionándoles estructura física, resistencia al grado de hinchamiento, ya que son considerados como hidrorretenedores o superabsorbentes, sin embargo, esta investigación se centra en la caracterización netamente de la fibra de cáscara de naranja, para posible uso como agente de refuerzo.

Metodología

Materiales

Obtención de la biomasa residual agroindustrial, (fibra a partir de la cáscara de Naranja*)*

Las cáscaras de naranja fueron obtenidas de la Empresa Mexican Citrus, ubicada en el Municipio de Montemorelos, Nuevo León, así mismo, de la juguera Don Luis, ubicada en la Central de Abasto, municipio de Guadalupe, Nuevo León. Se trabajó con cáscaras de naranja de la variedad Mars, de la cual se eliminó el bagazo y únicamente se trabajó con el flavedo y el albedo de la naranja.

Obtención de la Fibra insoluble a partir de la cáscara de naranja.

La cáscara de naranja fue acondicionada previamente mediante un lavado y cortado en piezas de 2 cm por 2 cm, una vez que fueron cortadas se procede a la extracción mediante el equipo Soxhlet con la finalidad de extraer el aceite esencial de la biomasa residual utilizando alcohol isopropílico como solvente de la marca Fermont. Posteriormente se reutiliza la biomasa previa lavado con agua destilada para eliminar los excesos del solvente y procede a realizar la hidrolisis ácida con ácido clorhídrico, (HCl), marca Fermont en concentraciones 1.5 N con la finalidad de eliminar las fracciones solubles de la biomasa. Una vez concluida esta etapa se procedió a realizar lavados a la materia prima con agua destilada hasta alcanzar un pH neutro, posteriormente se realizó un lavado con hipoclorito de sodio (NaClO) marca Fermont con una concentración de 1.5 N con la finalidad de blanquear la fibra insoluble. Posteriormente se procedió a lavar con agua destilada la materia prima hasta alcanzar un pH neutro. Seguido a esto, se llevó a cabo el proceso de secado durante aproximadamente 72 h. De acuerdo con lo observado en la Figura 1 se muestra la biomasa residual y su acondicionamiento previo a la hidrolisis ácida y básica.

Molienda y Tamizado.

Después del proceso de secado se procedió a minimizar la biomasa tratada químicamente mediante el uso de un molino para obtener el menor tamaño de partícula posible y facilitar el proceso de cribado. El tamiz o criba que se utilizó en esta etapa fue de la marca Tyler, certificado por la ASTM, de acero inoxidable de malla 200 con un tamaño de apertura de 0.45 micras, como se muestra en la Figura 1.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Procesamiento de la biomasa residual para la obtención de fibra insoluble.

Métodos

Caracterización fisicoquímica de la fibra insoluble obtenida de la cáscara de naranja.

Espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier, (FTIR).
El análisis de espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier se llevó a cabo en un equipo Nicolet iS10 marca Thermo Scientific con accesorio de muestreo universal ATR iTR, el análisis se llevó a cabo a 32 barridos, la muestra fue previamente secada a temperatura de 70 °C por un tiempo de 24 h. Este análisis se efectuó con la finalidad de corroborar la presencia de material insoluble, específicamente la presencia de lignina que es la parte no soluble de la cáscara de naranja.

Determinación del tamaño de partícula (DLS)
El estudio se llevó a cabo en un equipo marca Malvern modelo Mastersizer 2000, los parámetros de medición fueron los siguientes: índice de refracción de la fibra insoluble: 1.3, mediciones: tiempo de medición 10 s., Velocidad de alimentación: 25%, Presión para dispersión del aire: 1Bar, mediciones por alícuota: 3. El objetivo del análisis fue determinar la distribución del tamaño de partícula en el material, la fibra insoluble debe presentar como característica principal un tamaño específico para no promover la fractura en el PP una vez que sea integrado al plástico y caracterizado mecánicamente, lo cual no es abordado en este documento.

Microscopia Electrónica de Barrido, (SEM).
El análisis se llevó cabo con la finalidad de observar los cambios morfológicos provocados en la superficie de la fibra insoluble debido a los tratamientos químicos a los que fue expuesta. Se utilizó un microscopio electrónico de barrido modelo JOEL, JSM- 5600LV.

Resultados y discusión.

En este trabajo de investigación se analizaron muestras de biomasa residual con la finalidad de caracterizar fisicoquímicamente para evaluar su composición y estudiar su posible uso como agente de refuerzo en el procesamiento y modificación del Polipropileno. Se realizaron pruebas en espectroscopia de infrarrojo por Transformada de Fourier. De acuerdo con lo observado en la Figura 2 se muestran los resultados del análisis de FTIR, en donde se indican los siguientes resultados.

En el espectro de infrarrojo de la Figura 2 se observa cómo los grupos -OH están presentes en la banda de los 3389.18 cm^{-1}, estos grupos funcionales son característicos de la celulosa presente en el material vegetal, así como de la humedad molecular presente en la muestra, de igual forma los grupos metilos $-CH_3$ y metilenos $-CH_2$ que corresponden a los grupos ubicados en la banda 2917 cm^{-1} y 2850 cm^{-1} característicos de la cadena carbonada de los polisacáridos presentes, así mismo, de los muchos componentes de la cáscara, tales como D-limoneno, el cual es un terpeno. En la banda de absorción 1646 cm^{-1} se observa la banda característica del grupo carbonilo, propios de los grupos de los ácidos carboxílicos, específicamente, del ácido cítrico contenido en la composición de la cáscara de naranja, el cual es un ácido tricarboxilico -COOH, ubicados en la banda 1734 cm^{-1}.

 ISSN 2007-8102

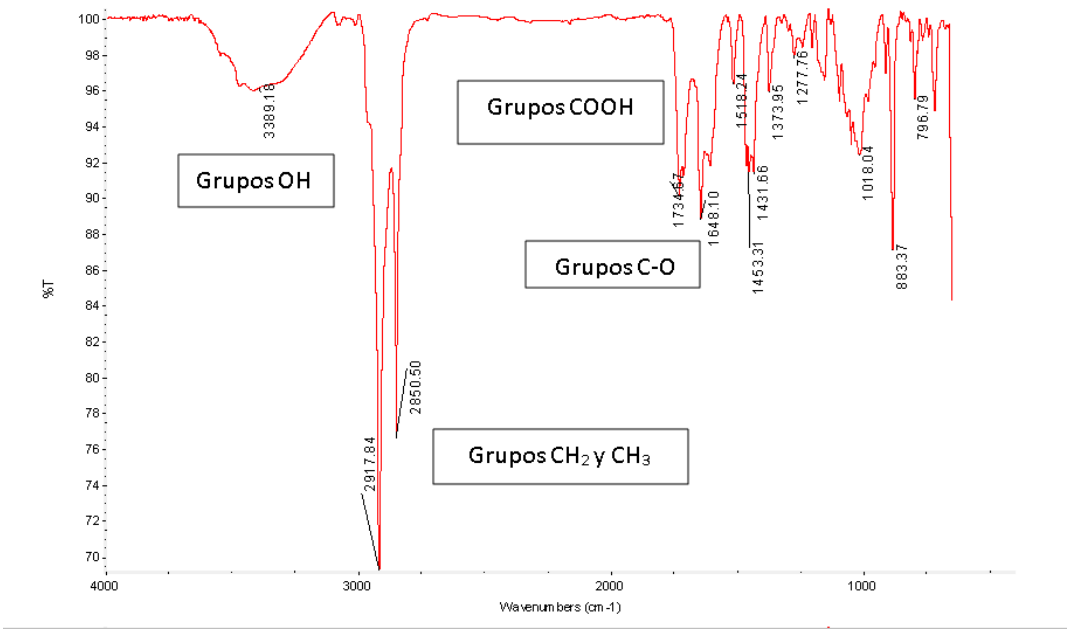


Figura 2. Espectro de infrarrojo de las cáscaras de naranja antes del proceso de hidrolisis acida y básica

Así mismo, en la Figura 3 y de acuerdo a lo observado se pueden apreciar en el espectro de infrarrojo de la cáscara de naranja los cambios después del proceso de hidrólisis ácida para la obtención de fibra insoluble. Se eliminan en gran proporción grupos metilos -CH_3 y metilenos -CH_2 de la cadena principal, estos grupos metilos y metilenos en banda ubicada en 2920 cm^{-1}, así mismo se observa la banda del grupo de los -OH característicos de los polisacáridos presentes como lignina, ya que la fibra es insoluble, rica y abundante en lignina. En la banda de los 1008 cm^{-1} se observa una nueva banda de absorción característica de los grupos OH cíclicos ubicados en el rango en el espectro de 1060 cm^{-1} - 1015 cm^{-1} que son característicos de la Lignina.

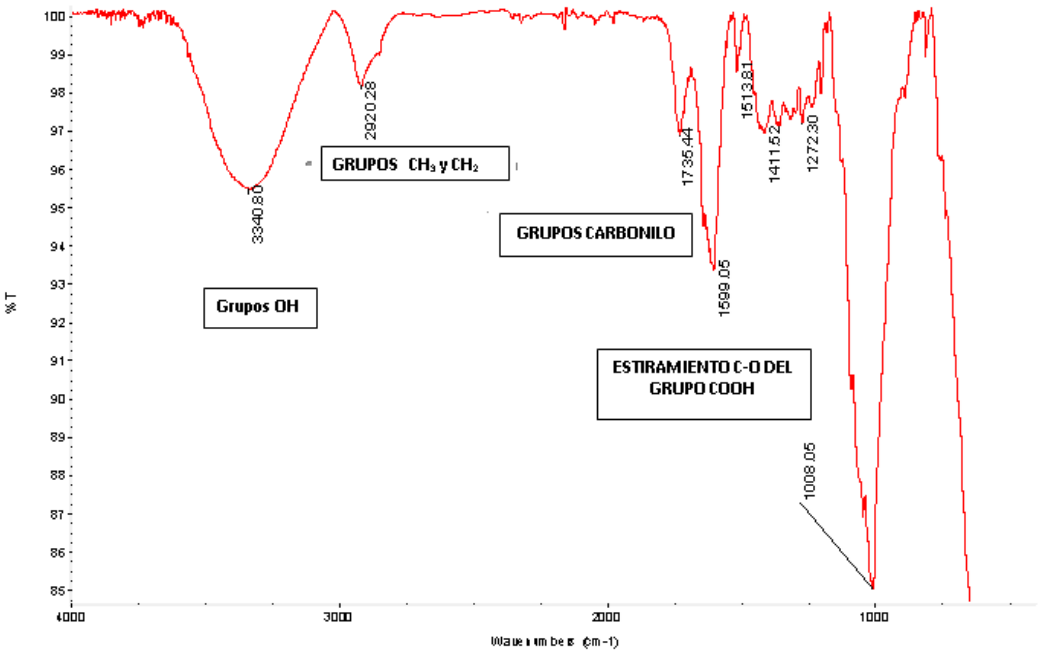


Figura 3. Espectro de infrarrojo de las cáscaras de naranja después del proceso de hidrolisis acida y básica.

Los resultados por FTIR para la muestra de fibra insoluble después del proceso de secado y cribado muestran que la lignina, en particular, es un polímero natural, amorfo y tridimensional, con una estructura compleja, que cambia según la fuente de la biomasa y los procesos de extracción utilizados. Es el único componente de la biomasa constituido por unidades orgánicas aromáticas, lo que lo dota de una rigidez alta. La estructura de la Lignina es representada principalmente por los grupos alcohol, metoxi, y fenol. Los anillos aromáticos forman grupos guaiacil y siringil y p-hidroxifenil. Estos resultados coinciden con el trabajo reportado por Betancourt y Col. [2009]. La lignina comienza a degradarse a 280°C, este resultado coincide con el trabajo de investigación reportado por Mohan y Col. [2006], el rango de degradación de la lignina va desde los 280 °C hasta los 500 °C. Los picos observados en el espectro de infrarrojo en la región comprendida alrededor de 1580 cm^{-1} a 1600 cm^{-1} corresponden a los precursores aromáticos de la lignina con núcleo bencénico, además las bandas observadas en 1000 cm^{-1} corresponden a fenoles y las bandas ubicadas en 1700 cm-1 corresponden a las sustituciones de los aromáticos. En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis de Distribución de tamaño de partícula, DLS, en esta se obtuvo como resultado que la distribución de tamaño de partícula es alrededor de 29.522 micras, y este tamaño es adecuado para poder utilizarlas como agente reforzante en la modificación de polipropileno, como aditivo en la formación de hidrogeles para retención de metales pesados.

Tabla 1. Análisis de distribución de tamaño de partícula.

Muestra	Tamaño de Partícula Promedio [micras]	d(0.1) [micras]	d(0.5) [micras]	d(0.9) [micras]
16/2492-001 Fibra Insoluble	29.522	6.691	25.513	58.593

El tamaño y forma del refuerzo es indicativo de que algunas formas y tamaños pueden favorecer la manipulación, carga, tratamiento y orientación de empaquetado o adherencia a la matriz. Es probable que las partículas se distribuyan al azar, al contrario que las fibras largas, estos datos coinciden de acuerdo a lo reportado por Masuelli, [2013]. De acuerdo a lo observado en la Figura 4, los resultados obtenidos de la morfología de la fibra insoluble, así como también, su comportamiento estructural mediante análisis de Difracción de rayos, X, coinciden en gran medida con lo reportado por Garside y col. [2003]. En los resultados obtenidos mediante Microscopia electrónica de barrido se observan fibras cortas conglomeradas y se concluye que una vez que esta fibra es obtenida, puede llegar a ser un refuerzo con características importantes, es decir que puede proporcionar características mecánicas interesantes por la morfología presentada, las propiedades reales de cada refuerzo varían según su composición y tipo de biomasa de las cuales fueron obtenidas, su forma, su composición, el tamaño y el número de defectos son algunas de las características a evaluar en este tipo de aditivos. .

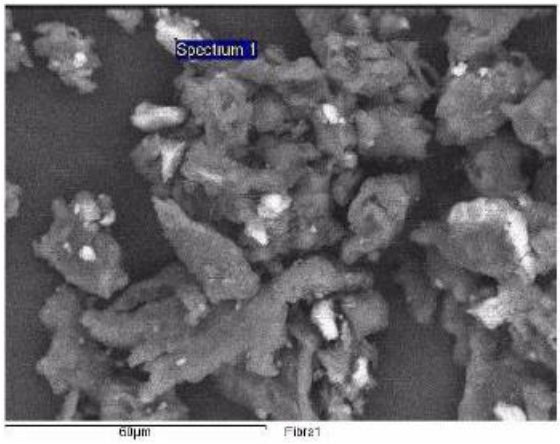


Figura 4. Análisis mediante Microscopia electrónica de barrido, (SEM)

Por tanto, también fue importante realizar estudios de DR-X, de acuerdo a lo observado en la Figura 5 con la finalidad de identificar su composición y es de suma importancia observar que la fibra insoluble presenta fases amorfas y cristalinas, lo que le confiere propiedades estructurales interesantes que promueven en cierta instancia su capacidad para soportar esfuerzos considerables.

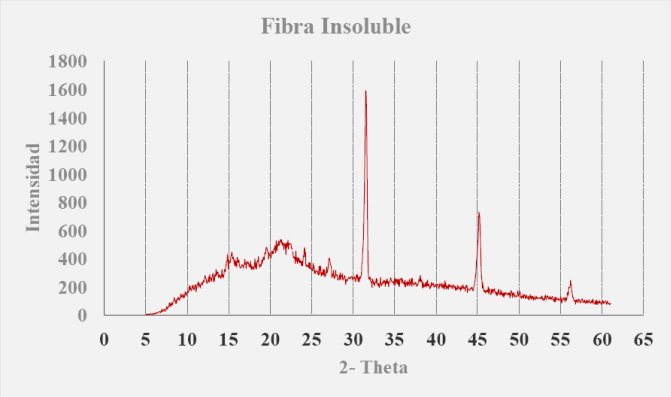


Figura 5. Análisis por DR-X de la fibra insoluble obtenida a partir de la cáscara de naranja.

Conclusiones

Se demostró mediante los análisis de FTIR que el tratamiento químico ácido y alcalino modifican la estructura de la biomasa residual a partir de la cáscara de naranja al mostrar cambios considerables en los espectros de infrarrojo, antes y después de la hidrolisis ácida y básica, encontrando solo la fracción insoluble de la cáscara de naranja. Es de suma importancia identificar los grupos característicos de la lignina, sobre todo aquellos considerados fenólicos que dan lugar a la presencia de los grupos siringilo y guaiacilo propios de las ceras en el flavedo de la naranja. Esto, indicativo que el proceso de extracción Soxhlet no fue suficiente para extraer estas ceras presentes en el pericarpio de la naranja. Sus propiedades pueden ser de gran utilidad en la valoración de este material proveniente de la biomasa agroindustrial residual. Y puede ser considerada como un agente de refuerzo en la modificación de plástico, específicamente de Polipropileno post-consumo. Mediante la técnica de DLS se determinó un tamaño de partícula que se correlaciona con los resultados obtenidos por la técnica de SEM, lo cual indica que la morfología de la fibra insoluble mostrada, detalla que su morfología corresponde a fibras cortas, aunado al tamaño de partícula en promedio de 29.55 micras, promueve que hipotéticamente por su tamaño y su forma, la fibra insoluble podría ser un agente de refuerzo muy interesante al dispersarse en el medio continuo del PP, ya que por su tamaño y forma estaría en la matriz polimérica otorgando propiedades de resistencia a la deformación.La utilización de fibras obtenidas a partir de la cáscara de naranja repercute en el ahorro de materia prima obtenida a partir de recursos naturales fósiles, otorga un valor agregado a los residuos que no son gestionados de forma adecuada y que incrementan mediante su descomposición el calentamiento de la atmósfera.

Referencias

1. Abdullah, M.A. Rahmah, A., Man, Z., (2010), Physicochemical and sorption characteriteristics of Malaysian Ceiba Pentandra (L)., Gaertn.as natural oil sorbent, J Hazard Mater, 177, 683-691.
2. Garside, P. Wyeth, P., (2003)., Identification of cellulosic fibres by FTIR spectroscopy: Thread and single fibre analysis by attenuated total reflectance, Stud. Conserv 48 (4), 269-275.
3. Cayo Álvarez, (2009), Obtención de Fibra insoluble a partir de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), Universidad Peruana Unión.
4. Hori, K., Flavier, M.E., Kuga, S.,Lam, T.B.T., Liyama, K., 2000, Excelente oil absorbentkapok (Ceiba Pentandra L. Gaernt., Fiber: Fiber structure, chemical characteristics, and application J. Wood Sci., 46, 40-404.
5. Lajolo M., Saura C., Witing P. y Wenzel M., (2001), Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud., Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos.
6. León S.G. (2015), Obtención de reforzantes estructurales y estudio del tamaño de partícula para matrices poliméricas de polipropileno.
7. Likon, I., Likon, M.,(2010), Use of fibers produced from the sedes of Populus tree as absorbentand filtering material, method and installation for theirproduction. WasteManage 31 (6)., 1350-1356).
8. Masuelli, M.A. (2013), Fibers Reinforced Polymers: Technology Applied for concrete repair, Rijeka, Croatia: In Tech.

Caracterización química y propiedades funcionales del concentrado proteico del frijol costeño (*Vigna unguiculata*)

E. N. Salmoran Mejia[1], J. Rodríguez Miranda[1], B. Hernández Santos[1], E. Ramírez Figueroa[1], J. G. Torruco Uco[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja S/N, Col. 5 de Mayo, C.P. 68350, Tuxtepec, Oaxaca, México.

juan.tu@tuxtepec.tecnm.mx ó jtorruco79@outlook.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el presente trabajo se realizó la caracterización química y las propiedades funcionales del concentrado proteico obtenido a partir de la harina de los granos de frijol costeño (*Vigna unguiculata*). La harina presentó un contenido de proteína de 26.58%, mientras que el concentrado proteico fue de 65.24%. Los parámetros de color mostraron que la luminosidad (*L**) de la harina fue de 87.85 y 55.33 para el concentrado proteico. La harina y concentrado proteico mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) en las propiedades funcionales como en la capacidad de absorción de agua (CAA) con 3.66 y 2.66 g H_2O/g muestra, la capacidad de absorción de aceite (CAAc) de 1.66 y 1.66 (g aceite/g muestra), la capacidad emulsificante (CE) fue de 23.50 y 30.00% y la densidad aparente (DA) de 0.49 y 0.55%, respectivamente. La información generada en esta investigación puede ser usada para el desarrollo de nuevos alimentos que necesiten ser mejorados en sus propiedades funcionales.

***Palabras clave**: frijol costeño, harina, concentrado proteico, propiedades funcionales.*

Abstract

In the present work the chemical characterization and functional properties of the protein concentrate obtained from the flour of the grains of costeño bean (Vigna unguiculata) were carried out. Flour showed a protein content 26.58%, while the protein concentrate was 65.24%. The color parameters showed that the luminosity (L) of flour was 87.85 and 55.33 for the protein concentrate. The flour and concentrate showed significant difference ($p < 0.05$) in functional properties as in the water absorption capacity (WAC) with 3.66 and 2.66 g H_2O/g sample, the oil absorption capacity (OAC) of 1.66 and 1.66 (g oil/g sample), an emulsifying capacity (EC) of 23.50 and 30.00%, and the apparent density (BD) of 0.49 and 0.55%, respectively. The information generated in this research can be used to develop news foods that need to be improved in their functional properties.*

***Key words**: Costeño bean, flour, protein concentrate, functional properties.*

Introducción

Las propiedades funcionales permiten el uso de las proteínas como ingredientes en alimentos, generalmente estas son empleadas en mezclas complejas. En esta búsqueda se tiene como primer objetivo el uso de proteínas vegetales, ya que, estas han desarrollado un papel de gran importancia en la nutrición humana. La funcionalidad de las proteínas es de gran importancia tecnológica, existiendo un gran interés por conocer los mecanismos implicados en la funcionalidad de las mismas para de esta forma, poder modificarlas y extender su rango de aplicabilidad [Pszczola, 2004]. En este sentido la leguminosas juegan un papel importante debido a su alto contenido de proteínas, especificamente los granos de *Vigna unguiculata* conocido comúnmente como “frijol costeño” pertenece a la familia de familia Fabaceae, es una planta herbácea, anual, trepadora. Se cultiva todo el año en el Municipio de Matias Romero Avendaño, Oaxaca, México; esta a su vez, tiene potencial alimenticio, pues se emplea en la elaboración de diferentes alimentos. En el presente trabajo se obtuvo una harina y un concentrado proteico a partir de los granos de frijol costeño (*Vigna unguiculata*) y se caracterizó químicamente y se evaluaron sus propiedades funcionales y asi proponer su uso como aditivo en la elaboración de alimentos que requieran mejorar sus propiedades funcionales asi como su contenido de nutrientes.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Materiales

El frijol costeño (*Vigna unguiculata*) fue adquirido en el mercado local del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oaxaca, México. Posteriormente fue trasladado al Laboratorio de Ciencias de los Alimentos del Instituto Tecnológico de Tuxtepec, donde se les realizaron diferentes análisis.

Obtención de la harina

Los granos de frijol costeño (*V. unguiculata*) fueron sometidos a un secado en una estufa de convección a una temperatura de 50 ºC/24. Posteriormente fueron molidos en una licuadora industrial (Tapisa® modelo T 5L) para obtener un quebrado del grano grueso. Seguido se hizo una molienda fina en un molino de café KRUPS GX4100 hasta obtener una harina capaz de pasar a través de una malla No. 80 (0.177 mm).

Obtención del concentrado proteico

Para la obtención del concentrado proteico se empleó el método establecido por Guerra y col. [2015], con algunas modificaciones. La harina se dispersó en NaOH pH 11 en una relación 1:10 p/v y se agitó por 1:30 h a 400 rpm (Caframo RZ1), posteriormente la suspensión se centrifugó a 5000 rpm/30 min. Al sobrenadante se le ajustó el pH a 4.6 (punto isoeléctrico) con HCl 1 N, se dejó en reposo durante 60 min, posteriormente, se centrifugó a 5000 rpm/30 min. El precipitado se lavó con agua destilada 5 veces y posteriormente se liofilizó a -20 °C.

Análisis químico proximal

La composición química proximal se determinó de acuerdo a los métodos siguientes AOAC [2012]:

- Humedad (Método 925.09): se determinó por la pérdida de peso después de secar la muestra en estufa (Riossa, H-41, México) a 105 °C por 4 h.
- Proteína cruda (Método 954.01): se determinó mediante el método Kjeldahl, por digestión ácida y destilación alcalina, usando 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína.
- Grasa cruda (Método 920.39): se cuantificó después de la extracción de la muestra durante 1 h con hexano en un sistema Soxhlet.
- Fibra (Método 962.09): se determinó mediante una digestión ácido-alcalina.
- Cenizas (Método 923.03): se calculó como el peso remanente después de calcinar la muestra a 550 °C durante 4 h.
- Carbohidratos totales (ELN): Los carbohidratos totales se estimaron por diferencia al 100% como el extracto libre de nitrógeno.

Análisis de color

El color de la harina y del concentrado proteico del frijol costeño, fueron determinados mediante un colorímetro triestimulo Hunter lab (MiniScan Hunter Lab, modelo 45/0L, Hunter Asociates Lab., Ind., Reston, Virginia U.S.A). Del cual, se obtuvieron los valores: L^*, a^* y b^*, a partir de ellos se calcularon los valores de Cromaticidad (C^*), ángulo Hue (h^o) y la diferencia total de color (ΔE) [Wani y col., 2013].

Propiedades Funcionales

Estas propiedades fueron determinadas tanto a la harina como al concentrado proteico del frijol costeño la cuales comprendieron las siguientes determinaciones:

Capacidad de absorción de agua (CAA)

A 1 g de muestra se añadieron 10 mL de agua destilada en tubos para centrifuga y se agitaron en un vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) durante 30 s, posterior a esto se centrifugaron a 1006 *x g* por 15 min en una centrifuga Rotina 380 R. Los resultados se expresaron como gramos de agua retenida por gramo de muestra para CAA [Anderson y col., 1969].

Capacidad de absorción de aceite (CAAc)

La capacidad de absorción de aceite se realizó siguiendo lo establecido por Beuchat [1977]; se colocó 1 g de muestra en tubos para centrifuga a los cuales les fueron añadidos 10 mL de aceite de maíz, estos fueron agitados en un vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) durante 30 s y posteriormente se centrifugaron a 1006 *x g* por 15 min en una centrifuga Rotina 380 R. Los resultados son expresados como gramos de aceite retenido por gramo de muestra.

Capacidad Emulsificante (CE)

Se mezcló 1 g de muestra con 20 mL de agua destilada, se agitó 15 min y posteriormente fue llevada a 25 mL con agua destilada. Se mezclaron 25 mL de dicha solución con 25 mL de aceite de maíz en una licuadora marca Oster (mod. 465, México) por 3 min y se centrifugó a 1006 *x g* por 15 min (centrífuga Rotina 380 R). La emulsión se expresa en términos de porcentaje, como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido [Yasumatsu y col*.,* 1992].

Densidad aparente (DA)

Muestras de 50 g de muetra se colocaron en una probeta de 100 mL. El contenido se compactó varias veces hasta obtener un volumen constante, registrando el volumen de cada muestra. La densidad aparente (g/cm^3) se calculó con el peso de las muestras (harina o concentrado proteico en "g" dividido por el volumen de harina o cocentrado proteico en cm^3) [Okaka y Potter, 1979].

Análisis estadístico
Los resultados obtenidos de la caracterización de la harina y concentrado proteico del frijol costeño se analizaron mediante un Análisis de Varianza de una vía y se determinaron las diferencias entre las medias mediante una prueba de diferencia mínima significativa (LSD), con un nivel de confianza del 95%, utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVII.

Resultados y discusión

Análisis químico proximal

Los resultados obtenidos del análisis químico proximal de la harina y concentrado proteico del frijol costeño se muestran en la Tabla 1. Se puede observar que la harina tuvo un contenido de humedad de 8.75% y 5.29% el concentrado proteico. El contenido de proteína de la harina fue de 26.58%, mientras que el concentrado proteico fue de 65.24%, mostrando diferencia estadística ($p < 0.05$). Los datos obtenidos en la harina evaluada, fueron semejantes a lo reportado por Zaragoza y col. [2003] en harina del frijol Flor de mayo Anita con un 20% de proteínas, así mismo es similar a lo reportado por Chel-Guerrero y col. [2002] para el frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y frijol de chancho (*Canavalia ensiformis*) con un contenido de proteína de 24.07 y 26.86%, respectivamente, mientras que en el frijol caupí (*Vigna sinensis* S.) con 24.58% tal como lo reporta Du y col. [2014]. Por otro lado, el contenido de proteína obtenido en el concentrado proteico es similar a lo reportado por Rodríguez-Canto [2014] quién obtuvo un contenido de proteínas de 74.06 y 68.29% para los concentrados proteínicos de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y caupí (*Vigna sinensis S.)* respectivamente. Se deben considerar algunas características que diferencian el contenido proteico encontrado en el presente trabajo y las investigaciones antes citadas, como son: el tipo de suelo donde fueron cosechadas las vainas del frijol, la altitud a la cual se realizó la siembra, temperatura del medio ambiente, tiempo y estación de maduración de las vainas y el método de sembrado [Brunner y col., 2011].

Tabla 1. Análisis químico proximal de la harina y concentrado proteico del frijol costeño (*Vigna unguiculata*).

Componentes (%)	Harina	Concentrado proteico
Humedad	8.75 ± 0.28[a]	5.29 ± 0.07[b]
Proteína cruda	26.58 ± 0.20[a]	65.24 ± 2.91[b]
Grasa cruda	2.55 ± 0.11[a]	1.94 ± 0.07[b]
Fibra cruda	0.60 ± 0.24[a]	0.44 ± 0.35[b]
Cenizas	3.49 ± 0.06[a]	2.90 ± 0.12[b]
ELN	66.78 ± 0.16[a]	29.48 ± 0.22[b]

Los resultados son el promedio de 3 repeticiones ± su desviación estándar.
[a-b] Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).
ELN: Extracto Libre de Nitrógeno.

Los resultados obtenidos de grasa para la harina fue de 2.55%, el cual fue similar a lo reportado por Betancur-Ancona y col. [2008] en frijol terciopelo con 2.8% de grasa, mientras que el concentrado proteico de la harina evaluada fue de 1.94%, sineod este menor que lo valores reportados por otros autores con 3.12% en concentrado proteico de *Canavalia ensiformis* [Chel-Guerrero y col., 2002] y 4.7% en concentrado proteico de frijol jamapa [Torruco-Uco, 2009]. En lo que respecta, al contenido de fibra cruda en la harina tuvo un contenido de 0.60% mientras que en el concentrado proteico fue de 0.44%. Este comportamiento ha sido observado en la harina y concentrado proteico de frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en las investigaciones hechas por Corzo-Ríos y col. [2000], con una disminución de 9.42 a 0.35%. Betancur-Ancona y col. [2008] hallaron una disminución de 9.4 a 3%, en estudios hechos a partir de *Mucuna pruriens* proveniente de Calkiní, Campeche, México. Estas variaciones puede ser debido a condiciones climáticas y de suelo, de los lugares de producción, así como las diferencias entre las variedades.

Análisis de color

Los resultados de color (Tabla 2), muestran que la harina de frijol costeño tuvo un valor de luminosidad (L^*) de 87.85, mientras que el concentrado proteico presentó un valor de L^* = 55.33; por lo que, hubo diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) entre ellos. En la harina, el parámetro a^* que va de verde a rojo (enrojecimiento) fue de 0.71 para la harina de frijol costeño; mientras que en el concentrado proteico el valor de a^* fue de 8.59.

Tabla 2. Parámetros de color de la harina y el concentrado proteico del frijol costeño (*Vigna unguiculata*).

Parámetros de color	Harina	Concentrado proteico
L*	87.85 ± 0.02[b]	55.33 ± 0.00[a]
a*	0.71 ± 0.02[a]	8.59 ± 0.01[b]
b*	8.30± 0.01[a]	25.01 ± 0.26[b]
ΔE	12.89 ± 0.00[b]	0.31 ± 0.24[a]

Los resultados son el promedio de 3 repeticiones ± su desviación estándar.
[a-b] Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

En lo que respecta al parámetro b^* que va de azul a amarillo (amarillamiento) fue de 8.30 para la harina y 25.18 para el concentrado proteínico, respectivamente. Estas diferencias de color se vieron reflejadas en los valores de diferencia total de color (ΔE) que fueron de 12.89 para la harina de frijol costeño, mientras que, en el concentrado proteínico el valor de ΔE fue de 0.31. Es importante mencionar que la disminución del valor de luminosidad en el concentrado fue provocada por el uso de NaOH durante el proceso de obtención del concentrado proteico. DE igual forma puede ser atribuido a la eliminación del contenido de almidón que fue removido durante la obtención del concentrado proteico, debido a que este contenido de almidón presentó un color blanco al momento de ser separado, por lo que su contribución al color del concentrado se vio reducida.

Propiedades funcionales

Las propiedades funcionales son importantes, ya que nos proporcionan información para determinar el nivel de utilización en la formulación y el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Fasasi y col., 2007). Las propiedades funcionales de la harina y concentrado proteico del frijol costeño (*Vigna unguiculata*) se observan en la Tabla 3. La capacidad de absorción de agua (CAA) de la harina fue de 3.66 g H_2O/g muestra y para el concentrado proteico de 2.66 g H_2O/g muestra mostrando diferencia estadística significativa ($p<0.05$). Estos valores encontrados en esta investigación fueron similares a lo reportado por Mjoun y Rosentrater [2011] con CAA de 3.39 a 3.63 g H_2O/g muestra, en harinas de granos secos de destilería. Cabe mencionar que la CAA depende, principalmente, de la proteína y de algunos parámetros de esta, como tamaño, forma, factores estéricos, balance hidrofílico-hidrofóbico de los aminoácidos en las moléculas [Thompson y col., 1982], así como también del contenido de lípidos, carbohidratos y fibra presentes en los alimentos [Flores y col., 2014]. Según Hodge & Hosman [1976], las harinas con alta CAA tienen compuestos más hidrofílicos y es considerada una propiedad funcional de las proteínas, fundamental en alimentos viscosos, tales como sopas, salsas, masas y alimentos horneados, productos donde se requiere una buena interacción proteína-agua [Granito y col., 2004].

Tabla 3. Propiedades funcionales de la harina y concentrado proteico del frijol costeño (*Vigna unguiculata*).

Muestras	Propiedades Funcionales			
	CAA (g H_2O/g muestra)	CAAc (g aceite/g muestra)	CE (%)	DA (g/cm^3)
Harina	3.66 ± 0.57^a	1.66 ± 0.057^a	23.50 ± 3.04^a	0.49 ± 0.06^a
Concentrado proteico	2.66 ± 0.57^b	1.66 ± 0.57^a	30.00 ± 0.00^b	0.55 ± 0.01^b

Los resultados son el promedio de 3 repeticiones ± su desviación estándar.
$^{a-b}$ Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$).
CAA: Capacidad de absorción de agua.
CAAc: Capacidad de absorción de aceite.
CE: Capacidad emulsificante.
DA: Densidad aparente.

En lo que respecta a la capacidad de absorción de aceite (CAAc) los valores obtenidos fueron de 1.66 y 1.66 g aceite/g muestra para la harina y concentrado proteico, respectivamente. Cabe mencionar que la CAAc es atribuido principalmente por el atrapamiento físico del aceite y al número de cadenas laterales no polares de las proteínas que se unen a las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos [Al-Kahtani y Abou-Arab, 1993]. La importancia de la CAAc es importante en la elaboración de productos alimenticios, ya que de esta propiedad depende para impartir determinadas características al producto, especialmente para retener el sabor, mejorar la palatabilidad y alargar la vida útil mediante la reducción de la humedad y pérdida de grasa [Chel-Guerrero y col., 2002].

La capacidad emulsificante (CE) de la harina y concentrado proteico fueron de 23.50 y 30.00% respectivamente. Esta capacidad refleja la capacidad que tuvieron las proteínas para adsorberse rapidamente en la interfaz aceite/agua durante la formación de la emulsión y estas diferencias puede ser atribuida a la desnaturalización parcial de las proteínas y a cambios en la distribución de carga molecular que exponen los aminoácidos hidrofóbicos [Bubler y col., 2016]. Por otro lado, Yemisi y Adebowalea [2005] menciona que la capacidad de las proteínas presentes en las harinas y concentrados proteicos en altas concentraciones ayuda a formar una emulsión y esta propiedad es de gran importancia en los diferentes tipos de productos como pueden ser aderezos para ensaladas e incluso en la elaboración de pasteles.

La propiedad de densidad aparente (DA) de la harina y concentrado proteico evaluado mostraron valores promedio de 0.49 y 0.55 g/cm^3, respectivamente los cuales fueron similares a lo reportado por Ghavidel y Prakash

[2006] en frijol negro (0.652 g/cm^3), Akaerue y Onwuka [2010] en frijol chino (0.65-0.96 g/cm^3) y Fasoyiro y col. [2010] en quinchoncho (0.501 – 0.623 g/cm^3). La DA es la propiedad tecno-funcional que relaciona la masa con el volumen ocupado por la harina, incluyendo el volumen de las partículas y los espacios disponibles entre las mismas [Aguilera, 2009]. Sin embargo, bajos valores de DA son deseables para el envasado de muestras, ya que estos productos no pierden volumen durante su almacenamiento [Torruco-Uco y col., 2019]

Trabajo a futuro

Se están realizando otras determinaciones de propiedades funcionales, tales como capacidad espumante, estabilidad de la espuma y poder de hinchamiento, tanto de la harina como del concentrado proteico del frijol costeño, con la finalidad de comprender mejor el comportamiento de las proteínas presentes dentro de un sistema alimenticio donde se le adicione. Por otro lado, tanto la harina como el concentrado proteico se les determinará su capacidad antioxidate por varios meétodos ABTS, DPPH, y FRAP y el concentrado proteico se someterá una hidrólisis enzimática con la finalidad de obtener hidrolizados proteicos que presenten diferentes actividades y estos pueda ser incluidos en el desarrollo de un alimento funcional.

Conclusiones

La harina presentó alto contenido de grasa mientras que el concentrado proteico mostró alto contenido de proteína por lo que, podrían considerarse como una fuente de alto valor calórico. Los parámetros de color obtenido de la harina y concentrado proteico del frijol costeño (*V. unguiculata*) puede ayudar a determinar en que productos podrían ser adicionado estos sin que causen algun cambio sensorial en el color de los alimentos donde se adicionan. Por otro lado, los resultados de las propiedades funcionales tanto la harina como el concentrado proteico pueden ser usados en diferentes áreas de elaboración de productos alimenticios (panadería, pastelería, aderezos, helados, entre otros).

Referencias

1. *Aguilera, R. et al. Protein fractions and functional properties of dried Imbrasia oyemensis larvae full-fat and defatted flours. Int. J. Biochem. Res. Rev 5, 116-126 (2009). Doi: 10.9734/IJBCRR/2015/1278.*
2. Akaerue, B. & G. Onwuka. 2010. The functional properties of the dehulledand undehulled mung bean (Vigna radiata (L.) Wilczek) flours as influenced by processing treatments. *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences*, 2, 1-28.
3. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. & Griffin, E.L. (1969). Gelatinization of corn grits dry roll-and extrudates-cooking. *Cereal Science Today*, 14, 4–12.
4. Al-Kahtani, H. A., y Abou-Arab, A. A. (1993). Comparison of physical, chemical, and functional properties of *Moringa peregrina* (Al-Yassar or Al-Ban) and soybean proteins. *Cereal Chemistry*, 70(6), 619-626.
5. AOAC International. (2012). *Official methods of analysis* (19 ed.). Gaithersburg, MD: The Association.
6. Beuchat, L (1977) Functional and electrophoretic characteristics of succynalated peanut flour proteins. *J Agric. Food Chem.25*: *258-263.*
7. Betancur-Ancona, D., Gallegos-Tintore, S., Delgado-Herrera, A., Pérez-Flores, V., Ruelas, A. C., & Chel-Guerrero, L. (2008). Some physicochemical and antinutritional properties of raw flours and protein isolates from *Mucuna pruriens* (Velvet bean) and *Canavalia ensiformis* (Jack bean). International Journal of Food Science and Technology, 43(5), 816-823.
8. Brunner, B., Beaver, J., & Flores, L. (2011). Mucuna. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales Estación Experimental de Lajas, Lajas, Puerto Rico.
9. Bubler S, Rumpold B.A, Jander E, Rawel H.M Schiluter O.K, Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia ilucens*) larvae. Heliyon 2, e00218 (2016). Doi. 10.1016/j.heliyon.2016.e00218.
10. Chel-Guerrero, L., Pérez-Flores, V., Betancur-Ancona, D., Dávila-Ortiz, G. (2002). Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 50(3), 584-591.

11. Du, S. K., Jiang, H., Yu, X., & Jane, J. L. (2014). Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 308313.
12. Fasasi, O; A. Eleyinmi; M. Oyarekua, M. 2007. Effect of some traditional processing operations on the functional properties of African breadfruit seed (*Treculia africana*) flour. LWT. J. Food Sci. Technol. 40: 513-519.
13. Fasoyiro, S.B., S.R. Akande, K.A. Arowora, O.O. Sodeko, P.O. Sulaiman, C.O. Olapade and C.E. Odiri. 2010. Physico-chemical and sensory properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flours. African Journal of Food Science 4(3):120-126.
14. Flores, F. F., Lozano, F. Y., Ramos, A., Salgado, R., Guerrero, V. M., Ramírez, S., & Zamudio, P. 2014 Caracterización fisicoquímica, reológica y funcional de harina de avena (*Avena sativa* L. cv Bachíniva) cultivada en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua.
15. Ghavidel, R.A., & Prakash, J. 2006. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86:1189-1195.
16. Granito, M.; Guerra, M.; Torres, A.; Guinand, J. (2004). Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. *Interciencia/Caracas*. *29:521-526.*
17. Guerra A. C.M., Murillo W., Méndez A. J.J.Carlos M. Guerra A. (2016). Antioxidant potential use of bioactive peptides derived from mung bean hydrolysates (*Vigna Radiata*). African Journal of Food Science. 11(3) pp. 67-73.
18. Hodge, J.C.; Hosman, E.M. (1976). Carbohydrates. In: Fennema, R.O. (ed.) *Principles of Food Science. Part 1. Food Chemistry. Dekker, New York. p.97-200.*
19. Mjoun, K. y Rosentrater, K. A. (2011). Extruded aquafeeds containing distillers dried grains with solubles: effects on extrudate properties and processing behavior. *Journal of the Science of Food and Agriculture 91*, 2865-2874.
20. Okaka, J.C, & Potter, N.N. (1979). Physicochemical and functional properties of cowpea powders processed to reduce beany flavor. Journal Food Science, 44, 1235-1240.
21. Rodríguez-Canto, W. J. (2014). Funcionalidad de dos sistemas hidrocoloides mixtos, de hidrolizados proteicos de Phaseolus lunatus y Vigna unguiculata con goma de framboyán (Delonix regia). Universidad Autónoma de Yucatán 38-54.
22. Thompson, L.U., Liu, R.F.K. & Jones, J.D. 1982. Functional properties and food applications of rapeseed protein concentrate. *Journal Food Science, 7(4): 1175-1180.*
23. Torruco-Uco, J. G. (2009). Efecto antihipertensivo de fracciones peptídicas bioactivas obtenidas a partir de frijol lima (Phaseolus lunatus) y frijol jamapa (Phaseolus vulgaris). Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
24. Torruco-Uco, J.G., Hernández-Santos, B., Hermna-Lara, E., Martínez-Sánchez, C.E., Juárez-Barrientos, J.M., and Rodríguez-Miranda, J. (2019). Chemical, functional and thermal characterization, and fatty acid profile of the edible grasshopper (*Sphenarium purpurascens* Ch.) European Food Research and Technology, 245(2): 285-292.
25. Wani, I. A., Sogi, D. S., Wani, A. A., & Gill, B. S. (2013). Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *LWT-Food Science and Technology, 53*(1), 278-284.
26. Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T, Ishii K (1992) Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol. Chem. 36: 719-727.*
27. Yemisi A, K.O.H Adevowalea, MOD, evaluation of nutritive properties of the large African cricket (Grylladae sp). Pak. J. Sci. Ind. Res 48,274-278 (2005).
28. Zaragoza Castellanos Ramos, J., Guzmán-Maldonado, H., Muñoz-Ramos, J. J., Acosta-Gallegos, J. A. (2003). Flor de mayo Anita, nueva variedad de frijol para la región central de México. Revista Fitotécnica Mexicana 26(3), 209-211.

Topologías de Sistemas de Dos Fases Acuosas de Polímeros

M. Bárcenas[1], M.L. Delgadillo[1], M. A. Vaca[1], V. Castellanos[2]*
[1]División de Ing. Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec / TecNM, Av. Tecnológico SN, Valle de Anahuac, C.P. 55210, Edo. de México, México
[2]TecNM/ Instituto Tecnológico de Tlalnepantla-DEPI, Av. Instituto Tecnológico SN, La comunidad, C.P. 54070, Edo. de México., México
**m.barcenas.c@gmail.com*
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En el presente trabajo se construyeron las estructuras y topologías de sistemas modelo de dos fases acuosas de polímeros. Los sistemas de estudio están constituidos por polietilenglicol, maltodextrina y agua. Se construyeron sistemas modelo con diferentes concentraciones y pesos moleculares de polímero para emular los sistemas reales. Se utilizo el programa "Visual Molecular Dynamics" para la construcción de las estructuras de los polímeros y el disolvente. La construcción de la topología de los sistemas de estudio se realizó con el programa de simulación "Groningen Machine for Chemical Simulations". Se prepararon las topologías considerando los parámetros estructurales de los polímeros, en cajas de simulación rectangulares a diferentes concentraciones.

***Palabras clave**: Polímeros, Sistema de dos fases, Topología.*

Abstract

The structures and topologies of model systems, constituted by two aqueous phases of polymers, were constructed. The study systems consist of polyethylene-glycol, maltodextrin and water. Model systems with different concentrations and molecular weights of polymer were built to emulate the real systems. The "Visual Molecular Dynamics" *program was used for the construction of the structures of the polymers and the solvent. The construction of the topology of the study systems was carried out with* "Groningen Machine for Chemical Simulations"*. The topologies were prepared considering the polymers structural parameters, using rectangular simulation boxes at different concentrations.*

***Key words**: Coexistence, Aqueous phases, molecular dynamics.*

Introducción

El uso de procesos de separación en las áreas biológicas se ha enfocado tanto para la producción como para el procesamiento de las biomoléculas. En particular el uso de sistemas de dos fases acuosas [Albertsson, 1986, Batista y col., 2009, Pic y col., 2007, Salabat y col., 2008, Carareto y col. 2010, Abdulnabi, 2013, Goja y col., 2013, Chakraborty y Sen, 2016] es adecuado para la separación y purificación de proteínas a partir de materiales como extractos de células, caldo de fermentación y filtrado de cultivo. Algunas de las aplicaciones más recientes se han orientado hacia el ámbito industrial [Duque y col., 2013, Goja y col., 2013, González-Miquel y Esteban, 2019, Kadam y col., 2015, Neves y col., 2019, Shukla y col., 2018, Yu y col., 2018].

Las moléculas de origen biológico presentan una gran sensibilidad a la temperatura, al valor del pH, a la tensión interfacial de las soluciones por lo que su separación debe considerar estas restricciones. La extracción líquido-líquido es un proceso que puede escalarse fácilmente, se realiza a temperatura ambiente y el proceso se hace posible con la selección adecuada del solvente de extracción. Los polímeros acuosos y las soluciones micelares inversas muestran características adecuadas ya que forman un ambiente que no desnaturaliza las moléculas, presentan valores apropiados de pH y la tensión superficial interfacial facilita la trasferencia de masa de las biomoléculas entre las fases acuosas [Pic y col., 2007, Salabat y col., 2008, Carareto y col. 2010].

El uso de la extracción líquido–líquido aplicado a sistemas biológicos es una herramienta poderosa para la

obtención de biomoléculas [Faravash y col., 2007, Goja y col., 2013]. Se reconoce actualmente a la extracción líquido-líquido como primer paso de purificación primaria para la obtención de proteínas teniendo como característica el ser un proceso escalable, continuo de alta capacidad y que ofrece una buena selectividad hacia la proteína deseada [Pereira y col., 2016, Goja y col., 2013]. Sin embargo, es fundamental el conocimiento del equilibrio de fases de un sistema para desarrollar la operación [Silverio y col., 2012]. Por lo tanto, es de suma importancia contar con modelos que predigan / correlacionen el equilibrio de fases de los sistemas acuosos (equilibrio líquido – líquido).

El estudio teórico de los diagramas de fase que involucran polímeros, no se ha limitado a modelos simples como NRTL, han utilizado herramientas más sofisticadas como la teoría de Flory-Huggins, teoría estadística de asociación de fluidos (SAFT) y sus diferentes modificaciones, proporcionando resultados veraces, sin embargo, limitantes en muchos casos. Recientemente se han desarrollado modelos que involucran técnicas de simulación molecular (Monte Carlo y Dinámica Molecular) que proporcionan predicciones confiables para sistemas ternarios o que contienen biomoléculas [Schaller y col., 2015; Amrhein y col., 2014; Oelmeier y col., 2012; Oh y Bae, 2010; Oh y Bae, 2011]. En particular, se ha demostrado que las simulaciones de dinámica molecular (DM) son una herramienta poderosa para generar conocimiento sobre interacciones complejas en el campo de las tecnologías de bioprocesos [Perilla y col., 2015]. Oh y Bae (2010) desarrollaron un modelo utilizando una combinación de un modelo termodinámico y dinámica molecular que ha resultado eficiente para calcular el equilibrio líquido-líquido utilizando parámetros de interacción binaria y parámetros moleculares de tamaño. En general, la simulación molecular ha encontrado un amplio campo de aplicación en la descripción de las propiedades de coexistencia de fases de suspensiones de proteínas, dando como resultado predicciones que permiten establecer algunos comportamientos genéricos de estas. Sin embargo, se han limitado a representar a las proteínas en un disolvente o tomar el efecto del medio a través de los parámetros de los modelos de interacción binaria utilizados.

Por lo tanto, este trabajo comprende la construcción de topologías de sistemas de dos fases acuosas. La finalidad de la construcción de las topologías es utilizarlas posteriormente, en conjunto con el campo de fuerza del átomo unido, para describir la coexistencia de fases de los sistemas de estudio, y proporcionar la información suficiente para desarrollar un proceso de extracción líquido-líquido.

Metodología

Para describir las propiedades de coexistencia de fases utilizando dinámica molecular, se usará el programa Groningen MAchine for Chemical Simulations (GROMACS). GROMACS es un paquete libre para realizar simulaciones de dinámica molecular y minimización de energía, dos de las muchas técnicas de química computacional y modelado molecular. Con el programa pueden realizarse modelados moleculares para describir sistemas complejos en términos de un modelo atómico realista y predecir sus propiedades macroscópicas. Está diseñado para moléculas complejas tales como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, que presentan interacciones de enlace complicadas. Sin embargo, no se limita a este tipo de moléculas y cuando se trata de sistemas que involucran interacciones de no enlace, es una herramienta de cálculo robusto y rápido.

Al ser un software libre, GROMACS posee la ventaja de adaptarse a las necesidades del usuario, permitiendo la adición de módulos de cálculo mediante programación de scripts. En particular, para este trabajo, se utilizo el programa con el sistema operativo UBUNTU (licencia libre) y su instalación requiere de librerías y programas base específicos.

GROMACS para realizar los cálculos requiere de ciertos archivos que alimentan los datos necesarios para describir los sistemas de estudio. Estos, son archivos con formatos rigurosos e información específica de las moléculas involucradas: archivo .top, .itp, .mdp y .gro. La topología del sistema requiere específicamente de archivos .pdb (estructura del sistema de estudio) y .gro.

Para generar la estructura de las moléculas de estudio, considerando sus características y parámetros moleculares (archivo con extensión .pdb) se utilizó el programa visual molecular dynamics (VMD), el cual se instaló en diferentes sistemas operativos (UBUNTU, Windows). Se obtuvieron las estructuras del polietilenglicol y de la maltodextrina, para diferentes pesos moleculares. Se construyeron seis estructuras de cada polímero, considerando los ángulos de enlace, ángulos diedros y longitudes de enlace. Estos parámetros se tomaron de

literatura y se compararon con estructuras obtenidas mediante el paquete de software "*antechamber*", vinculado como herramienta al programa VMD. Antechamber es una serie de programas para estudios de mecánica molecular. Este último fue instalada a la par de las librerías necesarias para su funcionamiento, y vinculada con VMD.

Utilizando los archivos .pdb se construyeron los archivos .gro. Estos son archivos en formato Gromacs que contiene la estructura molecular: título de la molécula, número de átomos que constituyen a la molécula, descripción de cada átomo (a qué molécula pertenece, un identificador, posiciones en x, y, z).

Se usan los archivos .gro para generar las cajas de simulación con el número de moléculas de polímero deseadas. Se usa de entrada el archivo .gro generado con una molécula del polímero y se construye la caja, donde se colocan el número de moléculas de polímero deseadas; posteriormente se solvata para obtener la concentración deseada de estudio.

Con el archivo.gro final (contiene el polímero a la concentración deseada) se construye el archivo.top o la topología del sistema. La topología contiene la información molecular de los constituyentes del sistema, como carga o residuos de acuerdo al modelo de energía potencial que se utilice. En este trabajo se utilizó el campo de fuerza del átomo unido, con la finalidad de disminuir el tiempo de cálculo. El modelo del átomo unido incorpora a un grupo de átomos y es capaz de representar las propiedades mecánicas moleculares del grupo, este modelo es una buena aproximación para simular sistemas moleculares en los que el movimiento intermolecular es más importante que el movimiento intramolecular. Este modelo trata a los átomos de hidrógeno y carbono en cada grupo metilo y cada puente de metileno como un centro de interacción, es decir los considera como un solo grupo, dando como resultado una disminución considerable en el tiempo de cálculo. Este modelo es comúnmente utilizado en la modelación de polímeros.

La concentración por especie de los sistemas se reporta en unidades adimensionales como la relación del número de partículas respecto al volumen de la caja:

$$\rho_i = {N_i}/{V_{caja}} \tag{1}$$

donde ρ_i es la concentración de cada polímero, N_i es el número de partículas de la especie i colocadas en la caja de simulación y V_{caja} es el volumen de la caja de simulación que tiene dimensiones de x=5, y=5 y z=15.

La concentración total de cada sistema se define como:

$$\rho_T = {N_T}/{V_{caja}} \tag{2}$$

donde ρ_T es la concentración total del sistema, N_T es el número de partículas totales que conforman el sistema y V_{caja} es el volumen de la caja de simulación

Resultados y discusión

El sistema de dos fases acuosas (SDFA), objeto del presente estudio, está constituido por el polímero Polietilenglicol (PEG), el polisacárido Maltodextrina (MD) y agua. Se construyeron sistemas con cuatro pesos moleculares diferentes para cada polímero y topologías para ocho concentraciones de cada peso molecular, dando un total de 64 topologías para estudiar sus propiedades de coexistencia.

Se obtuvieron las estructuras del polietilenglicol y de la maltodextrina, para diferentes pesos moleculares, considerando sus propiedades moleculares como ángulos de enlace, ángulos diedros y longitudes de enlace. Estos parámetros se tomaron de literatura [Oelmeier y col., 2012; Heymann y Grubmüller, 1999] y se compararon con estructuras optimizadas mediante el paquete de software "*antechamber"*.

Los archivos de estructura se construyeron de forma independiente para cada molécula, como ambos son polímeros primero se conformaron las unidades de monómero de polietilenglicol (PEG) y maltodextrina (MD, α-D-Glucosa), ver figura 1a y 1b respectivamente. También se construyó la molécula de agua para conformar los sistemas (figura 1c).

 ISSN 2007-8102

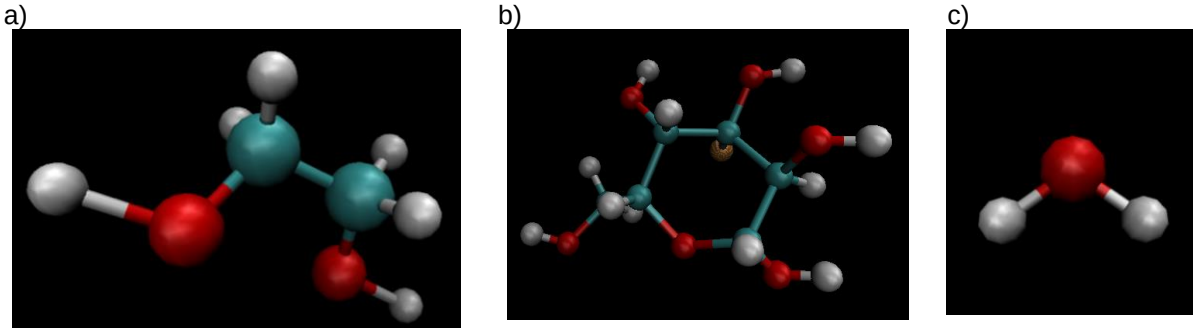


Figura 1. a) Grupo funcional Etilenglicol. b) Maltodextrina (α-D-Glucosa). c) Agua.

Para el polímero PEG se construyeron diferentes moléculas con pesos moleculares de: ≈150 g/mol, ≈300 g/mol, ≈400 g/mol y ≈800 g/mol. Para cada peso molecular se realizaron dos archivos tipo .pdb, uno con la molécula que contiene todos los elementos y un segundo archivo donde se anulan los hidrógenos, para el último caso se actualizan parámetros para utilizar el campo de fuerza del "átomo unido". En el segundo caso se anulan los hidrógenos de la estructura de la molécula, debido a que el modelo del campo de fuerza utilizado considera a los átomos de carbono e hidrógeno como un grupo.

Se usaron los siguientes datos de los parámetros moleculares:

- Ángulos de enlace: C-C-O = 109.96°, C-O-C=115.64°, O-C-C=109.49°
- Longitudes de enlace: O-C = 1.43 Å, C-C = 1.48 Å
- Ángulos diedros: C-C = -74.95°, O-C = 177.41°

Los ángulos diedros dan la torsión de la cadena polimérica.

La figura 2 muestra la topología construida para un polímero PEG con peso molecular de ≈150 g/mol y una concentración de polietilenglicol de $\rho_{PEG} = 0.266$, de agua $\rho_{H_2O} = 2.66$ y total de $\rho_T = 2.93$. La parte a de la figura 2 muestra la molécula de PEG que contiene tres unidades de monómero, para utilizar el modelo del átomo unido se eliminaron los hidrógenos unidos a los átomos de carbono y se ajustaron los parámetros estructurales resultando la estructura ilustrada en la figura 2b. Una vez que se cuenta con la estructura de la molécula, se coloca en la caja de simulación para construir la topología del sistema, se colocaron 100 moléculas de PEG en una caja de simulación rectangular (ver figura 2c), finalmente se solvata utilizando la molécula de agua, tal como se muestra en la figura 2d. Como resultado se obtiene un archivo.gro con el cual puede formarse la topología utilizando el modelo de campo de fuerza del átomo unido.De forma similar se construyeron las topologías para otros sistemas de estudio, la figura 3 muestra la topología construida para un sistema que contiene PEG constituido por nueve unidades de monómero con peso molecular de ≈400 g/mol (PEG9, ver figura 3a). En la parte b de la figura 3 se muestra la molécula PEG9 sin átomos de hidrogeno, lista para utilizarse con el modelo del átomo unido. En la parte c y d de la figura 3 reporta dos concentraciones preparadas con PEG9 + H_2O con $\rho_{PEG} = 0.066$ y $\rho_{PEG} = 0.133$ respectivamente.

La figura 4 muestra la topología construida para un sistema que contiene PEG constituido por dieciocho unidades de monómero con peso molecular de ≈800 g/mol (PEG18, ver figura 4a). En la parte b de la figura 4 se muestra la molécula PEG18 sin átomos de hidrogeno, preparada para utilizarse con el modelo del átomo unido. En la parte c y d de la figura 4 se reportan dos concentraciones de sistemas constituidos por PEG9 + H_2O con $\rho_{PEG} = 0.026$ y $\rho_{PEG} = 0.266$ respectivamente.

 ISSN 2007-8102

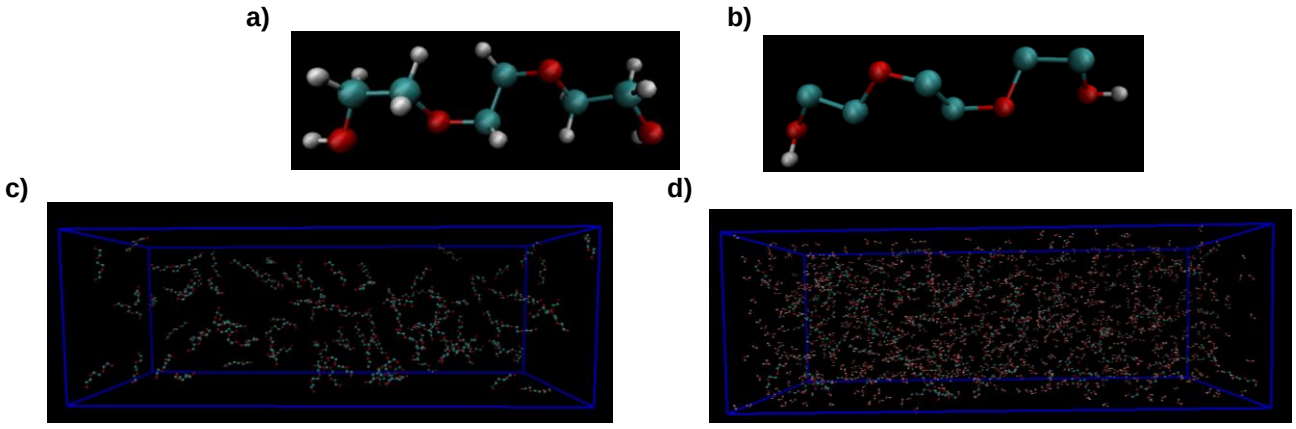


Figura 2. a) Estructura de PEG con tres unidades de monómero (PEG3). b) Estructura de PEG con tres unidades de monómero sin átomos de hidrogeno. c) Caja de simulación con moléculas de PEG3. d) Caja de simulación de sistema PEG + H_2O, $\rho_T = 2.93$.

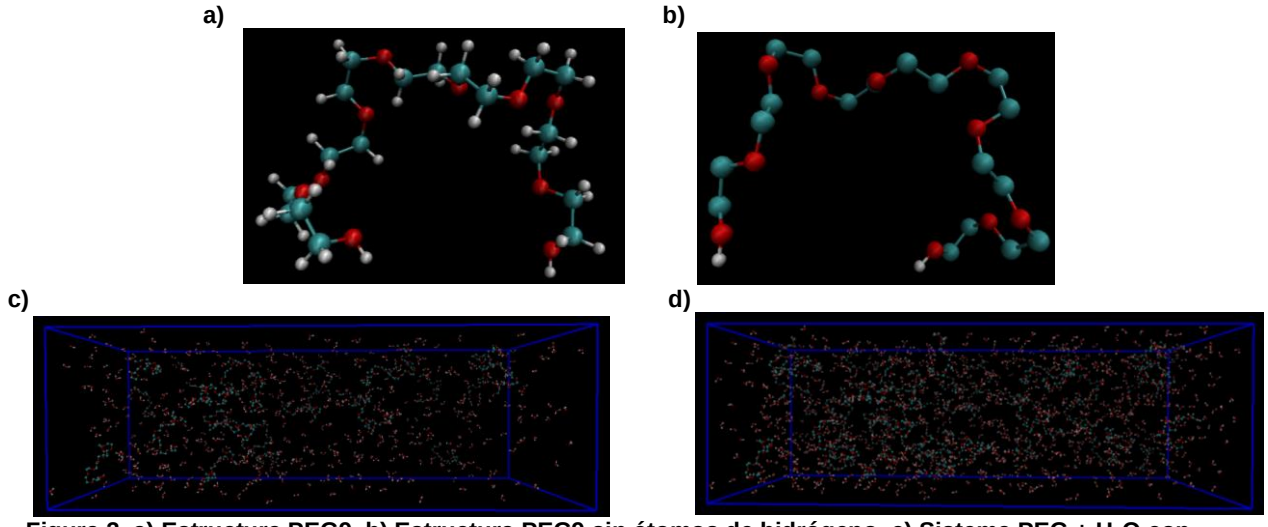


Figura 3. a) Estructura PEG9. b) Estructura PEG9 sin átomos de hidrógeno. c) Sistema PEG + H_2O con $\rho_{PEG} = 0.066$, $\rho_{H_2O} = 1.333$ y $\rho_T = 1.4$. d) Sistema PEG + H_2O con $\rho_{PEG} = 0.133$, $\rho_{H_2O} = 2.667$ y $\rho_T = 2.8$.

De forma similar que para el polímero PEG, para la Maltodedextrina se construyeron diferentes moléculas con pesos moleculares de, considerando los pesos moleculares siguientes: ≈ 350, ≈700, ≈1000 y ≈1400. La maltodextrina es un polisacárido (biopolímero) derivado de la glucosa, también denominada α – 1 – 4 – D glucosa; las unidades de monosacáridos se unen mediante enlaces glucosídicos entre el carbono 1 y carbono 4. Para cada peso molecular se realizaron dos archivos tipo .pdb, uno con la molécula que contiene todos los elementos y un segundo archivo donde se anulan los hidrógenos, para el último caso se actualizan parámetros para utilizar el campo de fuerza del "átomo unido". La figura 5 muestra la topología construida para un sistema MD + H_2O con un polisacárido de peso molecular de 300 g/mol (MD2) que corresponde a dos unidades de monosacárido, a diferentes concentraciones. En la parte a de la figura se muestra la MD sin átomos de hidrogeno con la finalidad de utilizar el modelo de campo de fuerza del átomo unido. Se colocaron en la caja de simulación cincuenta moléculas de MD2 en la caja de simulación y se solvataron con 1000 moléculas de agua para alcanzar una concentración de MD2 de $\rho_{MD} = 0.026$, de agua $\rho_{H_2O} = 2.66$ y total de $\rho_T = 2.693$ (ver figura 5b). La parte c de la figura 5 corresponde al mismo sistema, pero con concentraciones de $\rho_{MD} = 0.266$, de agua $\rho_{H_2O} = 2.66$ y total de $\rho_T = 2.93$.

 ISSN 2007-8102

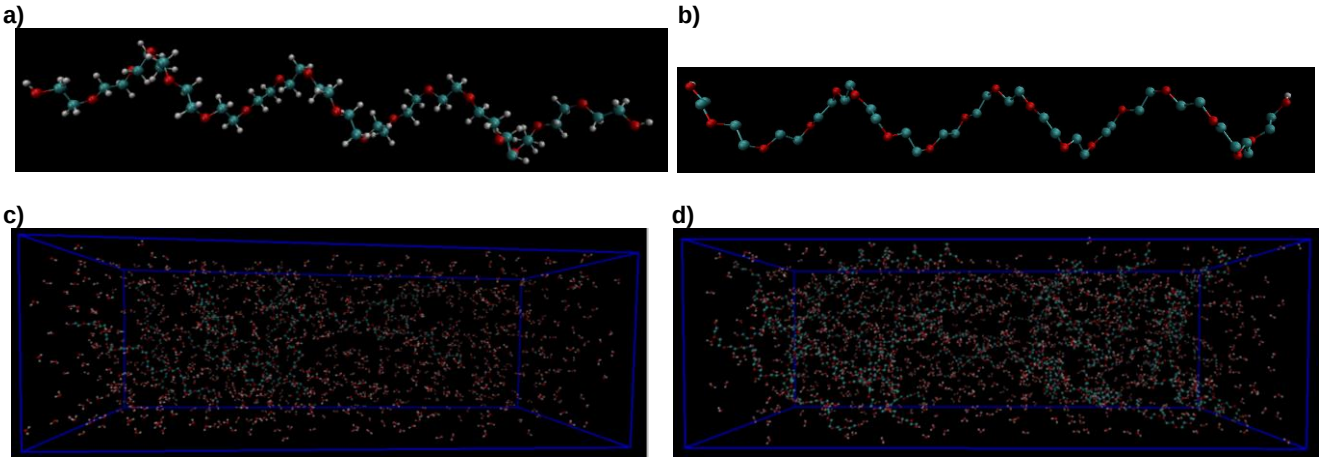


Figura 4. a) Estructura PEG18. b) Estructura PEG18 sin átomos de hidrógeno. c) Sistema PEG + H_2O con $\rho_{PEG} = 0.026$, $\rho_{H_2O} = 2.667$ y $\rho_T = 2.693$. d) Sistema PEG + H_2O con $\rho_{PEG} = 0.266$, $\rho_{H_2O} = 2.667$ y $\rho_T = 2.93$.

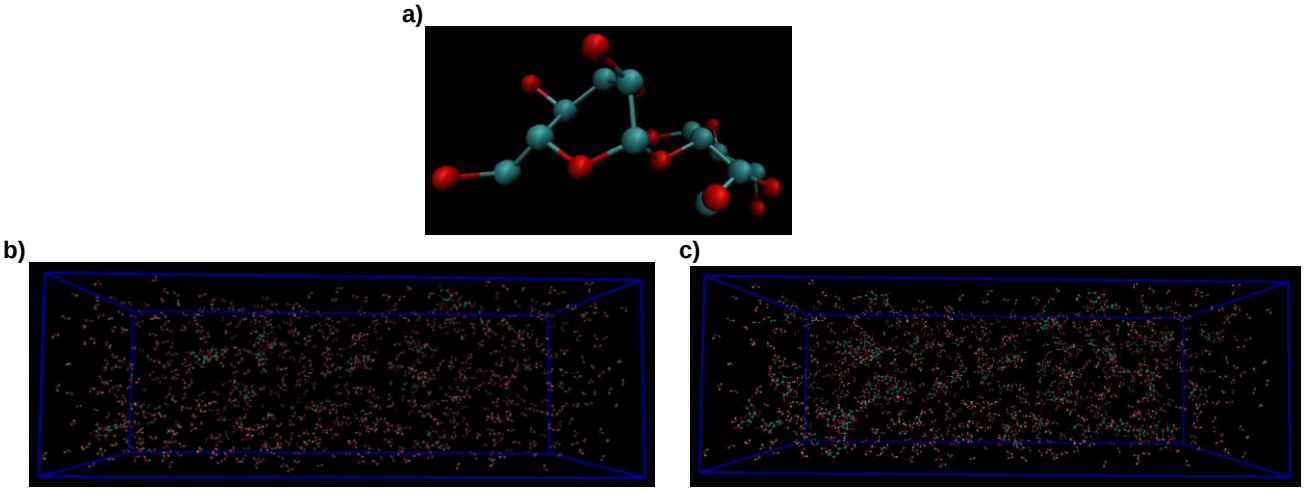


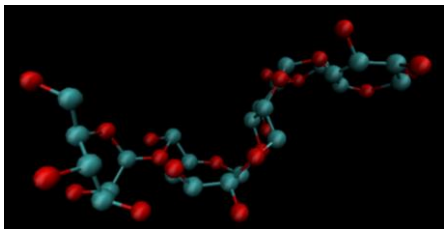
Figura 5. a) Estructura MD2 sin átomos de hidrógeno. b) Sistema MD2 + H_2O con $\rho_{MD} = 0.026$, $\rho_{H_2O} = 2.66$ y $\rho_T = 2.693$. c) Sistema MD2 + H_2O con $\rho_{MD} = 0.266$, $\rho_{H_2O} = 2.66$ y $\rho_T = 2.93$.

La figura 6 muestra la topología construida para un sistema que contiene MD constituido por cuatro unidades de monosacárido con peso molecular de ≈700 g/mol sin átomos de hidrogeno (MD4, ver figura 6a), preparada para utilizarse con el modelo del átomo unido. En la parte b y c de la figura 6 se reportan dos concentraciones de sistemas constituidos por MD + H_2O con $\rho_{MD} = 0.026$ y $\rho_{MD} = 0.266$ respectivamente.

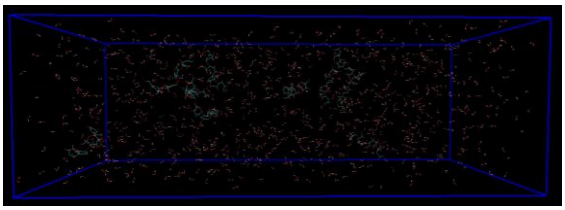
En la figura 7 se reporta la topología construida para un sistema que contiene MD constituido por ocho unidades de monosacárido con peso molecular de ≈1400 g/mol (MD8, ver figura 6a). En la parte b de la figura se muestra la estructura de MD8 sin los átomos de hidrogeno, preparada para utilizarse con el modelo del átomo unido. En la parte c y d de la figura 7 se reportan dos concentraciones de sistemas constituidos por MD + H_2O con $\rho_{MD} = 0.026$ y $\rho_{MD} = 0.266$ respectivamente.

 ISSN 2007-8102

a)



b)



c)

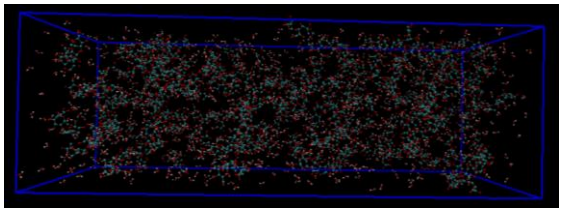
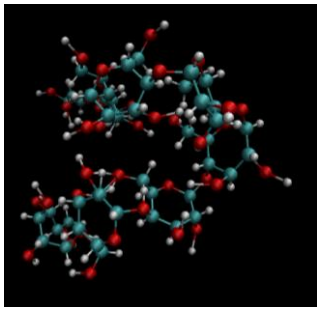
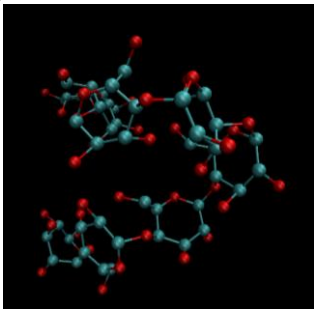


Figura 6. a) Estructura MD4 sin átomos de hidrógeno. b) Sistema MD4 + H_2O con $\rho_{MD} = 0.026$, $\rho_{H_2O} = 2.66$ y $\rho_T = 2.693$. c) Sistema MD2 + H_2O con $\rho_{MD} = 0.266$, $\rho_{H_2O} = 2.66$ y $\rho_T = 2.93$.

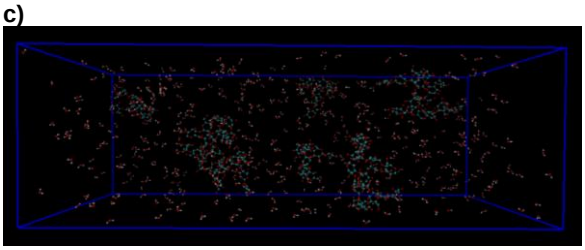
a)



b)



c)



d)

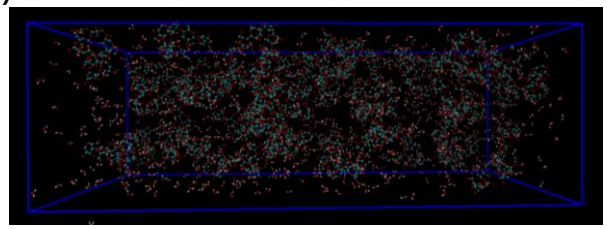


Figura 7. a) Estructura MD8. b) Estructura MD8 sin átomos de hidrógeno. c) Sistema MD8 + H_2O con $\rho_{MD} = 0.026$, $\rho_{H_2O} = 2.66$ y $\rho_T = 2.693$. c) Sistema MD8 + H_2O con $\rho_{MD} = 0.266$, $\rho_{H_2O} = 2.66$ y $\rho_T = 2.93$.

Trabajo a futuro

Las topologías constituyen un elemento fundamental para el uso del paquete GROMACAS para el cálculo de las propiedades de coexistencia de los sistemas. Se requiere terminar los cálculos de coexistencia de fases de los sistemas y realizar comparación con datos experimentales reportados. Analizar con base en los resultados, si el modelo de campo de fuerza fue el adecuado para representar los SDFAs.

Conclusiones

Se construyeron topologías de sistemas de dos fases acuosas constituidas por polietilenglicol, maltodextrina y agua, para su aplicación en la separación de biomoléculas. La construcción de las moléculas que constituyen a los sistemas de estudio se realizo considerando sus propiedades estructurales para reportar datos certeros de las propiedades de coexistencia. El programa utilizado permitió construir los sistemas de interés para su estudio.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero proporcionado por el Tecnológico Nacional de México a través el proyecto 659.18-PD. Los autores agradecen al Laboratorio Nacional de Supercómputo del Sureste de México perteneciente a la red de laboratorios nacionales CONACYT, por los recursos computacionales, el apoyo y la asistencia técnica.

Referencias

1. Abdulnabi Al-Hallaf W. A. (2013). “Experimental Study of the Partitioning of BSA Protein in P-P and P- Salt Systems”. J. Sci.Eng. **(3)**, No. (1), 19.
2. Albertsson, P.A. Partition of cell particles and macromolecules. Third ed., Wiley, New York, 1986.
3. Amrhein, S.; Oelmeier, S.A.; Dismer, F.; Hubbuch, J. (2014). Molecular dynamics simulations approach for the characterization of peptides with respect to hydrophobicity. J. Phys. Chem. B **(118)** No. (7) 1707.
4. Batista E.A.C., Meirelles A.J.A., Rodrigues C.E.C. y Goncalves C.B. (2009). “Chap 5: Liquid-Liquid Extraction Applied to the processing of Vegetable Oil”. Angela M. y Meireles A. Extracting Bioreactive Compounds for food products. Theory and Applications (pp. 219-268). Boca Raton, US: CRC Press Taylor & Francis Group.
5. Carareto N. D. D., Monteiro Filho E. S., Pessôa Filho P. A., Meirelles A. J. A. (2010). “Water activity of aqueous solutions of ethylene oxide-propylene oxide block copolymers and maltodextrins”. Brazilian J. Chem. Eng. **(27)**, No. (01) 173.
6. Chakraborty A. y Sen, K. (2016). Impact of pH and temperature on phase diagrams of different aqueous biphasic systems. J. Chromatogr. A **(1433)** 45.
7. Duque, P.M.; Rocha, H. A.; Gonçalvesde, F.; Homem-de-Mello, M.; Ferreira, E.X; Magalhães, P.O. (2013). Liquid-Liquid extraction of pectinase produced by aspergillus oryzae using aqueous two-phase micellar system. Separation and Purification Tech. **(120)** 452.
8. Faravash, F.S.; Modarress, B. and Nasernejad, B. (2007). Structural and Partitioning Studies of Bovine Serum Albumin in Mixture of (Poly (ethylene glycol) + K2HPO4 + H2O). J. Chem. Eng. Data **(52)** 71.
9. Goja A.M., Yang H., Cui M. y Li C. (2013). Aqueous two-phase extraction advances for bioseparation. J. Bioprocess. Biotechniq. **(4)**, No. (1), 1000140.
10. González-Miquel, M.; Esteban, J. (2019). Novel solvents for biotechnology applications. Comprehensive biotechnology **(2)** 790.
11. Heymann, B.; Grubmüller, H. (1999). Chair boat transtitions and side groups affect the siffness of polysaccharides. Chem. Phys. Lett. **(305)** 202.
12. Kadam, S.U.; Álvarez, C.; Tiwari, B.K.; O´Donnell, C. (2015). Chapter 9: Extraction of biomolecules from seaweeds. En Seaweed Sustainability, food and non-food applications (pp. 243), San Diego, Estados Unidos, Academic Press, Elsevier.
13. Neves, C.; Sousa R. C. S.; Pereira, M.M.; Freire, M.G.; Coutinho, A. A.P. (2019). Undestanding the effect of ionic liquids as adjuvants in the partition of biomolecules in aqueous two-phase systems formed by polymers and weak. Biochem. Eng. J. **(141)** 239.
14. Oelmeier, S.; Dismer, F.; Hubbuch, J. (2012). Molecula dynamics simulations on aqueous two-phase systems -Single PEG-molecules in solution. BMC Biophysics **(5)** No. (14) 1.
15. Oh, S. Y., Bae Y.C. (2011). Correlation of thermodynamic modeling and molecular simulations for liquid–liquid equilibrium of ternary polymer mixtures based on a phenomenological scaling method. Fluid Phase Equil. **(307)** 202.
16. Oh S.Y., Bae Y.C. (2010). Phase equilibrium calculations of ternary liquid mixtures with binary interaction parameters and molecular size parameters determined from molecular dynamics. J. Phys. Chem. B **(114)** No. (27) 8948.
17. Pereira M. M., Cruz R., Almeida M. R., Lima A. S., Coutinho J. A. P., Freire M. G. (2016). “Single-step purification of ovalbumin from egg white using aqueous biphasic systems”. Proc. Biochem. **(51)**, 781
18. Pic G., Bassani G., Farruggia B., Nerli B. (2007). “Calorimetric investigation of the protein–flexible chain polymer interactions and its relationship with protein partition in aqueous two-phase systems”. Intl. J. Biol. Macromolecules (40), 268.
19. Perilla, J.R.; Chong, B.; Cassidy, C.K.; Liu, B.; Bernardi, R.C.; Rudack, T.; Yu, H.; Wi, Z.; Schulten, K. (2015). Molecular dynamics simulations of large macromolecular complexes. Struc. Bio. **(31)** 64.
20. Salabat, A.; Abnosi, M.H.; Motahari, A. (2008). Investigation of amino acid partitioning in aqueous two- phase systems containing polyethylene glicol and inorganic salts. J. Chem. Eng. Data **(53)** 2018.
21. Schaller, A.; Connors, N.K.; Oelmeier, S.A.; Hubbuch J.; Middelberg, A.P.J. (2015). Predicting recombinant proteins expression experiments using molecular dynamics simulation. Chem. Eng. Sci. **(121)** 340.
22. Silvério, S.C.;Ferreira, L.A.; Martins, J.A.; Marcos, J.C.; Macedo, E.A. and Teixeira, J.A. (2012).Lysozyme and bovine serum albumin partitioning in polyethylene glycol-phenylalanine conjugate polymer/salt aqueous two-phase systems. Fluid Phase Equil. **(322-323)** 19.
23. Shukla, S.K.; Pandey, S.; Pandey, S. (2018). Applications of ionic liquids in biphasic separation: Aqueous biphasic systems and liquid-liquid equilibria. J. Chrom. A **(1559)** 44.
24. Yu, M.; Sediq, A.S.; Zhang, S.; Nejadnik, M.R.; Every, H. A.; Jiskoot, W.; Witkamp, G. (2018). Towards the development of a supercritical carbon dioxide spray process to coat solid protein particles. J. Supercritical Fluids **(141)** 49.

Películas comestibles de Alginato-Guar-Bagazo de naranja y Alginato-Pectina-Bagazo de naranja

A. García-Ceja[1], L. Nava Montiel[1], A. Trapala Islas[1], J. Ramírez Hernández[2], G. G. Bárcena Vicuña[2]
[1]Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza
Ave. Tecnológico S/N, Col, el Huasteco, Cd. Lázaro Cárdenas, CP 73049, Puebla, México
[2]Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, 74210, Atlixco, Puebla, México
*adelfo.ceja@vcarranza.tecnm.mx
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo de este trabajo fue elaborar películas comestibles (PC) a base de mezclas de Alginato-Guar-Bagazo de naranja (A-G-B) y Alginato-Pectina-Bagazo de naranja (A-P-B). Para obtención del bagazo de naranja se separó, eliminó residuos de la pulpa, se lavó, se secó a 50 °C/2h y pulverizó. La concentración de las mezclas de A-G-B (1-0.25-0.15%) y A-P-B (1-0.5-0.15%) (p/v) y glicerol al 3% respectivamente. Se pasteurizaron las mezclas a diferentes temperaturas 60, 70 y 80 °C por 10, 20 y 30 min. El análisis fisicoquímico del bagazo de naranja fue 7.58% de humedad, 3.72% de ceniza, 3.10% extracto etéreo, 30.04% fibra cruda y 5.09% proteína. 80 °C/20 min eliminó la carga microbiana para las dos mezclas. La PVA mostró un valor en A-G-B de 0.211±0.03 g mm/kPa h m^2, con juste de (R^2) 0.901, y para A-G-B de 0.206±0.04 g mm/kPa h m^2 con ajuste de R^2 de 0.924.

***Palabras clave**: alginato, pectina, bagazo, permeabilidad*

Abstract

The objective of this work was to prepare edible films (PC) based on mixtures of Alginate-Guar-Bagasse Orange (A-G-B) and Alginate-Pectin-Bagasse Orange (A-P-B). To obtain the orange bagasse, it was separated, removed pulp residues, washed, dried at 50 °C/2h and pulverized. The concentration of the mixtures of A-G-B (1-0.25-0.15%) and A-P-B (1-0.5-0.15%) (w/v) and 3% glycerol respectively. The mixtures were pasteurized at different temperatures 60, 70 and 80 ° C for 10, 20 and 30 min. The physicochemical analysis of orange bagasse was 7.58% humidity, 3.72% ash, 3.10% ethereal extract, 30.04% crude fiber and 5.09% protein. 80 °C/20 min removed the microbial charge for the two mixtures. The PVA showed an A-G-B value of 0.211±0.03 g mm/kPa h m^2, with a setting of (R^2) 0.901, and for A-G-B of 0.206±0.04 g mm/kPa h m^2 with R^2 adjustment of 0.924

***Key words:** alginate, pectin, bagasse, permeability*

Introducción

El envasado juega un papel fundamental en la industria, es una etapa muy importante en el procesado de alimentos, la elección del material correcto es fundamental para contribuir a la preservación de la calidad del producto [López y col., 2012]. El deterioro de alimentos durante el almacenamiento puede ser retardado al mejorar los empaques. Se requiere que dicho empaque proteja al producto del medio ambiente, principalmente de los gases y de la humedad; además es deseable que éste funcione como barrera contra microorganismos que puedan contaminar el alimento [Jiménez-Munjía y Domínguez-Courtney, 2012]. En los últimos años, se han desarrollado técnicas de conservación de frutas y hortalizas que permiten prolongar su vida de anaquel, manteniendo sus características físicas, químicas y nutricionales lo más parecido al estado fresco, ya que actualmente, los consumidores están más interesados en este tipo de productos que en los altamente procesados o adicionados con conservadores [Ruiz, 2009]. El consumidor exige cada vez más alimentos de mejor calidad y saludables. Esto ha fomentado la investigación en el campo de películas comestibles [Aguilar, 2005]. Debido a la creciente preocupación de sustituir empaques plásticos por empaques biodegradables y a la búsqueda de tecnologías para prolongar la vida de anaquel de los alimentos, existen diversos estudios de películas comestibles. Las películas obtenidas con polisacáridos son una opción atractiva porque estos compuestos son

abundantes en la naturaleza y renovables, además provienen de diversas fuentes [Solano-Doblado y col., 2018]. Una película comestible (PC) se define como una capa delgada de material comestible de origen biológico, formada sobre un alimento como recubrimiento [de Ancos y col., 2015]. Actualmente el uso de películas comestibles se ha extendido a muchos alimentos como son: productos cárnicos, pescados, frutas y hortalizas enteras o en trozos, quesos, entre otros. También son utilizadas en frutas frescas cortadas para mejorar su calidad y vida útil con la incorporación de antioxidantes, antimicrobianos, mejoradores de textura. Los frutos tropicales son el grupo más sobresaliente en cuanto a la aplicación de películas comestibles [Rangel y López-Malo, 2012]. El desarrollo de PC aplicados a productos hortofrutícolas tanto frescos como mínimamente procesados ha generado recientes avances respecto al efecto sinérgico de los componentes sobre la vida de anaquel de dichos alimentos [Quintero y col., 2010]. El objetivo de este trabajo es elaborar películas comestibles con mezcla de biopolímeros y la incorporación de bagazo de naranja.

Metodología

Materiales

Se utilizó goma guar (G) (Altesa, Puebla, México), alginato de sodio (A) (FMC BioPolymer, Noruega), pectina (P) (GENU, Estados Unidos de América), cloruro de calcio ($CaCl_2$) (Meyer, D.F México), glicerol (J.T. Baker, México D.F). Para la permeabilidad al vapor de agua se utilizó uno sal saturada de NaCl con una a_w de 0.753. El bagazo de naranja (B) fue adquirido en los locales de la Ciudad Lázaro Cárdenas del municipio de Venustiano Carranza, Puebla.

Caracterización fisicoquímica del bagazo de naranja

La determinación de humedad se llevó a cabo por método gravimétrico 930.15/90 de la AOAC de 1990. Se determinó el contenido de cenizas por método 940.26/90 de la AOAC de 1990. Para la fibra cruda se utilizó la NMX-F-090-S-1978. La determinación de proteína se basó en la NMX-F-068-S-1980. La cuantificación de extracto etéreo se determinó por la NMX-F-089-S-1978 por el método soxhlet.

Pasteurización de los biopolímeros

Se utilizaron dos métodos para eliminar la carga microbiana proveniente de los diferentes biopolímeros. El primero consistió en una esterilización por medio de una autoclave (121 ºC, 20 min y 0.15 psi) (modelo SM200, marca OHAUS, Estados Unidos) y el segundo fue una pasteurización a baño maría a diferentes temperaturas (60, 70 y 80 ºC) y tiempos (10, 20 y 30 min). La carga microbiana evaluada fueron bacterias aerobias en placa, basandose en la NOM-092-SSA1-1994.

Elaboración de películas comestibles

El método que se utilizó para la elaboración de las PC fue el propuesto por García-Ceja y col. [2015] con adaptaciones. Se preparó una mezcla de A-G-B (1-0.25-0.1%) (p/v) y A-P-B (1-0.5-0.1%) (p/v), a cada mezcla se le adicionó 3% de glicerol (p/v) y una solución de ($CaCl_2$) al 1 M. De cada mezcla se tomaron 20 mL y se vertieron en cajas Petri, después se agregó 30 mL de $CaCl_2$ para la formación de las PC; una vez formadas, se pasaron a una estufa de secado (modelo A52035, marca Oven, México) con una temperatura de 80 ºC por 20 min. Las películas obtenidas fueron almacenadas a temperatura ambiente (30 ºC) en bolsas con cierre hermético.

Permeabilidad al vapor de agua

Para evaluar la permeabilidad al vapor de agua (PVA), se utilizó el método propuesto por Sanchez y col. [2015]. Se pesaron 10 g de ($CaCl_2$) en pesafiltros, los cuales fueron llevados a un horno (modelo A52035, marca Oven, México) a 100 °C por 24 h hasta llegar a peso constante, se retiraron del horno y fueron introducidos en un desecador durante 30 min hasta llegar a temperatura ambiente. Se pesaron y se cubrieron con películas comestibles, se utilizó parafilm para sellarlos y después en un desecador permanecieron en una solución de NaCl con una a_w de 0.753, durante cinco días; monitoreándose cada 24 h para evaluar la ganancia de humedad. La permeabilidad de las películas se midió a través de la siguiente formula:

 ISSN 2007-8102

$$PVA = \frac{VTVA}{A}\frac{e}{\Delta Pv} \quad (1)$$

En donde, *PVA* es la permeabilidad al vapor de agua ($g \cdot s^{-1} \cdot m^{-1} \cdot Pa^{-1}$), *VTVA* es la velocidad de transferencia de vapor de agua ($g \cdot s^{-1}$) obtenido de la pendiente de la recta (tiempo vs ganancia de peso), *e* es el espesor promedio de la película (m), *A* es el área de trasferencia de vapor de agua (m^2) y *ΔPv* es la diferencia de presión de vapor de agua entre la atmósfera de la sílica y la del desecador (3167,2 Pa). La *VTVA* es la pendiente que se obtiene al graficar el peso final menos el peso inicial de la muestra ($W_f - W_0$) vs el tiempo (t).

Resultados y discusiones

Caracterización fisicoquímica del bagazo de naranja

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico que se realizó al bagazo de naranja deshidratado.

Tabla 1. Resultados del análisis fisicoquímico del bagazo de naranja deshidratada (100 g de materia seca).

Componente químico	Bagazo de naranja (%)
Humedad	7.58±0.16[1]
Ceniza	3.72±0.01[1]
Proteína	5.09±0.21[1]
Extracto etéreo	3.10±0.01[1]
Fibra cruda	30.04±0.09[1]

[1] Desviación estándar

Los análisis fisicoquímicos del bagazo de naranja muestran que existen un alto contenido de fibra cruda, con un valor de 30.04%, 7.58% de humedad, 5.09% de proteína, 3.10% de extracto etéreo y 3.72% de ceniza. Estos datos difieren por los reportados por González [2007], con respecto al contenido de proteína, ya que la caracterización incluia semillas de la fruto, esto aportaba mayor contenido de proteína, grasa y ceniza. Por otro lado, Martínez-Fernández y col. [2017] determinaron la composición química de tres diferentes tipos de harina de cítricos (naranja, mandarina y toronja), mostrando valores muy similares a los reportado en la presente investigación. Rodriguez y col. [2013] caracterizaron fisicoquímicamente el bagazo de agave, mostrando valores bajos en contenido de ceniza (0.14%) y proteína (0.77%), pero mayor en contenido de fibra cruda (51.51%). Datos reportados por Martins y col. [2002] y Giese y col. [2008] utilizaron bagazo de naranja como sustrato para producir pectinasas y laccase; el bagazo de naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osb) se caracterizó previamente al proceso de fermentación, obteniedo un 12% de fibra cruda, 6.4% de proteína, 19% de azúcares y 9% de azúres reductores, estos valores (% de proteína y fibra) son más altos al presente trabajo.

Pasteurización de mezclas

Se utilizaron dos diferentes técnicas pabra la eliminación de la carga microbiana en las mezclas de biopolímeros, tal y como se puede observa en la Tabla 2. Lo que se buscó al aplicar un tramiento térmico en las mezlas de biopolímeros, es no contener carga microbiana en ellas, así como conocer las condiciones de temperatura y tiempo necesario para que los biopolímeros (alginato, pectina y goma guar) no se hidrolicen, y al estar en contacto con la solución de $CaCl_2$, puedan formar la PC.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Temperaturas de pasteurización.

Temperatura	Tiempo/min	UFC/mL A-G-B	UFC/mL A-P-B
121º +	15	X	X
80º ++	10	$1.0x10^2±0.58^1$	$2.0x10^2±0.04^1$
80º ++	20	0	0
80º ++	30	0	0
70º ++	10	$4.0x10^2±0.01^1$	$3.8x10^3±0.99^1$
70º ++	20	$4.0x10^2±0.40^1$	$4.7x102±0.17^1$
70º ++	30	$2.0x10^2±0.56^1$	$2.2x10^2±0.43^1$
60º ++	10	$1.9x10^2±0.08^1$	$6.0x10^2±0.03^1$
60º ++	20	$9.0x10^1±1.02^1$	$6.0x10^2±0.29^1$
60º ++	30	$7.0x10^1±0.87^1$	$3.9x10^2±0.33^1$

+Tratamiento por autoclave
++Tratamiento a baño maría
A-G-B: Alginato-Guar-Bagazo
A-P-B: Alginato-Pectina-Bagazo
X: Temperatura no óptima
[1]Desviación estándar

Los resultados obtenidos de los dos tratamientos térmicos (autoclave y baño maría), para eliminar la carga microbiana de las mezclas de biopolímeros, se muestran en la Tabla 2. El primer tratamiento se realizó por medio de una autoclave a una temperatura de 121 °C, presión de 0.15 psi y un tiempo de 15 min; este tratamiento afectó directamente a las mezclas de A-G-B y A-P-B, ya que al momento de incorporar dichas mezclas a la solución de $CaCl_2$, no se llevó acabo la formación de la matriz. Sin embargo, el segundo tratamiento térmico, donde se utilizó el baño maría a diferentes temperaturas (60, 70 y 80 °C) y tiempos (10, 20 y 30 min) de expocisión. Las mezclas que se sometieron a temperaturas de 60 y 70 ºC y tiempos de 10, 20 y 30 min, mostraron una población microbian en cada una de ellas. Pero al aplicar la temperaturas de 80 ºC con un tiempo de 20 y 30 min, no hubo presencia en el recuento de las las placas. González y col. [2015] mencionan que esto se debe al efecto de la temperatura que se aplica durante la pasteurización de los biopolímeros, ellos señalan que, a una temperatura de 90 °C por 10 min durante la elaboración de las películas comestibles, todas las bacterias de origen alimentario mueren generando una eliminación de la carga microbiana. Por otra parte, Rangel y col. [2014] mencionan que a 80 °C el alginato de sodio se disuelve mejor y forma soluciones más claras. Lupo y col. [2012] dice que, en contraste con la mayoría de los polisacáridos, el alginato forma geles prácticamente independientes de la temperatura, pero la exposición prolongada a tratamientos de calor degrada al polímero, presentado como consecuencia pérdidas en las propiedades del gel. Por otra parte, Pagan [1996]; Grunauer [2009], mencionan que la pectina se desnaturaliza cuando se expone a procesos de calor, congelación o maceración. La temperatura es un factor que afecta a la pectina, a mayor temperatura se produce una mayor degradación en su estructura. Por otro lado, la goma guar es el espesante acuoso más eficiente que se conoce, las soluciones de este tipo de goma y sus derivados no son fluidos newtonianos y clasificados como seudoplásticas. Se vuelven fluidas de forma reversible, cuando se aplica calor, pero se degradan irreversiblemente cuando se aplica alta temperatura sobre un tiempo prolongado [Almeida y col., 2011].

Permeabilidad al vapor de agua (PVA) en PC

El siguiente análisis muestra el comportamiento de las PC en la permeabilidad al vapor de agua de las mezclas de A-P-B y A-G-B, en un periodo de 96 h.

 ISSN 2007-8102

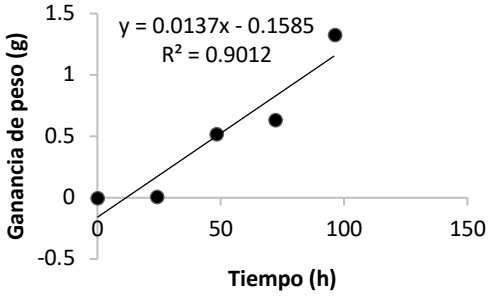


Figura 4. Comportamiento de la permeabilidad al vapor de agua en PC de A-G-B^a.

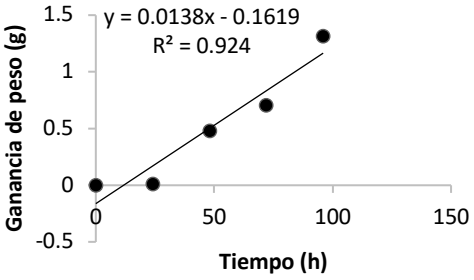


Figura 5. Tendencia de la permeabilidad al vapor de agua en PC de A-P-B^a.

De acuerdo a la Figura 4 se muestra el comportamiento de ganancia de humedad respecto al tiempo de las PC de A-P-B, teniendo una permeabilidad final de 0.211±0.03 g mm/kPa h m^2; con un valor de ajuste de (R^2) 0.901. En la Figura 5 para A-G-B, la permeabilidad al vapor de agua, mostró una ganancia de humedad de 0.206±0.04 g mm/kPa h m^2, con un valor de ajuste de R^2 de 0.924. Se puede observar que las películas presentaron una ligera ganancia de humedad, la PC que presentó mayor permeabilidad fue A-P-B. La mayoría de las PC son de naturaleza hidrofílica, se ha encontrado una relación de positiva entre la permeabilidad al vapor de agua y el espesor de las películas, a medida que el espesor de la PC aumenta, se incrementa la resistencia a la transferencia de masa a través de ella. En estas películas hidrofílicas, la permeabilidad al vapor de agua aumenta a altos contenidos de humedad debido a la hidratación de la matriz polimérica, causadas por la adsorción de agua, lo que induce a la formación de una estructura menos densa en donde hay mayor movilidad molecular y por tanto aumento en la velocidad con que las moléculas de agua pueden atravesar la barrera; es decir que a mayor humedad relativa (HR) mayor permeabilidad y a menor HR menor permeabilidad. Se realizó pruebas de Tukey y mostró que no hay diferencia significativa entre la permeabilidad de agua de A-G-B^a y A-P-B^a (letras diferentes, existe diferencia significativa). El aumento de la incorporación de sustancias hidrofóbicas en las películas comestibles es un factor esencial para mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua, como es el caso de los aditivos lipídicos [Bertuzzi y col., 2002; Patarroyo y Cárdenas, 2014; Raybaudi y col., 2018]. Terrazas y col. [2010] mediante la medición de la permeabilidad al vapor de agua mediante películas comestibles elaboradas con polisacáridos de cáscara de tuna (*Opuntia albicarpa)* y gelana, presentaron una permeabilidad menor de 3.07±3.89 g mm/kPa h m^2, en la PC de P-G-Gli-AO con una concentración (0.1-0.5-3-0.9%). Mencionan que la adición de ácido oleico generó una disminución paulatina de la permeabilidad en las películas, esto es atribuible al carácter hidrofóbico del ácido graso incorporado en la matriz polimérica. Por otra parte, Rangel y col. [2014] mediante la evaluación de la permeabilidad al vapor de agua aplicando el método húmedo y método seco, presentaron una permeabilidad menor por el método en seco, obteniendo 0.08 ± 0.01 g mm/kPa h m^2 en mezclas de alginato-glicerol (0.5-0.5%), sugiriendo que esta concentración es adecuada para alimentos con alto contenido de humedad, tales como frutas y verduras, la pérdida de humedad ocasiona la pérdida de peso y firmeza, a fin de minimizar estos efectos.

Trabajos futuros

Aplicación de las películas comestibles en frutas mínimamente procesadas.
Determinación de la permeabilidad al oxígeno.
Tiempo de solubilización.

Conclusiones

Las PC elaboradas con biopolímeros ofrecen muchas ventajas, por ejemplo: ser biodegradables, actuar como un buen vehículo para transportar agentes activos, mejorar la apariencia y calidad de los alimentos, mantener la población microbiana, sensorial y de textura durante el almacenamiento y alargar la vida de anaquel de los mismos. El tratamiento térmico mostró que la temperatura óptima de pasteurización para las mezclas de A-G-B y A-P-B fue de 80 ºC por 20 min. La PC de A-G-B^a presentó menor permeabilidad al vapor de agua, en comparación con la PC de A-P-B^a, sin embargo, al aplicar una prueba de tukey, no existe diferencia significativa entre las películas (letras diferentes, si hay diferencia significativa).

Referencias

1. Aguilar, M. M. A. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. D.F. México.
2. Almeida, C. A.; Pimentel, R. J.; Santos, S. D.; Vieira, O. T. and Costa, O. M., 2011. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 2 (1) 49-60.
3. AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15Th edition. Edited by Kenneth Helrich.
4. Barco, H. P. L.; Burbano, D. A. C.; Mosquera, S. S. A.; Villada, C. H. S. and Navia, P. D. P. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yucca modificado sobre la maduración del tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*). *Revista Lasallista de Investigación*. 8 (2) 96-101.
5. Bertuzzi, M. A.; Armada, M.; Gottifredi, J. C.; Aparicio, A. R. and Jiménez, P. (2002). Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de films comestibles para recubrir alimentos. *Revista Ciencias de la Ingeniería, Agronomía y Tecnología*. 3. 2-8.
6. de Ancos, B.; González-Peña, D.; Colina-Coca, C. and Sánchez-Moreno, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 1 (16) 8-17.
7. García-Ceja, A., Mani-López, E., Palou, E., and López-Malo, A. (2015). Viability during refrigerated storage in selected food products and during simulated gastrointestinal conditions of individual and combined *lactobacilli* encapsulated in alginate or alginate-chitosan. *LWT - Food Science and Technology*, 63 (1), 482–489.
8. Giese, E. C.; Dekker R. F. H. and Barbosa, A. M. (2008). Orange bagasse pectinase & laccase. *BioResources*. 3 (2) 335-345.
9. González, C. R. E.; Castro, B. J. and Caro, P. Y. (2015). Obtención de biopelículas binarias Activas y su efecto en la vida útil microbiológica del camarón blanco (*Penaeus vannamei*). *Revista Información Tecnológica*. 26 (4). 3-10.
10. González, P. N. E. (2007). Elaboración de galletas con harina de bagazo de naranja. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo.
11. Grunauer, E. C. and Cornejo, Z. F. (2009). Influencia del secado sobre la captación de agua de pectina extraída a partir de cítricos. *Revista Tecnológica ESPOL*. 20 (20). 9-12.
12. Jiménez, M. M. T. and Domínguez, C. M. F. (2012). Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 6 (2) 110-121.
13. López, M. M. A.; Ruiz, C. S.; Navarro, P. C.; Ornelas, P. J. J.; Estrada, A. M. I.; Gassos, O. L. E. and Rodrigo, G. J. (2012). Efectos de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de las fresas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 14 (1) 33-41.
14. Lupo, P. B.; González, A. C. and Maestro, G. A. (2012). Microencapsulación con alginato en alimentos. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 3 (1) 130-151.
15. Martínez-Fernández, L. E.; Navarro-Cruz, A.R.; Vera-Lopez, O. and Avila, S. R. (2017). Caracterización Fisicoquímica de desechos de naranja (Citrus Sinensis) y lechuga (*Lactuca Sativa*). *Revista de Energia Química y Física*. 4 (10) 49-56.
16. Martins, E.; Silva, D.; Da Silva, R., and Gomes, E. (2002). Solid state production of thermostable pectinases from thermophilic *Thermoascus aurantiacus*. *Process Biochemistry*. 37 (9) 949–954.
17. NMX-F-068-S-1980. Determinación de proteínas.
18. NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método soxhlet).
19. NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos.
20. NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
21. Pagan, G. J. (1996). Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón. Tesis doctoral. Universidad de Lleida. Lleida, España.
22. Patarroyo, T. C. A. and Cárdenas, R. A. J. (2014). Efecto de recubrimientos comestibles a base goma gellan, gelatina y caseina sobre la cinética de deterioro de la mora de castilla (*Rubus glaucus benth*). Tesis de licenciatura. Universidad Del Tolima. Ibagué, Colombia.
23. Quintero, C. J.; Falguera. V. and Muñoz, H. A. (2010). Films and edible coatings: importance, and recent trends in fruit and vegetable value chain. *Revista Tumbaga*. (5) 93-118.
24. Rangel, M. M. and López. M. A. (2012). Cambios en frutas tropicales frescas, cortadas y empacadas en atmósfera modificada durante su almacenamiento en refrigeración. *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*. 6 (2) 94-109.

25. Rangel, M. M.; Montalvo, P. C.; Palou, E. and López, M. A. (2014). Optimization of the moisture content, thickness, water solubility and water vapor permeability of sodium alginate edible films. *Recent Advances in Chemical Engineering, Biochemistry and Computational Chemistry*. (71) 72-78.
26. Raybaudi, M. R. M.; Rojas, G. M. A.; Mosqueda, M. J. and Martín, B. O. (2008). Comparative study on essential oils incorporated into an alginate-based edible coating to assure the safety and quality of fresh-cut fuji apples. *Journal of Food Protection*. 71 (6) 1150-1161.
27. Ruiz, H. F. (2009). Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y -mucílago de nopal en fresa (*Fragaria ananassa*) almacenada en refrigeración. Tesis de maestría. Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla.
28. Sánchez, A. D.; Contreras-Esquivel, J. C.; Nevárez-Moorillón, G. V. and Aguilar, C. N. (2015) Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. *CyTA - Journal of Food*. 13 (1) 17-25.
29. Solano-Doblado, L. G.; Alamilla-Beltrán, L. and Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 21(2): 30-42.
30. Terrazas, H. J. A.; Rodríguez, H. A.; Vargas, T. A.; Hernández, A. J.; Romero, B. C. A., Bello, P. L. A. and Chavarría, H. N. (2010). Propiedades mecánicas y de permeabilidad de películas comestibles elaboradas con polisacáridos de cáscara de tuna (*Opuntia albicarpa*) y gelana. XII Congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos Universidad de Guanajuato.
31. Rodríguez, R. J. F.; Jiménez, J. R.; Salcedo, E.; Zamora J. F. and Íñiguez, G. (2013). Utilización de subproductos de la industria tequilera. parte 11. compostaje de bagazo de agave crudo y biosólidos provenientes de una planta de tratamiento de vinazas tequileras. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 29 (4) 303-313.

Efecto del tween 80 sobre las propiedades físicas de películas de quitosano/aceite esencial de canela/montmorillonita

B. E. Alvarez Pérez[2], G. Velázquez[2], C. A Romero-Bastida[1]
[1]Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Carretera Yautepec Jojutla, Km. 6, Calle CeProBi No. 8. Colonia San Isidro, apartado postal 24. Yautepec, Morelos, México. C. P. 62731. [2] Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Cerro Blanco No. 141. Col. Colinas del Cimatario, Santiago de Querétaro, Querétaro, 76090, México.
k_at_hara@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
Para disminuir el problema de contaminación de residuos plásticos debido a su lenta biodegradabilidad, se ha usado al quitosano, un polímero natural derivado de la desacetilación de la quitina, para aplicarlo como películas biodegradables o recubrimientos. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto del tween 80 y de la concentración de aceite esencial de canela sobre las propiedades físicas y microbiológicas de las películas elaboradas con quitosano. Los resultados mostraron que el aceite esencial de canela tuvo un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de *Penicillium digitatum* al aplicarse desde el 1%, sin observarse contribución del efecto del tween 80 en ninguno de los tratamientos. El tratamiento que contenía 5% de aceite esencial de canela con tween 80 presentó la menor permeabilidad al vapor de agua, así como la menor solubilidad. Las imágenes de microscopía confocal mostraron un menor tamaño de partícula en aquellas formulaciones que contenían tween 80.

***Palabras clave:** Aceite esencial, quitosano, surfactante.*

Abstract
To reduce the pollution by plastic waste and due to its slow biodegradability, eco-friendly materials like chitosan, which is a natural polymer, has been used as a raw material to obtain biodegradable films and coatings. This polymer is obtained from the deacetylation of chitin. The aim of this work is to analyze the effect of tween 80 and the concentration of cinnamon essential oil on the physical and microbiological properties of biodegradable films made from chitosan. The results showed that cinnamon essential oil has an inhibitory effect on the growth of Penicillium digitatum and when it is applied in concentrations over 1.0%, no effect of the tween 80 was observed. The experiment with 5.0% of cinnamon essential oil and with tween 80 showed the lowest water vapor permeability, as well as the lowest solubility. Confocal microscopy images showed smaller particle size than those of films containing tween 80.

***Keywords:** Essential oil, chitosan, surfactant.*

Introducción
El problema de contaminación por residuos plásticos, debido a su lenta biodegradabilidad, ha creado un creciente interés por desarrollar materiales biodegradables a partir de polímeros de fuentes naturales. El quitosano es el segundo polímero más abundante en la naturaleza después de la celulosa. Proviene de la desacetilación de la quitina y es capaz de formar películas con altas propiedades mecánicas, así como propiedades bacterianas y fungistáticas [Lenceta y col., 2013]. Sin embargo, sus aplicaciones son limitadas debido a su alta afinidad por el agua que puede provocar cambios en las propiedades mecánicas y de barrera de las películas. Algunas alternativas para mejorar las propiedades de barrera incluyen la incorporación de compuestos hidrofóbicos (ácidos grasos, aceites vegetales, aceites esenciales y ceras). Al ser la solución formadora de la película acuosa y los aceites esenciales hidrofóbicos, es necesario agregar una sustancia que ayude a dar mayor miscibilidad a los componentes. Los surfactantes, como el polioxietilén monooleato (tween 80), son sustancias anfifílicas que poseen características hidrofílicas e hidrofóbicas y se añaden para mejorar la estabilidad de las emulsiones. Además, los aceites esenciales han sido utilizados por sus características antimicrobianas y antioxidantes [Hafsa y col., 2016]. Existen muy pocos trabajos en los que se evalúe el efecto de estos componentes sobre las propiedades físicas de las películas. El objetivo de este trabajo es analizar el efecto del tween 80 y la concentración del aceite esencial de canela sobre las propiedades físicas de películas de quitosano con el fin de

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

obtener una mejor comprensión de la relación entre los componentes que forman la película y sus propiedades para contribuir al desarrollo de películas y recubrimientos biodegradables para aplicaciones alimentarias**.**

Metodología

Materiales

Se utilizaron quitosano de alto peso molecular, con un grado de acetilación de 90% (Sigma-Aldrich), glicerol anhidro (Sigma-Aldrich, G7757), montmorillonita de sodio, MMT (Sigma-Aldrich, 682659), aceite esencial de hojas de canela (Aceites y esencias para la industria alimenticia, México), tween 80 (Hycel, México) y agar papa dextrosa (Bioxon, México).

Preparación de la solución formadora de películas

Para la elaboración de las películas se utilizó la metodología propuesta por Lina y col., [2011] con algunas modificaciones. Se preparó una solución de quitosano al 1% en ácido acético al 1% (v/v), se agitó la solución a 1250 rpm con agitador magnético a 50°C (solución 1). Posteriormente se preparó otra solución con 5% de montmorillonita (con base al peso del quitosano usado en la solución 1) en 10 mL de ácido acético al 1%, agitando vigorosamente por 24 h (solución 2), se mezcló la solución 1 y 2, enseguida se agregó 15% de glicerol, 1% o 5% el aceite esencial de canela y 0.05% de tween 80. Una vez terminada la solución, se vacío a placas de acrílico, se dejaron secar por 48 h a 25 °C y 50% de humedad relativa. Luego, las películas se despegaron de las placas y se almacenaron a 25°C y 50% de humedad relativa.

Crecimiento e inhibición del micelio y germinación de esporas

Las pruebas se hicieron con *Penicillium digitatum,* debido a que este microorganismo se encuentra de forma natural en el ambiente*,* infectando a frutos cuando las condiciones son propicias para su propagación, no solo a frutos cítricos. Esta cepa fue proporcionada por el Laboratorio de Tecnología Poscosecha de Productos Agropecuarios de CEPROBI-IPN. En la Tabla 1 se muestran las formulaciones que se probaron. El crecimiento del micelio se hizo de acuerdo con la metodología usada por Correa-Pacheco y col., [2017], se usaron placas de Petri con agar papa dextrosa (PDA), se hicieron seis repeticiones de cada tratamiento. Se cortaron las películas en discos del mismo diámetro del tamaño de la caja de Petri, estos discos se colocaron sobre el agar papa dextrosa y luego se vertieron 10 µl de una disolución de esporas 1.6×10^9 en cada placa. El crecimiento del micelio se midió con un vernier digital cada 24 h durante 10 días. La inhibición del crecimiento del micelio se calculó usando la fórmula: Inhibición del crecimiento del micelio% = (A-B) /A*100, donde A es el crecimiento del microorganismo control y B es el microorganismo en el tratamiento.

Para la prueba de germinación de esporas se utilizó la misma cepa, *Penicillium digitatum.* Se usó la metodología propuesta por Correa-Pacheco y col., [2017]. Las películas de los distintos tratamientos se cortaron en discos de 15 mm de diámetro. Las películas se colocaron sobre círculos de agar papa dextrosa y luego se vertieron 10 µl de una disolución de esporas 1.6×10^9 encima de cada película (Figura 1). Se incubaron a 28 °C y se les agregó una gota de azul de lactofenol a cada película a tres tiempos diferentes (8, 10 y 12 h) para frenar el proceso de germinación de esporas. Se contaron las esporas germinadas y se reportó en porcentaje de germinación. Se hicieron tres réplicas por tratamiento.

Tabla 1. Tratamientos para pruebas microbiológicas

Tratamientos	
PDA control	Agar papa dextrosa
Película control	Película sin tratamiento
1% ST	1% de aceite de canela sin tween 80
1% CT	1% de aceite de canela con tween 80
5% ST	5% de aceite de canela sin tween 80
5% CT	5% de aceite de canela con tween 80

 ISSN 2007-8102

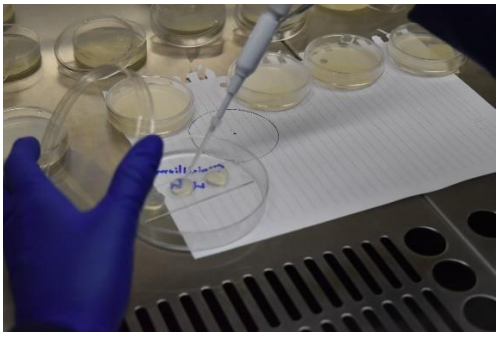


Figura 1. Inoculación de las películas con solución de esporas de *Penicillium digitatum*.

Caracterización de las películas

Permeabilidad al vapor de agua

Se utilizó el método E96-80 (ASTM, 1996) con algunas modificaciones. Cada muestra de película se colocó en una celda de prueba con un área circular abierta de 0.00264 m^2 la cual contenía cloruro de calcio anhidro (0 % HR). Estas celdas se colocaron en desecadores con una solución saturada de cloruro de sodio (75 % HR) y una temperatura de 25 °C. El transporte al vapor de agua se determinó por una ganancia en el peso de la celda de permeación. Después de alcanzar el estado estacionario, se pesaron las muestras cada 30 minutos por 6 h. El cambio de peso en las celdas se registró hasta 0.0001 g y se graficó en función del tiempo. Para calcular el coeficiente de transmisión de agua (CTVA), se calculó la pendiente (g s^{-1}) de cada línea por regresión lineal, el resultado se dividió entre el área de la celda (m^{-2}). Este valor se utilizó para calcular la permeancia que emplea la diferencia de presión de vapor de agua entre la atmósfera de cloruro de calcio anhidro y el desecador. Finalmente, se midió el espesor de la película y se multiplicó por el valor obtenido de la permeancia, dando como resultado la permeabilidad al vapor de agua (g m^{-1} s^{-1} Pa^{-1}) Las pruebas se hicieron por triplicado [Romero-Bastida y col., 2015].

Solubilidad

Para determinar la solubilidad de las películas, se cortaron piezas de 2 x 3 cm, se acondicionaron durante 7 días en solución saturada de NaCl al 57 % de humedad relativa a 25°C, después de acondicionarse, se colocaron en un vaso de precipitado con 80 mL de agua desionizada y se agitaron durante 1 h, la muestra no disuelta se secó en la estufa a 60°C por 24 h hasta peso constante [Zamudio-Flores y col., 2007]. Las muestras se analizaron por triplicado.

La solubilidad de las películas se calculó mediante la siguiente fórmula;

$$\text{Solubilidad en agua (\%)} = \frac{(\text{Peso seco inicial} - \text{peso seco final}) \times 100}{\text{Peso seco inicial}}$$

Observación morfológica mediante microscopía confocal

Se obtuvieron micrografías utilizando el microscopio confocal de barrido láser (CLSM), Marca Carl Zeiss, modelo LSM 800, con el software ZEN 2.6 blue edition, se identificó autofluorescencia mediante el modo de operación “Lambda”, que consiste en un barrido de diferentes longitudes de onda para identificar el rango de autofluorescencia. Se utilizó el láser de 488 nm y 561 nm al 3 % de excitación con un pinhole de 0.5 AU (Airy Unit) y un objetivo Plan-Neofluar de 20X. Todas las micrografías se capturaron en formato TIFF con una resolución de 2048 x 2048 pixeles.

Ángulo de contacto

El ángulo de contacto se midió usando la técnica de la gota sésil con una gota de agua destilada de 5 µL utilizando una micropipeta. Las imágenes se obtuvieron con un microscopio digital MicroView 10-800X. Para calcular el ángulo de contacto se utilizó el software ImageJ.

 ISSN 2007-8102

Análisis estadístico
Se realizó el análisis de varianza con el programa estadístico Minitab 16, se usó la prueba de Tukey para comparación de medias, considerando una probabilidad de significancia de P≤0.05.

Resultados y discusión

Crecimiento e inhibición del micelio y germinación de esporas
La Tabla 2 muestra los resultados de crecimiento e inhibición del micelio y la germinación de esporas. En el crecimiento del micelio se observó diferencia significativa entre la película control y las películas que contenían aceite esencial de canela y el tween 80. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre ellas.

El porcentaje de inhibición del micelio mostró que todos los tratamientos (1% ST, 1% CT, 5% ST y 5% CT) presentaron inhibición del 100%. Esto indica que el aceite esencial de canela es efectivo para evitar el crecimiento del micelio, incluso a una concentración del 1%. Landero Valenzuela y col., [2016] indicaron que el cinamaldehído y el eugenol contenidos en el aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum* o *Cinnamomum verum*) son los responsables de la inhibición del crecimiento del micelio. En cambio, en la película control no hubo inhibición, al igual que en el control de PDA, se esperaba observar una diferencia significativa entre ellos, dado que el quitosano por sí mismo posee propiedades antifúngicas; sin embargo, en este estudio, el quitosano no mostró actividad antifúngica. Se ha visto que la capacidad antimicrobiana del quitosano depende de su grado de desacetilación y de su peso molecular. Yoshihiko Omura y col., [2003]. Determinaron las concentraciones mínimas inhibitorias de crecimiento de microorganismos, encontrando que bacterias G-positivas tenían concentraciones mínimas inhibitorias de crecimiento bajas en soluciones elaboradas con quitosano de alto peso molecular. En un estudio realizado por Sahariah y col., [2019] encontraron que la actividad antimicrobiana del quitosano contra *Stafilococus aureus* aumentaba al incrementar el peso molecular.

Tabla 2. Crecimiento e inhibición del micelio y germinación de esporas

Tratamiento	Crecimiento del micelio (cm)	Inhibición en el crecimiento del micelio (%)	Germinación de esporas (%)		
			8 h	10 h	12 h
PDA	2.3[a]	0[a]	0[a]	67[a]	95[a]
Película control	2.3[a]	0[a]	0[a]	2[b]	3[b]
1% ST	0[b]	100[b]	0[a]	0[c]	5[b]
1% CT	0[b]	100[b]	0[a]	0[c]	0[b]
5% ST	0[b]	100[b]	0[a]	0[c]	3[b]
5% CT	0[b]	100[b]	0[a]	0[c]	0[b]

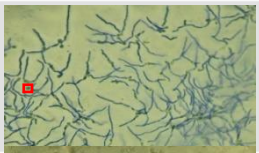
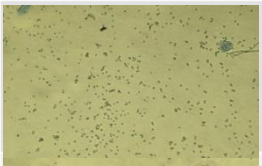
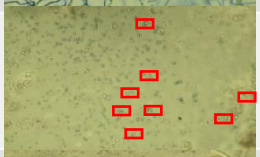
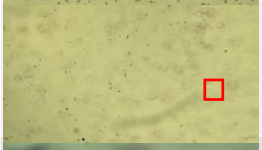
Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (Tukey, P≤0.05).

La prueba con esporas mostró que a las 8 h no se presentó la germinación en ningún tratamiento incluyendo los controles. A las 10 h solo los controles mostraron germinación, 67% el PDA y 2% en la película control. A las 12 h el PDA mostró 95% de germinación, 3% la película control, 5% y 3% los tratamientos 1% ST y 5% ST respectivamente. Se observó un comportamiento similar entre el control película de quitosano y los tratamientos sin tween 80, lo que indica que el quitosano por sí solo no es capaz de evitar la germinación. Por otra parte, se observa una germinación del 0% en los tratamientos 1% CT y 5% CT. Lo que indica que el incluir el surfactante ayudó a evitar la germinación de esporas.

La Tabla 3 muestra las imágenes de las esporas observadas al microscopio. Se muestran las esporas germinadas a las 12 h en los tratamientos control PDA, película control, 1% ST y 1% CT. Los tratamientos 5% ST y 5% CT no mostraron germinación de esporas. Esto indica que la concentración del aceite de canela también es importante para inhibir la germinación de esporas.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Imágenes de las esporas observadas al microscopio con objetivo 40 X

Tratamiento 12 h	Esporas germinadas	Tratamiento 12 h	Esporas germinadas
Control PDA		5% ST	
Control película		1% CT	
1% ST		5% CT	

Microscopía confocal de barrido láser

Los resultados mostraron que las películas que contenían el surfactante tween 80 (Figura 2b y 2d), tenían una mejor distribución del aceite en la película, así como un tamaño de partícula más pequeño. Las películas que no contenían tween 80 (Figura 2a y 2c) mostraron un tamaño de gota mayor, así como una menor homogeneidad en la película. Esto indica que el surfactante ayuda a dar miscibilidad a los componentes.

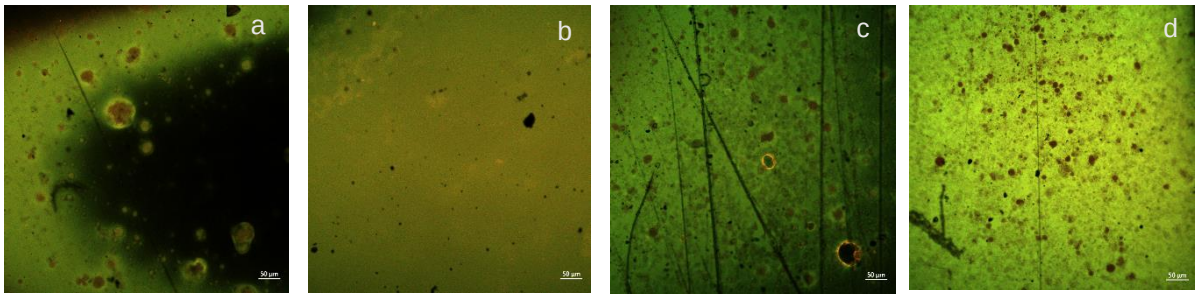


Figura 2. Micrografías de las películas con los diferentes tratamientos a) 1% canela sin tween, b) 1% canela con tween, c) 5% canela sin tween, d)5% canela con tween.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La Figura 3 muestra los resultados de la PVA de las películas con los diferentes tratamientos. Se puede observar que las películas con 1% de aceite de canela sin tween 80 tuvieron los valores más elevados, siendo significativamente diferentes de los demás tratamientos. El incluir el emulsificante en las películas disminuyó el valor de PVA debido a que éste promovió una mejor dispersión del aceite esencial en la película haciendo a la película menos hidrofílica y, por lo tanto, el paso de vapor de agua a través de ella disminuyó. El aumentar el contenido del aceite esencial de canela en la película ayudó a aumentar el carácter hidrofóbico de ésta, haciendo que la permeabilidad al vapor de agua disminuyera. No se observaron diferencias estadísticamente con respecto al 1% de aceite de canela con tween 80. Esto demuestra que la adición de tween 80 si influye en la PVA. Estos resultados muestran ser diferentes a lo reportado por Rodríguez y col., [2006], quienes indicaron que la adición de surfactante a las películas de almidón no modifica significativamente la PVA.

 ISSN 2007-8102

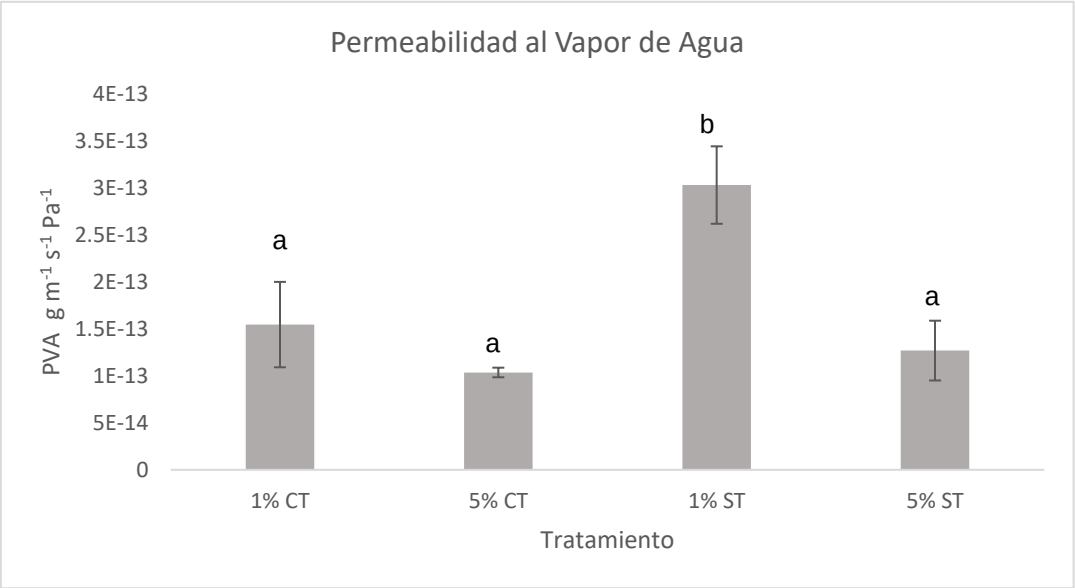


Figura 3. Permeabilidad al vapor de agua de las películas. Letras iguales entre los tratamientos no indican diferencias significativas (Tukey, P≤0.05).

Solubilidad

La solubilidad es considerada un factor importante en las películas y recubrimientos comestibles porque indica la resistencia al agua. Este parámetro influye en el lavado de frutas y verduras, así como en la cocción. La Figura 4 muestra que los valores de solubilidad de las películas no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento 5% CT mostró tener la menor solubilidad de todos, esto puede deberse al contenido de aceite y el tween 80 que aumentaron la hidrofobicidad de la película. Song y col., [2018], en su trabajo indicaron que la solubilidad disminuye ligeramente conforme se aumentan los niveles de aceite esencial de limón y que la solubilidad aumenta con la adición de tween en peliculas elaboradas de almidón con quitosano.

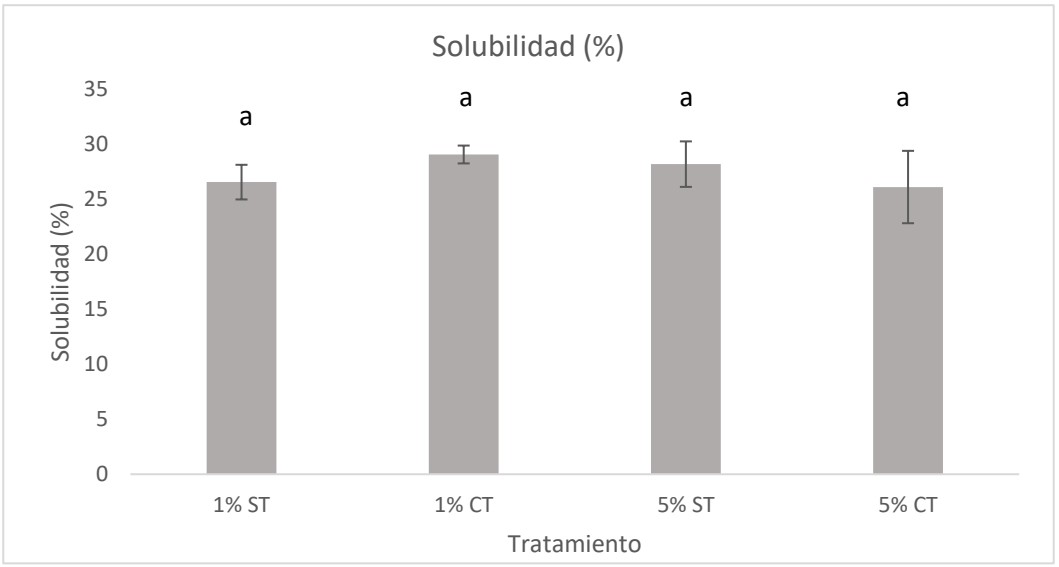


Figura 4. Solubilidad de las películas con los diferentes tratamientos. Letras iguales entre los tratamientos no indican diferencias significativas (Tukey, P≤0.05).

 ISSN 2007-8102

Ángulo de contacto

El ángulo de contacto mide la hidrofobicidad de la superficie de las películas. Se esperaría que a mayor contenido de aceite esencial de canela el valor de contacto aumente. Esto indica que la gota de agua "moje" menos la superficie de la película y por lo tanto la gota sea más redonda. Los valores obtenidos para las películas que contenían tween 80 mostraron 53.24° y 51.80° para 5% y 1% de canela, respectivamente. En cambio, para las películas que no contenían el tween 80 los valores fueron de 38.16° y 36.25° para 5% y 1% de canela, respectivamente, esto se muestra en la Figura 5. Los resultados indicaron que el tween 80, aumento el ángulo de contacto, como resultado de distribuir homogéneamente el aceite de canela en toda la matriz polimérica de quitosano.

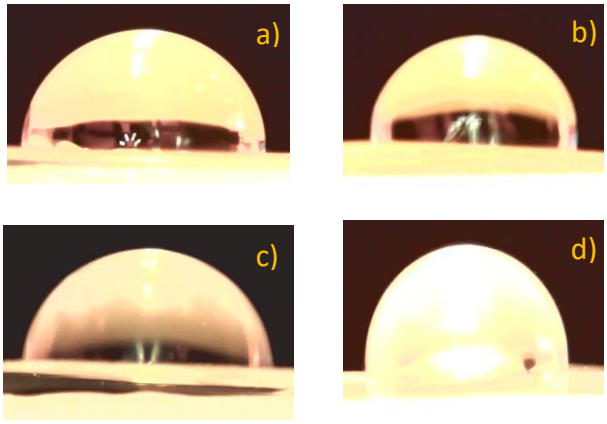


Figura 5. Ángulo de contacto de las películas con los diferentes tratamientos. Película de quitosano con a) 5% ST, b) 5% CT, c) 1% ST, d) 1% CT

Trabajo a futuro

A partir de estos resultados puede considerarse una segunda parte donde se apliquen estas formulaciones como recubrimiento en frutos.

Conclusiones

El aceite esencial de canela inhibe el crecimiento del micelio y el tween 80, junto con el aceite, disminuyen la germinación de esporas de *Penicillium digitatum*. El tratamiento con mayor concentración de aceite esencial de canela y con adición de tween 80, produjo las películas con la menor permeabilidad al vapor de agua. El tween 80 mejoró la miscibilidad de los componentes, disminuyendo el tamaño de partícula y ayudando a la dispersión del aceite de canela en el quitosano.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio de Tecnología Poscosecha de Productos Agropecuarios de CEPROBI-IPN por proporcionarnos los medios para realizar este trabajo.

Referencias

1. Correa-Pacheco, Z., Bautista-Baños, S., Valle-Marquina, M., and Hernández-López, M. (2017). The Effect of Nanostructured Chitosan and Chitosan-thyme Essential Oil Coatings on Colletotrichum gloeosporioides Growth in vitro and on cv Hass Avocado and Fruit Quality. Journal of Phytopathology. (**165)** 297-305.
2. Hafsa, J., Smach, M., Khedher, M. R. B., Charfeddine, B., Limem, K. Majdoub, H, and Rouatbi, S. (2016). Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan films. LWT - Food Science and Technology. **(68)** 356-364.

3. Landero Valenzuela, N., Lara Viveros, F. M., Aguado Rodríguez, G. J., Hoyos Petra, A., Apolonio, D., and Pérez Rivera, Y. (2016). Aceite escencial de Cynnamomum zeylanicum: alternativa de control para Penicillium expansum sobre pera en poscosecha. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. **(7)** 1017-1028.
4. Leceta, I., Guerrero, P., and de la Caba, K. (2013). Functional properties of chitosan-based films. Carbohydr. Polym. 93 **(1)** 339–346.
5. Lina, W., Fei, L., Yanfeng, J., Zhi, C., Pinglan, L., Yongqiang, C., . . . Xiaojing, L. (2011). Synergistic Antimicrobial Activities of Natural Essential Oils with Chitosan Films. Agricultural and food chemistry. **(23)** 12411-12419.
6. Priyanka, S., Dorota, C., Dorota, Z., Martha Á., H., Dawid, S., and Már, M. (2019). The Effect of Molecular Weight on the Antibacterial Activity of N, N, N-Trimethyl Chitosan (TMC). International Journal of Molecular Sciences. **(20)** 1-14.
7. Rodríguez, M., Osés, J., ZianiJuan, K., and Maté, I. (2006). Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. Food Research International. **(39)** 840-846.
8. Romero-Bastida, C., Bello-Pérez, L., Velazquez, G., and Alvarez-Ramirez, J. (2015). Effect of the addition order and amylose content on mechanical, barrier and structural properties of films made with starch and montmorillonite. Carbohydrate polymers. 195-201.
9. Song, X., Zuo, G., and Chen, F. (2018). Effect of essential oil and surfactant on the physical and antimimicrobial properties of corn and wheat starch films. International Journal of Biological Macromolecules. **(107)** 1302-1309.
10. Yoshihiko Omural, Mayumi, S., Takahiro, A., Hiroyuki, S., Yoshihiro, S., Ichiro, N., and Tetsuaki, T. (2003). Antimicrobial Activity of Chitosan with Different Degrees of Acetylation and Molecular Weights. Biocontrol Science. **(8)** 25-30.
11. Zamudio-Flores, P., Bello-Pérez, L., Vargas-Torres, A., Hernández-Uribe, J., and Romero-Bastida, C. (s.f.). (2007) Partial Characterization of films prepared with oxidized banana starch. Agrociencia. **(41)** 837-844.

Efecto de la interacción almidón-proteína sobre las propiedades tecno-funcionales

*K. Hernández-Castro, B. Hernández-Santos, J. G. Torruco-Uco, E. Ramírez-Figueroa J. Rodríguez-Miranda**

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja S/N., Col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca, C.P. 68350, México.
**jesrodmir@gmail.com, jesus.rm@tuxtepec.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el presente estudio se evaluó el efecto de las interacciones almidón-proteína sobre algunas propiedades tecno-funcionales. Se realizaron mezclas de almidón de maíz-aislado de proteína de suero de leche, en concentraciones de 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 y 0/100 p/p, respectivamente. El incremento de la concentración del aislado de proteína de suero de leche en las mezclas, ingremento la capacidad de solubilidad en agua (0.57 – 88.65%), capacidad de absorción de aceite (2.06 – 2.70 g aceite/g muestra) y la capacidad emulsificante (46.01 – 53.23%) encontrado los valores más altos en la formulación con el 100% de aislado de proteína de suero de leche, así como el mayor valor del poder de hinchamiento (1053.22% a 90 ºC). Mientras que el incremento del contenido de almidón en las mezclas, favoreció el incremento de la capacidad de absorción de agua (0.47 – 1.79 g/g), así como sobre la densidad aparente (0.41 – 0.66 g/cm^3).

***Palabras clave**: emulsificante, maíz, solubilidad, suero de leche.*

Abstract

In the present study the effect of starch-protein interactions on some techno-functional properties was evaluated. Mixtures of corn starch-whey protein isolate were made in concentrations of 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 and 0/100 w/w, respectively. The increase in the concentration of whey protein isolate in the mixtures, increases the water solubility capacity (0.57 - 88.65%), oil absorption capacity (2.06 - 2.70 g oil/g sample) and the emulsifying capacity (46.01 - 53.23%) found the highest values in the formulation with 100% whey protein isolate, as well as the highest swelling power value (1053.22% at 90 °C). While the increase in the content of starch in the mixtures, favored the increase of water absorption capacity (0.47 - 1.79 g/g), as well as over the apparent density (0.41 - 0.66 g / cm^3).

***Key words**: emulsifier, corn, solubility, whey.*

Introducción

El almidón y las proteínas, son los dos principales componentes de los alimentos en los productos alimenticios elaborados a base de cereales y las interacciones entre ambos componentes, desempeñan un papel importante en la funcionalidad y calidad de los productos alimenticios [Yu y col., 2015]. Las interacciones del almidón con las proteínas, pueden cambiar las propiedades térmicas y la retrogradación del almidón presente en las mezclas, lo cual representa un serio problema para la industria alimentaria durante el procesamiento de alimentos basados en proteínas y almidón. La interacción existente entre proteína-almidón, juega un papel muy importante en la estructura y funcionalidad de muchos alimentos procesados. El control o manipulación de estas interacciones, es clave en el desarrollo de nuevos procesos alimentarios y en la formulación de productos. Las propiedades funcionales que esta interacción ejerce, tales como solubilidad, actividad superficial, estabilidad conformacional y formación de geles, han sido de principal interés. La interacción de dichos componentes, así como la competencia con otros posibles ingredientes (agua, azúcares, iones metálicos, surfactantes, etc.), determinan la relación estructural entre dicha interacción, que definen el gel formado [Tolstoguzov, 1997]. Las proteínas de leche, no

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

pueden sustituir totalmente al gluten de trigo en los productos de panificación, las caseínas, son particularmente ricas en lisina y representan un suplemento excelente para los cereales, los cuales, generalmente son deficientes de este aminoácido. Por tal motivo, las caseínas se adicionan a cereales para desayuno, pan y galletas, como un suplemento nutrimental. Las proteínas del suero muestran ventajas económicas y nutrimentales, como sustitutos de huevo, en la elaboración de pasteles, aunque sólo se sustituye parcialmente, porque resultarían pasteles de pobre funcionalidad [Ennis y Mulvihill, 2000]. Las proteínas de leche son usadas para suplementar el contenido de proteína, en productos lácteos procesados, así como en la elaboración de productos lácteos análogos. Las caseínas, grasa vegetal, sales y agua, son empleadas en la elaboración de análogos de queso, lo cual resulta en un ahorro en costos, comparado con el costo de un queso natural, cuando se emplea en pizzas, lasaña, salsas o en hamburguesas y otros productos alimenticios [Ennis y Mulvihill, 2000]. Por otro lado, el almidón, es el principal carbohidrato de reserva, sintetizado por las plantas superiores, constituyendo una fuente de energía esencial para muchos organismos. El almidón representa una fracción importante en un gran número de productos agrícolas, como los cereales (maíz, trigo, arroz, entre otros), cuyo contenido de almidón varia del 30 al 80%, en las leguminosas (frijol, chícharo, haba y otros), varía de un 25 a 50% y en los tubérculos (papa, yuca y otros), representa entre un 60 a 90% de la materia seca [Guilbot y Mercier, 1985]. Este biopolímero, constituye una excelente materia prima para modificar la textura, apariencia y consistencia de los alimentos; aunque no sólo la cantidad, sino también el tipo de almidón, es determinante para conferir la textura deseada a un alimento en particular [Biliaderis, 1991]. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio, fue evaluar el efecto de la interacción proteína-almidón sobre algunas propiedades tecno-funcionales en un sistema modelo.

Metodología

Materiales

Se utilizaron: Aislado de proteína suero de leche marca Nature`s Best (Nature`s Best, Inc., 195 Engineers Road, Hauppauge, NY 11788. EUA). La composición química (g/100 g en base seca d.b) fue la siguiente: proteína: 86.2, cenizas 1.07 y lipidos 0.034. Almidón de maíz marca IMSA, con una pureza de 98% (Industrializadora de maíz. S. A de C.V, Tlalnepantla de Baz, Estado de México). La composición química (g/100 g en base seca d.b) fue la siguiente: almidón: 98, lípido: 0.62 y ceniza: 0.49.

Preparación de las mezclas

Se prepararon mezclas de almidón/proteína como se muestran en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Formulación de las mezclas de almidón-proteínas (g/100 g) empleadas

Muestra codificada	Almidón de maíz	Aislado de proteína suero de leche
A100/P0	100	0
A75/P25	75	25
A50/P50	50	50
A25/P75	25	75
A0/P100	0	100

A = Almidón de maíz, P = Aislado de proteína suero de leche

Propiedades evaluadas

Capacidad de absorción de agua (CAA) y Capacidad de solubilidad en agua (CSA): A 1 g de muestra se le añadieron 10 mL de agua destilada, en tubos para centrifuga y se agitó en vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) durante 30 s y se centrifugó a 1.006 x g por 15 min (Universal Compact Centrifugue HERMLE Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). Los resultados se expresaron como gramos de agua retenida por gramo de muestra para CAA y CSA en porcentaje [Anderson y col., 1969].

Capacidad de absorción de aceite (CAAc): A 1 g de muestra se le añadieron 10 mL de aceite de maíz, en tubos para centrifuga y se agitó en vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) durante 30 s y se centrifugó a 1,006 x g por 15 min (3,150 ppm) (Universal Compact Centrifugue HERMLE

 ISSN 2007-8102

Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). Los resultados se expresaron como gramos de aceite retenido por gramo de muestra [Beuchat, 1977].

Capacidad emulsificante (CE): Se mezcló 1 g de muestra con 20 mL de agua destilada, se agitó 15 min y se llevó a 25 mL con agua destilada. Se mezclaron 25 mL de esta solución, con 25 mL de aceite de maíz en una licuadora Oster (mod. 465, México) por 3 min y se centrifugó a 1,006 x g por 15 min (Universal Compact Centrifugue HERMLE Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). La emulsión se expresa en términos de porcentaje, de la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido [Yasumatsu y col., 1992].

Poder de hinchamiento (PH): A 1 g de muestra se le añadieron 10 mL de agua destilada en tubos para centrifuga y se calentaron a 60, 70 y 90 ºC durante 30 min y se centrifugaron a 1,006 x g por 15 min (Universal Compact Centrifugue HERMLE Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). Los resultados se expresaron como porcentaje de agua retenida por gramo de muestra [Salthe y col., 1982].

Densidad aparente (DA): Muestras de 50 g de la mezcla, se colocaron en una probeta de 100 mL. El contenido se compacto varias veces hasta obtener un volumen constante, registrando el volumen de cada muestra. La densidad aparente (g/cm^3) se calculó con el peso de la harina (g) dividido por el volumen de harina (cm3) [Okaka y Potter, 1979].

Análisis estadístico
Los resultados se analizaron utilizando ANOVA de una vía y las diferencias entre las medias se determinaron mediante la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) con un nivel de confianza del 95%, mediante el programa estadístico Statistica versión 10.0 (StatSoft, Inc. 1984- 2008, USA).

Resultados y discusión

Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de solubilidad en agua (CSA) y capacidad de absorción de aceite (CAac).

En la Figura 1, se presenta el efecto de la concentración de almidón-proteína sobre la CAA, encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todas las mezclas. El mayor valor de CAA, lo presentó la mezcla A100/P0 (1.76 g/g), correspondiendo a la muestra con el 100% de almidón. Se puede observar una tendencia de disminución de la CAA al incrementarse la concentración de proteína en la mezcla. La capacidad para adsorber agua, está relacionada con la presencia de proteínas en los alimentos [Thompson y col., 1982] y otros factores, como el tamaño de partícula y el contenido de almidón [Flores-Farias y col., 2000] y por la presencia de fibra [Nelson, 2001]. Una de las causas a las que se les puede atribuir este comportamiento, es debido al contenido almidón, ya que se ha encontrado que, a mayor contenido de este, puede haber una mayor cantidad de agua absorbida [Tjahjadi 1988].

La CSA determina la cantidad de materia disuelta en exceso de agua, utilizándose como un indicador de la degradación de los componentes [Van den Einde y col., 2003]. De acuerdo a lo obtenido, en la Figura 2, se puede inferir que existe una tendencia creciente entre la relación almidón-proteína y el porcentaje solubilidad, es decir, entre mayor sea la cantidad de proteína en la mezcla, mayor es la CSA de las mismas, encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todas las mezclas.

 ISSN 2007-8102

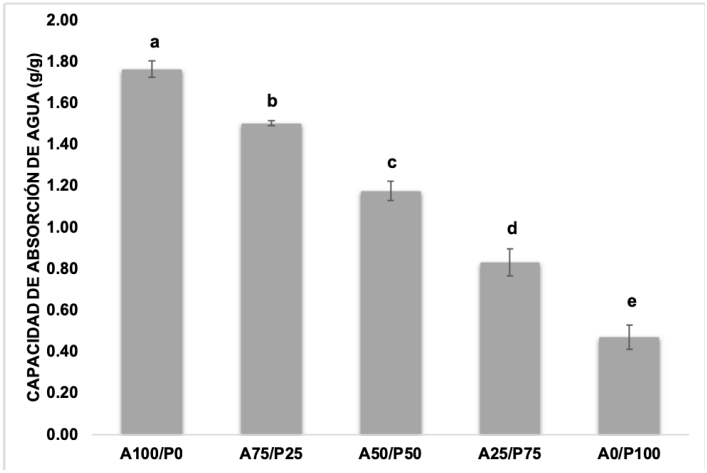


Figura 1. Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la capacidad de absorción de agua a 25 ºC.

Esto se debe a que la solubilidad de una proteína es la manifestación termodinámica del equilibrio entre las interacciones proteína-proteína y solvente-proteína, que, a su vez, depende de la hidrofobicidad y de la naturaleza iónica de las mismas [Hayase y col., 1973]. Por tanto, el almidón presentó una baja CSA, debido a que este proceso se realizó a una temperatura (25 ºC) inferior a su temperatura de gelatinización. El CSA, es un indicativo del grado de asociación existente entre los polímeros del almidón (amilosa y amilopectina) [Araujo de Vizcarrondo y col., 2004], que en este caso, pudo darse de manera parcial.

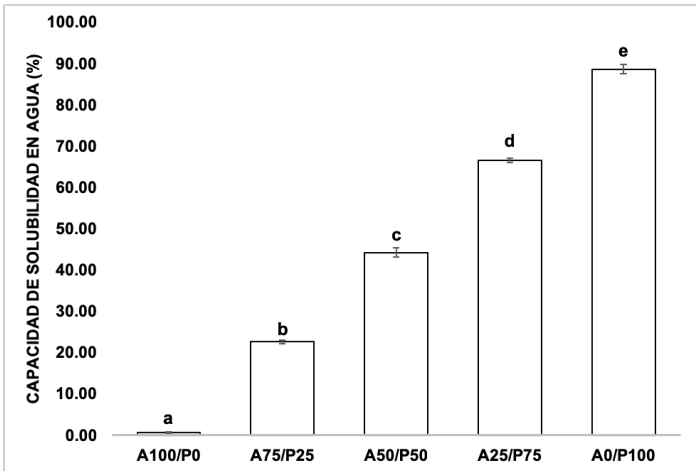


Figura 2. Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la capacidad de solubilidad en agua a 25 ºC.

La absorción de aceite (CAac) es importante en la tecnología de alimentos durante la preparación de productos congelados pre-cocidos listos para freír, en galletas y en algunos alimentos a base de cereales, además pueden mejorar el sabor y la textura de los alimentos [Ramírez y Pacheco, 2009]. En la Figura 3, se observó que, al incrementar la concentración de proteína en la mezcla, se incrementó la CAac, observándose el mayor valor en la mezcla A0/P100. Esto se debe a que la CAac se relaciona con el número

 ISSN 2007-8102

de cadenas laterales, no polares, de las proteínas y otras macromoléculas presentes en los alimentos como el almidón, que se enlazan con cadenas de grasa.

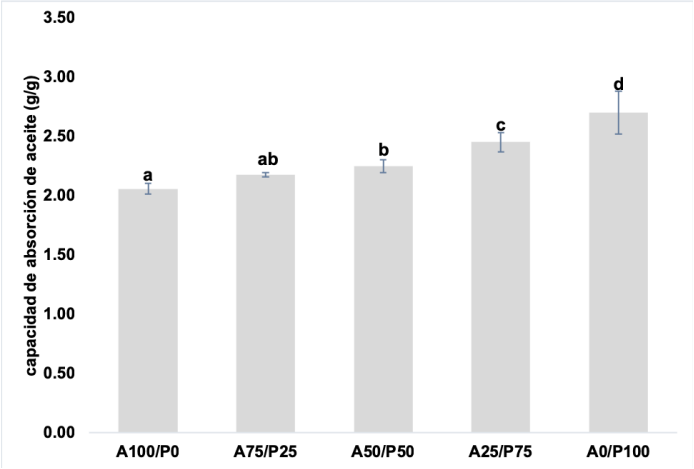


Figura 3. Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la capacidad de absorción de aceite a 25 ºC.

Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la capacidad de capacidad emulsificante (CE).

En la Figura 4, muestra que la mayor capacidad emulsificante se encontró en la mezcla A0/P100, encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$). Estas diferencias se deben a que la CE de las proteínas depende de una disminución considerable de la energía interfacial, debido a la absorción de las proteínas en la interface agua-aceite y la energía electrostática, estructural y mecánica, causando una barrera por la interface que se opone al proceso de desestabilización. En consecuencia, reducen las colisiones entre gotas de la fase dispersa, lo que retrasa la separación de fases [Makri y col., 2005].

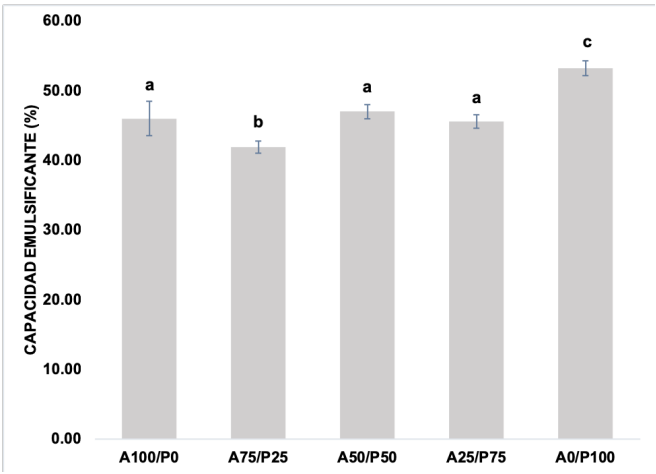


Figura 4. Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la capacidad emulsificante a 25 ºC.

 ISSN 2007-8102

Las proteínas son polímeros tensoactivos y por lo general, forman una capa absorbida, principalmente en la interfaz aceite-agua, [Leal-Calderón y col., 2007]. La capacidad de formar emulsiones, depende del balance de los grupos hidrofílicos y lipofílicos, presentes en los componentes de las proteínas [Khalid y col., 2003].

Efecto de la interacción almidón-proteína sobre el poder de hinchamiento (PH).

En la Figura 5 se muestra el efecto de la temperatura en PH, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todas las temperaturas analizadas. Sin embargo, en todas las mezclas, se presenta la misma tendencia de aumento en el porcentaje de hinchamiento al ir incrementándose la temperatura.

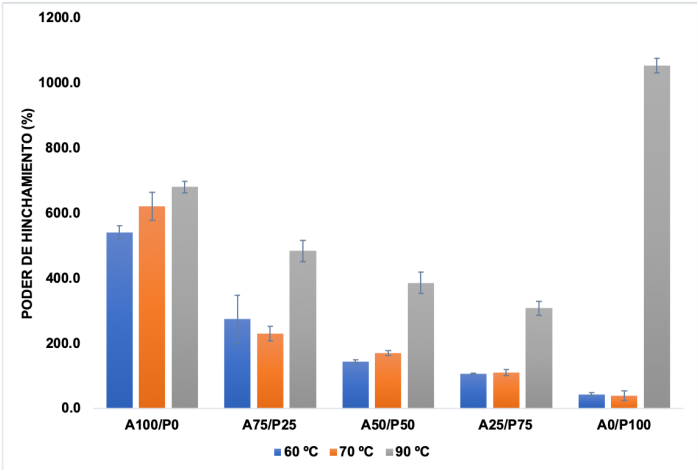


Figura 5. Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la el poder de hinchamiento a diferentes temperaturas (60, 70 y 90 ºC).

El mayor PH se presentó en A0/P100, con 1053.22 ± 22.50% a 90 ºC. Este comportamiento se debe a que PH está en función de la temperatura y de la composición química presente en las mezclas, por el efecto de la desnaturalización de las proteínas y de la gelatinización del almidón, porque cuando se calienta el sistema, empieza un proceso lento de absorción de agua en los corpúsculos de proteína y en las zonas amorfas del gránulo de almidón que son las menos organizadas y las más accesibles, a medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el granulo empieza a hincharse y a aumentar de volumen [Loos y col., 1981; Badui, 2006]. Así también, PH puede ser influenciado por la capacidad de formación de un gel de las proteínas presentes en la formulación, en este caso al incrementase la concentración de proteínas, se incrementa la formación de gel, aumentando el PH.

Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la densidad aparente (DA).

La densidad aparente (DA) es afectada generalmente por el tamaño de las partículas y es muy importante en la determinación de un empaque ó sistema de empacado y en la manipulación del material [Karuna y col., 1996]. El incremento de la concentración de proteína en la mezcla disminuyo la densidad aparente en las mezclas, a acepción de la mezcla A75/P25. Estos resultados muestras que el polvo del aislado de proteína del suero de leche presenta una mayor capacidad de compactación que el almidón.

 ISSN 2007-8102

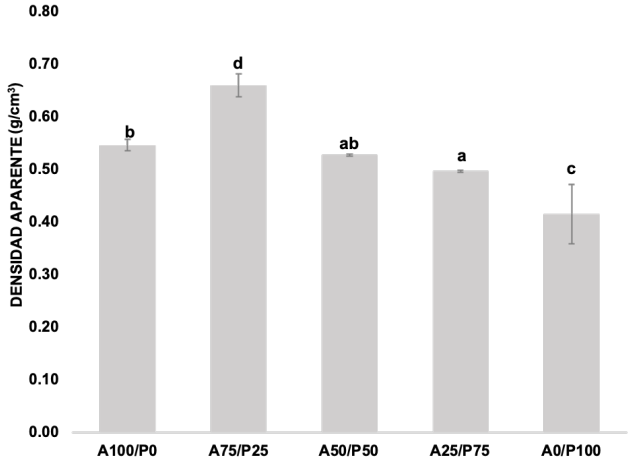


Figura 6. Efecto de la interacción almidón-proteína sobre la densidad aparente (25 ºC).

Trabajo a futuro

La presente investigación es parte del proyecto financiado por el Tecnológico Nacional de México, con titulo Evaluación de las interacciones moleculares almidón-proteína, por efecto combinado del ultrasonido-extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y estructurales de un sistema modelo, Clave: 5066.19-P. Falta por realizar la evaluación de los tratamientos (ultrasonido-extrusión) sobre las mezclas, por separado y de forma secuencial.

Conclusiones

El incremento de la concentración del aislado de proteína de suero de leche, en las mezclas, incrementó la capacidad de solubilidad en agua (0.57 – 88.65%), la capacidad de absorción de aceite (2.06 – 2.70 g aceite/g muestra) y la capacidad emulsificante (46.01 – 53.23%), encontrado los valores más altos en la formulación con el 100% de aislado de proteína de suero de leche, así como el mayor valor del poder de hinchamiento (1053.22% a 90 ºC). Mientras que el incremento del contenido de almidón en las mezclas, favoreció el incremento de la capacidad de absorción de agua (0.47 – 1.79 g/g), así como la densidad aparente (0.41 – 0.66 g/cm^3). Los sistemas modelos evaluados (almidón-proteína) en mezclas, mostraron diversas propiedades tecno-funcionales que los hacen factibles para su utilización en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales.

Referencias

1. Anderson, R-A.; Conway, H-F.; Pfeifer, V-F. and Griffin, E-L. (1969). Gelatinization of corn grits dry roll and extrudates-cooking. *Cereal Sci. Today*. **(14)** 4–12.
2. Araujo de Vizcarrondo, C.; Rincón, A-M. and Padilla, F. (2004). Caracterización de almidón nativo de *Discorea bulbifera* L. *Arch. Latinoam. Nutr.* 54**(2)** 241– 245.
3. Badui, D-S. (2006). Química de los alimentos. Cuarta edición. Ed. Pearson Educación México. P.p 226-230.
4. Beuchat, L-R. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *J. Agricul. Food Chem*. 25 **(2)** 258-261.
5. Biliaderis, C-G. (1991). The structure and interactions of starch with food constituents. *J. Physiol. Pharmacol.* **(69)** 60-78.
6. Ennis, M-P. and Mulvihill, D-M. (2000). Milk proteins. In ‘‘Handbook of Hydrocolloids’’, (G. O. Phillips and P. A. Williams, Eds), pp. 189–217. CRC Press LLC, Boca Raton, FL.

7. Guilbot, A. and Mercier, C. (1985). Starch. In: The Polysaccharides. Aspinall. Academic Press, New York. 209 - 282 p.
8. Hayase, F.; Kato, H. and Fujimaki, M. (1973). Ramemizacion de amino acid residues in preotein during roasing. *Agric. Biol. Chem.* **(37)** 191-192.
9. Karuna, D.; Noel, D. and Dilip, K. (1996). Food and Nutrition Bulleting Vol 17 No 2. United Nation University.
10. Khalid, E., Babiker, E. & El-Tiany, E. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chem.* **(82)** 361-366.
11. Leal-Calderon, F.; Thivilliers, F. and Schmitt, V. (2007). Structured emulsions. *Curr. Opin. Colloid In.* **(12)** 206–212
12. Loos, P-J.; Hood, L-F. and Graham, A-J. (1981). Isolation and characterization of starch from breadfruit. *Cereal Chem*. **(58)** 282-286.
13. Makri, E.; Papalamprou, E. and Doxastakis, G. (2005). Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides. *Food Hydrocolloid*. **(19)** 583–594.
14. Nelson, A-L. (2001). Properties of high fiber ingredients. *Cereal Food World*. 48 **(3)** 93-97.
15. Okaka, J-C. and Potter, N-N. (1979). Physicochemical and functional properties of cowpea powders processed to reduce beany flavor. *J. Food Sci*. **(44)** 1235–1240.
16. Ramírez, A. and Pacheco, D-E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*. 34 **(4)** 293-298.
17. Salthe, S.; Desphnde, S. and Salunkhe, D. (1982). Functional properties of winged bean (Psphcarpus tetragonolobus (L.) DC) proteins. *J. Food Sci*. **(47)** 503-509.
18. Thompson, L-U.; Liu, R-F-K. and Jones, J-D. (1982). Functional properties and food applications of rapeseed protein concentrate. *J. Food Sci.* 7**(4)** 1175-1180.
19. Tjahjadi, C.; Lin, S-W. and Breene, W-M. (1988). Isolation and characterization of adzuki bean (*Vigna angularis* cvTakara) proteins. J*. Food Sci*. **(53)** 1438–1443.
20. Tolstoguzov, V-B. (1997). Protein-polysaccharide interactions. In: Food proteins and their applications. (Eds.) Srinivasam Damodaran y Alan Paraf. Editorial Marcel Dekker, New York.
21. Van den Einde, R-M.; Van der Goot, A-J. and Boom, R-M. (2003). Understanding molecular weight reduction of starch during heating-shearing process. *J. Food Sci*. **(68)** 396-2904.
22. Yasumatsu, K.; Sawada, K. and Morita, S. (1992). Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol. Chem*. **(36)** 719–727.
23. Yu, S.; Jiang, L-Z. and Kopparapu, N-K. (2015). Impact of soybean proteins addition on thermal and retrogradation properties of nonwaxy corn starch. *J. Food Process. Pres.* 39 **(6)** 710-718.

Caracterización fisicoquímica y microestructural de biopelículas a base de almidón nativo de "*Oxalis tuberosa*".

F.E. González-Jiménez[1], A. Velazquez-Parra[1], M. de J. Perea-Flores[2], G. Vivar –Vera[1], J. Jiménez-Guzmán[1].
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prolongación de Oriente 6, N°1009 Col. Rafael Alvarado C.P. 94340 Orizaba Veracruz. [2]Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías, IPN. Luis Enrique Erro s/n, Zacatenco, Ciudad de México, C.P. 07738.
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Oxalis tuberosa ha sido reportada como una fuente no convencional para la extracción de almidón, dicho biopolímero es una opción para la obtención de películas biodegradables. En el presente trabajo se obtuvo y caracterizó una biopelícula de almidón de *Oxalis tuberosa* (BAOT). BAOT presentó una humedad de 11.95 % y una a_w de 0.35. La apariencia de BAOT fue brillosa y traslúcida. Presentó una elasticidad con fuerza de ruptura de 8.18 N a una distancia de 12.38 mm, la permeabilidad al vapor de agua fue de 0.0116 gmm/m^2sPa. Las micrografías (SEM) mostraron que BAOT presenta menor rugosidad en comparación con biopelículas de almidón de maíz (BACM) (control) corroborándose dicha información mediante microscopia de fuerza atómica con valores menores (Rq 44.5 nm, Ra 35.1 nm) respecto a BACM (Rq 164 nm, Ra 133nm). Lo anterior convierte el almidón de *Oxalis tuberosa* en una opción viable para la elaboración de biopelículas.

***Palabras clave**: biopelículas, rugosidad, permeabilidad.*

Abstract

Oxalis tuberosa has been reported as an unconventional source of starch extraction, this biopolymer is an option for obtaining biodegradable films. In the present work, an oxalis tuberosa starch biofilm (BAOT) was obtained and characterized. BAOT presented a humidity of 11.95% and an a_w of 0.35. BAOT's appearance was bright and translucent. It presented elasticity with breaking strength of 8.18 N with a distance of 12.38 mm, the water vapor permeability was 0.0116 gmm/m^2sPa. The micrographs (SEM) showed that BAOT presented less roughness compared to corn starch biofilms (BACM) (control), confirming this information by atomic force microscopy with lower values (Rq 44.5 nm, Ra 35.1 nm) respect to BACM (Rq 164 nm, Ra 133nm). The above makes Oxalis tuberosa starch a viable option for the production of biofilms

***Key words**: Biodegradable, roughness, permeability.*

Introducción

En la elaboración de materiales de recubrimiento, el polietileno es utilizado para obtener películas de empaque para alimentos, los cuales resultan poco benéficos para el medio ambiente [Enríquez y col., 2012). Por ello, surge la necesidad de buscar nuevas fuentes naturales no convencionales y sustituir dicho material en la elaboración de películas biodegradables para la conservación de alimentos, que sean más amigables con el medio ambiente [Vázquez-Briones y Guerrero-Beltrán, 2013], que sean de fuentes no convencionales, como el almidón de O*xalis tuberosa* que presenta un rendimiento en su extracción del 61.1 % en base seca [Núñez-Bretón y col., 2019]. Al formular películas usando sólo almidón, estas podrían tener propiedades mecánicas pobres, alta permeabilidad al vapor de agua, tendencia a la retrogradación, alta rigidez, quebradizas, entre otros [Enríquez y col., 2012); sin embargo, estos problemas pueden resolverse con la adición de plastificantes (glicerol, sorbitol y el quitosano), que proveen propiedades de barrera y antimicrobianas [Sánchez y col., 2012]. Los plastificantes, aumentan la flexibilidad de las películas, debido a su capacidad para reducir los enlaces de hidrógeno intracadenas de los polímeros, mientras aumentan el espacio molecular [Zamudio-Flores y col., 2007]. Los polímeros biodegradables más empleados son los almidones obtenidos de maíz, papa, trigo, sorgo o yuca, los cuales presentan la capacidad de gelificar para la formación de películas. El polímero puede manejarse tanto en su estado nativo o modificado. La amilosa y la amilopectina, forman parte de la estructura principal de

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

los almidones y se ha reportado, que entre mayor sea el contenido de amilopectina, mayor será la cristalinidad de las películas [Enríquez y col., 2012]. Para evaluar la calidad, la funcionalidad y las propiedades de las biopelículas, existen diversos parámetros de medición directa [Quintero y col., 2010]. Entre las mediciones más importantes, destacan la permeabilidad al vapor de agua y a diferentes gases, la solubilidad de la película, propiedades mecánicas, color y opacidad, mediciones reológicas, la humectabilidad de la superficie, estudios de morfología y microestructura entre otros [Arzate, 2011]. El presente estudio, tiene como objetivo principal, elaborar y caracterizar una película biodegradable a partir de un polímero obtenido de una fuente vegetal no convencional, como lo es el almidón de papa extranjera *(Oxalis tuberosa*), debido a que es una fuente viable para la extracción de almidón, por su alto rendimiento y su bajo costo, ya que no existen suficientes estudios relacionados con su aplicación en la producción de biopelículas.

Metodología

Materiales

Para la elaboración de biopelículas, se empleó almidón nativo del tubérculo conocido como papa extranjera (*Oxalis tuberosa*), el cual fue cosechado en la localidad de Xometla, Municipio de la Perla, estado de Veracruz (18°56´ latitud norte y una longitud oeste de 97°08’ y a una altura de 2760 msnm). Como control se utilizó almidón comercial de maíz.

Extracción de almidón

El método empleado para la extracción de almidón fue establecido por Barrera [2004]. Los tubérculos se lavaron para eliminar la tierra u otro contaminante, posteriormente se cortaron en pequeños fragmentos de aproximadamente 1.5 cm para liberar los gránulos de almidón y homogenizar con agua destilada, con la ayuda de una licuadora industrial (sanitary LS12VP) durante 10 min; posteriormente se filtró el tubérculo molido, el filtrado se dejó reposar durante 3 h, para obtener un sedimento, el cual contenía el almidón. El sobrenadante fue descartado, finalmente el almidón se secó en una estufa de secado (NOVATECH) durante 24 h a 40 °C.

Preparación de biopelículas

La elaboración de biopelículas se realizó por el método casting [Escamilla-García y col., 2013], para lo cual se realizaron dispersiones de almidón de *Oxalis tuberosa* (3 % p/v) y glicerol como plastificante (40 % p/p). Como control se utilizaron películas obtenidas con almidón comercial de maíz en la misma concentración. La homogenización de la dispersión se efectuó a 85 °C durante 20 min con agitación constante. De la dispersión preparada se colocaron 25 g sobre una caja petri (9 cm de diámetro). Por último, fueron secadas en una estufa de secado (NOVATECH) durante 24 h a 45 °C para su posterior análisis.

Caracterización de las biopelículas

Humedad y actividad de agua (a_w)

El contenido de humedad se determinó por la Norma Mexicana NMX-F-428-1982. Para cuantificar el contenido de humedad de las biopelículas, se utilizó una estufa de secado a una temperatura de 105 °C. El porcentaje de humedad se calculó mediante Eq. 1. Mientras que, para la evaluación de actividad de agua, se utilizó un higrómetro Lab Swift-aw, novasina).

$$\%\ Contenido\ de\ humedad = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1}\ x\ 100 \qquad (1)$$

Dónde
W_1: Peso inicial de la muestra húmeda, W_2 : Peso final de la muestra seca.

Permeabilidad al vapor de agua

Para determinar la permeabilidad al vapor de agua, se utilizó el método gravimétrico estándar de la ASTM E96-80. Se recortaron circunferencias de 3 cm de diámetro de cada biopelícula, las cuales se colocaron y se fijaron en la superficie de cada celda de permeación, que contenían 10 gr de $CaCl_2$ como agente desecante. Cada sistema completo de permeación se pesó, registrando el peso como la lectura a tiempo cero. Posteriormente las

celdas fueron colocadas en un desecador que contenía 300 mL de una disolución saturada de NaBr, lo cual proporcionó una humedad relativa del 58%. El desecador fue cerrado por completo. El cambio de peso de las celdas se registró cada 24 h utilizando una balanza analítica con precisión de 0.0001g, hasta el momento en que se observó un cambio en el peso en dos determinaciones consecutivas, esto es, cuando se alcanzó el equilibrio. Con los datos obtenidos se realizaron tres cálculos (Eq. 2-4), midiendo la tasa de transición de vapor de agua ($WVTRm$):

$$WVTRm = \Delta w/(\Delta t\ x\ A) = g/(m^2 s) \quad (2)$$

Dónde

Δw: cambio de peso (g) de la celda de permeación, Δt: tiempo (s); A: área constante (m^2)

$$Permeación = WVTRm/(P_{A1} - P_{A2}) = g/(m^2 sPa) \quad (3)$$

$$Permeabilidad = Permeación\ x\ Espesor = gmm/(m^2 sPa) \quad (4)$$

Color

La determinación de color se realizó siguiendo la metodología descrita por Rhim, y col, [2000]. Para ello se empleó un colorímetro (Minolta CR-400) y los parámetros colorimétricos se obtuvieron de acuerdo al sistema CIE-Lab. Para medir la diferencia de color, se calculó con la Eq. 5.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (5)$$

Dónde

ΔE^*: Diferencia del color, $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$: Diferencias absolutas de los valores de L*, a*, b*, de las placas de referencia y los valores correspondientes determinados en la muestra.

Textura

La determinación de textura se realizó siguiendo la metodología descrita por Souza y col., [2012] y por Ahumada (2016). Para ello se empleó un texturómetro Brookfield (CT-3 Texture Analyzer), conectado a un ordenador y el software TexturePro CT V1.6 Build 26. Para las mediciones, se colocaron biopelículas de 25 mm de ancho x 60 mm de largo, las cuales se sujetaron a una distancia inicial de 40 mm, la velocidad del cabezal, fue de 0.50 mm/s, empleando una celda de carga de 50 N. Una vez realizado el ensayo de tracción se obtuvo un gráfico de esfuerzo vs distancia.

Indentación instrumental

La técnica de indentación instrumental es una herramienta que fue utilizada para evaluar la profundidad de penetración de las muestras aplicando una carga, de tal forma que permitió calcular la dureza y el módulo elástico directamente de la curva de fuerza-desplazamiento resultante. Para evaluar la dureza instrumental (Mpa) y módulo elástico (Gpa), la muestra fue colocada en un porta objetos, en un microscopio con un indentador de punta de diamante. Las muestras fueron analizadas con una tasa de adquisición de 10 Hz, carga máxima de 5 mN, tasa de carga de 15 mNn/min, tasa de descarga de 15 mN/min y una pausa de 10 s.

Microscopia de fuerza atómica (AFM)

La microscopia de fuerza atómica (AFM) se utilizó para obtener imágenes topográficas de alta resolución en tiempo real (imágenes 3D). La AFM también permitió obtener los parámetros de rugosidad expresados como Ra (rugosidad promedio aritmética) y Rq (rugosidad promedio cuadrática). Para el análisis de AFM, las muestras fueron escaneadas usando el modo “tapping” o intermitente a una velocidad de escaneo de 1 Hz y el tamaño de imagen fue de 100 µm2 (10 µm x 10 µm). Se obtuvieron imágenes topográficas con la ayuda del programa NanoScope v7.30 (Veeco, USA).

Microscopia electrónica de barrido (SEM)

Para el análisis morfológico de las biopelículas, se llevó a cabo mediante un microscopio electrónico de barrido, lo cual permitió determinar la morfología de las biopelículas y la caracterización de su superficie con una alta resolución. La SEM se llevó a cabo mediante un microscopio electrónico de barrido JSM-780F (JEOL, Field

Emission Scanning Electron Microscope). El análisis se realizó a 2.00 kV, sin revolvimiento con electrones secundarios y el detector de la cámara de análisis.

Análisis estadístico

Para todas las pruebas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, con comparación de medias de Tukey, empleando el software estadístico Minitab.v16.2.3.0.

Resultados y discusión

Humedad y actividad de agua (a_w)

La biopelícula de almidón de *Oxalis tuberosa* (BAOT) presentó mayor contenido de humedad (11.95%) con respecto a la biopelícula de almidón de maíz (BACM) (10.43%), lo cual indica que el almidón de "*Oxalis tuberosa"* tiene mayor capacidad de retención de agua (Tabla 1), lo que contribuye al efecto plastificante de la biopelícula BAOT, inhibiendo la interacción entre las cadenas del polímero por medio de enlaces de hidrógeno [Zamudio, 2005], lo que permite que la biopelícula tenga una mayor elasticidad y resistencia a la deformación. González-Soto y col., [2016], reportaron en películas de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) reforzadas con hidroxisilicato de magnesio y aluminio una humedad del 20%. Mientras que Zamudio-Flores y col. [2015], en películas de almidones de avena y de plátano oxidados, adicionadas con betalaínas, obtuvieron una humedad de 19.74 a 42.46%, así como que Galus y Kadzińska, [2016], reportaron una humedad del 16.8 a 17.9%, las diferencias se pueden deber al porcentaje de glicerol y de los otros compuestos de bajo peso molecular, utilizados para cada caso y a su potencial para actuar como plastificantes en las películas, debido a su carácter hidrofílico [Zamudio, 2005]. Esta comparación demuestra que ambas películas (BAOT y BACM), obtenidas en el presente trabajo, tienen un menor contenido de humedad, lo cual es determinante en la conservación de las mismas.

Respecto a la actividad de agua, los valores no presentan diferencia significativa ($p \leq 0.05$) puesto que la a_w en la biopelícula BACM fue de 0.309 mientras que la biopelícula BAOT tuvo una a_w de 0.353, lo cual confirma su estabilidad en vida de anaquel.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La PVA de la película BAOT fue de 0.0116 gmm/m^2sPa, mientras que en la biopelícula BACM fue de 0.0172 gmm/m^2sPa (Tabla 1). Indicando que la disminución de PVA en BAOT se debe a una mayor interacción de las moléculas, lo cual permitió que la biopelícula actuara como una barrera contra la humedad disminuyendo su transferencia al vapor de agua. Esto es favorable debido a que se requiere que la PVA sea lo más baja posible, para que las biopelículas disminuyan la transferencia de humedad entre el producto y el medio [Domínguez-Courtney y Jiménez-Munguía, 2012].

Color

El color fue evaluado con los parámetros a* y b* (cromaticidad) y L* (luminosidad) (Tabla 1), para cada una de las biopelículas elaboradas. La luminosidad de las biopelículas, el valor L* aumenta para biopelículas BAOT acercándose más al color blanco, con un valor L* de 80.04, mientras que en la biopelícula BACM, se obtuvo un valor L* de 67.83, lo cual quiere decir que la biopelícula BAOT, es más transparente y más brillosa. Las biopelículas obtenidas en el presente estudio se encuentran en el rango de lo reportado por diferentes autores; López y col., [2018], reportó en películas activas a base de almidón de maíz, termoplástico mediante la incorporación de oligoquitosanos una L* de 87.00 ± 0.70 y Alanís-López y col., [2018], reportaron una L* de 50 a 85 en películas de almidón de plátano nativo y oxidado (Musa paradisiaca L.) entre otros.

Tabla 1. Valores de humedad, actividad de agua, color y PVA de biopelículas elaboradas a base de almidón de *Oxalis tuberosa* y almidón comercial.

Película	Humedad (%)	(a_w)	PVA (*gmm /m^2sPa*)	a*	b*	L*	ΔE
BAOT	11.95±0.0053^a	0.353±0.0025^a	0.0116±0.0003^a	3.42±0.015^a	-3.77±0.025^a	69.57±0.025^a	19.32±0.04^b
BACM	10.43±0.0025^b	0.309±0.0020^b	0.0168±0.0002^b	3.32±0.025^b	-3.21±0.040^b	66.41^b±0.02^b	18.22±0.02^a

La media que no comparte una letra es significativamente diferente ($p \leq 0.05$).

Textura

En la tabla 2 se muestra que la biopelícula BAOT, tiende a ser más elástica que la biopelícula BACM, debido a que se requiere de una fuerza de 8.18 N recorriendo una distancia de 12.38 mm, mientras que en la biopelícula BACM, se necesita una fuerza de 16.41 N y se recorrió una distancia de 9.78 mm para ocasionar su ruptura, lo que indica que es una biopelícula más dura y menos elástica. El mayor contenido de humedad de la biopelícula BAOT aportó una mayor elasticidad y flexibilidad, debido a la interacción de los componentes del almidón de *Oxalis tuberosa* que provocó que se obtuvieran estructuras menos compactas, haciéndola más manejable. Saavedra y Algecira [2010], obtuvieron una fuerza de 0.30 N en películas de almidón de yuca y en películas de proteína aislada de soya, obtuvieron una fuerza de 0.65 N, los cuales, son valores menores en comparación a los obtenidos en este trabajo, mientras que Alarcón y Arroyo [2016], reportaron una fuerza de 6.07 a 8.60 N en películas de almidón modificado de papa, valores similares a los obtenidos con la película BAOT.

Indentación instrumental

La BACM presento una dureza de 48.25 MPa, mientras que, la BAOT obtuvo una dureza de 35.26 MPa. En lo que respecta el módulo elástico, se obtuvieron valores similares entre ambas biopelículas (Tabla 2). Se ha reportado que un incremento en el contenido de amilosa, dará como resultado películas con una mayor dureza [Domínguez-Courtney y Jiménez-Munguía, 2012], lo cual explicaría porque la biopelícula BACM es más dura que la BAOT, puesto que el almidón de maíz tiene un mayor contenido de amilosa que el almidón de Oxalis tuberosa [Cortés y Salvador, 2017]. Otro estudio realizado por Escamilla-García y col., [2017], reportaron una dureza de 2.30 a 98.77 MPa y de 0.07 a 4.31 GPa de modulo elástico, en películas a base de una mezcla de quitosano y almidones modificados, por lo que BAOT presentan buenas características de elasticidad, por lo tanto, el almidón de papa extranjera es viable para la elaboración de biopelículas. A demás de que el almidon de *Oxalis tuberosa* tiene un 75 % de amilopectina y un 24.66 % de amilosa [Núñez-Bretón y col., 2019], lo que representa mayor porcentaje con lo reportado para almidón comercial de maíz (21.85 % de amilosa). Por lo que el contenido de amilosa y amilopectina presentes en el almidón de *Oxalis tuberosa* permiten que sea una fuente de biopolímero funcional para la ciencia de los alimentos y los materiales [Singh y Kaur, 2009; Pardo y col., 2013].

Tabla 2. Resultados de tensión e indentación instrumental de las biopelículas elaboradas a base de almidón.

Película	Carga (N)	Distancia (mm)	HIT (dureza instrumental) (MPa)	EIT (módulo elástico) (GPa)
BAOT	8.18±0.02[a]	12.38±0.03[a]	35.26±0.05[a]	1.6997±0.0003[a]
BACM	16.41±0.04[b]	9.78±0.02[b]	48.25±0.06[b]	1.7780±0.0020[b]

La media que no comparte una letra es significativamente diferente (p≤0.05).

Microscopia de Fuerza Atómica (AFM)

El análisis de varianza indicó que existen diferencias significativas (p≤0.05) en la rugosidad de las biopelículas, ya que los valores de Rq y Ra aumentan para la biopelícula elaborada a base de almidón comercial. De tal forma que la biopelícula BACM se obtuvo una Rq de 164.0 ± 5.29 nm y un valor Ra de 133.3 ± 5.13 nm, mientras que en la biopelícula BAOT se obtuvieron valores menores, con una Rq de 44.5 nm y 35.1 nm para Ra, lo que nos indica que la biopelícula de almidón de maíz es más rugosa. En la Figura 1 se muestran las imágenes (2D, 3D) y los histogramas de las diferentes biopelículas elaboradas, apreciándose los cambios de la rugosidad y/o textura, observándose que hay una profundidad máxima de pico de 1022.3 nm y una profundidad mínima de 972.09 nm con una distancia entre ellos de 13.2 nm en la biopelícula BACM, mientras que en la biopelícula BAOT se obtuvieron valores menores con una profundidad máxima de 270.5 nm y una profundidad mínima de 342.3 nm con una distancia entre ellos de 7.6 nm, lo cual indica que la superficie de la biopelícula de almidón comercial presenta una superficie porosa. La biopelícula de almidón de *Oxalis tuberosa* al presentar poros de menor tamaño dificultan la pérdida de humedad, lo que permite tener una biopelícula más flexible y más lisa. Villalobos y col., [2005], reportaron una rugosidad de 99 a 251 nm para Ra y 124 a 304 nm para Rq en películas de hidroxipropilmetil celulosa, Gaona-Sánchez y col., [2015], en películas de zeína, obtuvieron valores de 40 a 45 nm para Ra de 46 a 80 nm para Rq, mientras que Arzate-Vázquez y col., [2012], obtuvieron valores de 8.60 a 54.25 nm para Ra y de 11.26 a 68.37 nm para Rq, en películas de quitosano y alginato, cuyos valores concuerdan con los reportados en este trabajo.

 ISSN 2007-8102

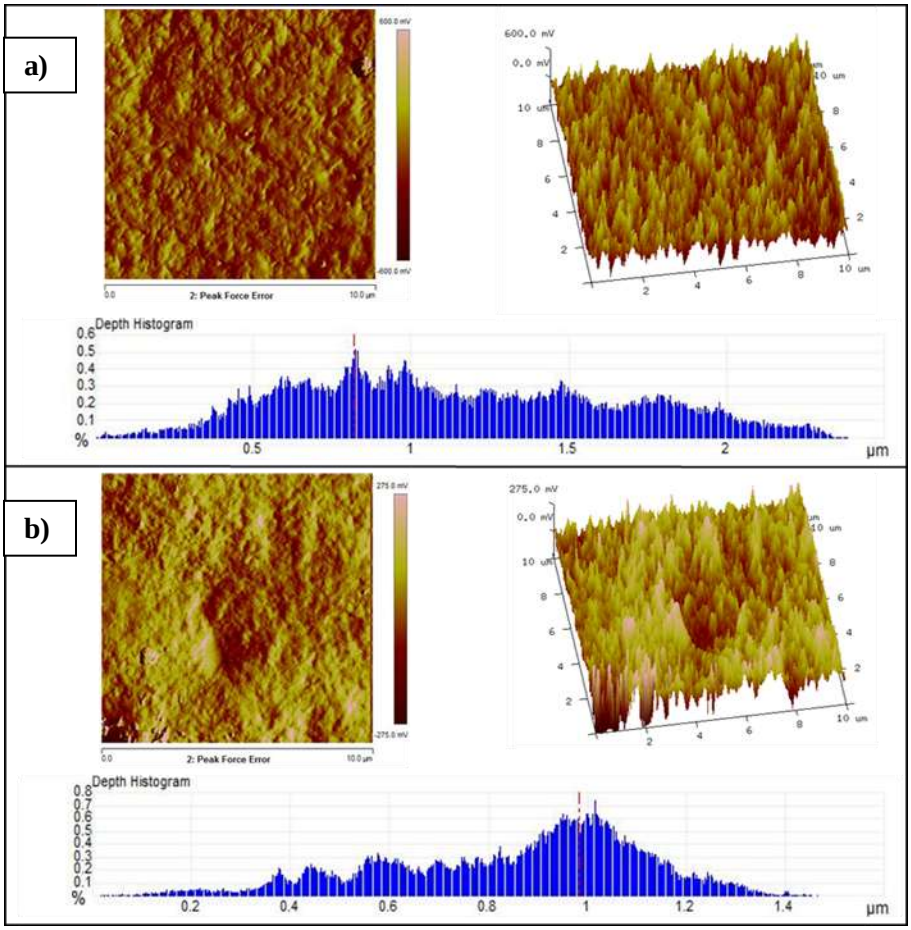


Figura 1. Biopelículas en microscopia de fuerza atómica en 2D y 3D e histogramas de profundidad. a) AP; b) AC

Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)

En la Fig. 2 se presentan las micrografías a 2000X y 5000X para las diferentes biopelículas, observándose diferencias apreciables entre ellas. La biopelícula a base de almidón comercial de maíz es más rugosa que la biopelícula elaborada con almidón de *Oxalis tuberosa*, lo cual coincide con lo observado en AFM. Los polímeros del almidón de la papa extranjera, presentaron mejor solubilidad y una adecuada incorporación del plastificante, lo que proporcionó un mayor contenido de humedad. Esto se ve reflejado en las propiedades mecánicas para BAOT, obteniendo una biopelícula de superficie más lisa, elástica y mayor luminosidad, parámetros relacionados con la rugosidad; Jaramillo y col., [2015], mencionan que cuanto menor sea la rugosidad de la superficie mayor será el brillo. Cabe mencionar que también se logran observar pequeñas hendiduras o poros en la biopelícula de almidón maíz comercial, tal como se presentó en AFM, con las diferencias entre las distancias y profundidades entre los picos (superficie porosa para BACM), lo que determinó que los valores de PVA fueran mayores para BACM.

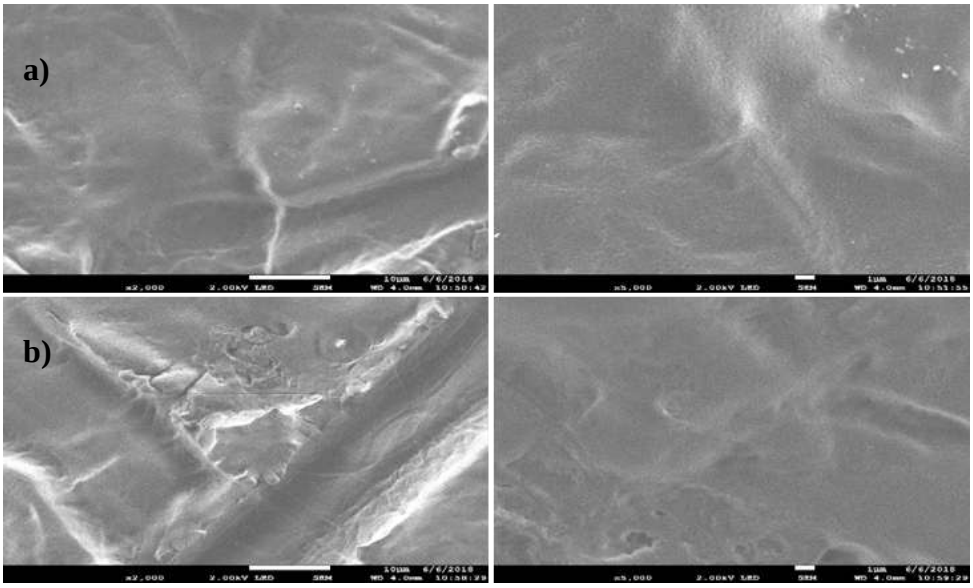


Figura 2. Imágenes de las biopelículas tomadas por microscopia electrónica de barrido a 2000X y 5000X. a) AP; b) AC.

Conclusiones

La elaboración de biopelículas a base de almidón proveniente de *Oxalis tuberosa,* mediante la técnica de vaciado en placa, presenta mejores características fisicoquímicas en comparación a una biopelícula elaborada con almidón de maíz comercial. Las biopelículas elaboradas solo con almidón de *Oxalis tuberosa*, presentan una mayor flexibilidad y elasticidad.

Las características de textura fueron favorecidas por el almidón de *Oxalis tuberosa*, obteniendo diferencias significativas en todos los parámetros. De igual manera la biopelícula BAOT presenta una superficie más lisa y uniforme, lo cual provoca una mayor transparencia y luminosidad, lo que hace viable la utilización de almidón de *Oxalis tuberosa* en la obtención de empaques biocomestibles y/o biodegradables.

Referencias

1. Ahumada, G. P., 2016. Desarrollo y caracterización de películas comestibles a base de almidón de malanga y aislado de proteína de soya con jugo de xoconostle como antioxidante, México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional. Tesis
2. Alanís-López, P., Flores-Huicochea, E., Ruiz-Martínez, I. G. y Solorza-Feria, J., 2018. Structural And Physical Properties Of Films From Native And Modified Banana Starch With Two Plasticizers. American Journal of Engineering Research (AJER), **(7)** 131-139.
3. Alarcón, C. H. A. y Arroyo, B. E., 2016. Evaluación de las Propiedades Químicas y Mecánicas de Biopolímeros a Partir del Almidón Modificado de la Papa. Rev Soc Quím Perú.
4. Arzate-Vázquez, I. y otros, 2012. Microstructural characterization of chitosan and alginate films by microscopy techniques and texture image analysis, México D.F: Elsevier.
5. Barrera, V. H. T. C. G. y. M. A. R., 2004. Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. En: I. P. Center, ed. s.l.: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo, **(174)** 1993-2003.
6. Cortés, B. G. y Salvador, J. P. R., 2017. Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidón de papa extranjera (Oxalis tuberosa) y su aplicación como aditivo en el desarrollo de alimentos, Orizaba, Veracruz: Facultad de Ciencias Químicas-Universidad Veracruzana
7. Domínguez-Courtney, M. F. y Jiménez-Munguía, M. T., 2012. Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, **(6)** 110-121.
8. Enríquez, M. C., Velasco, R. V. M. y Ortiz, V. G., 2012. Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, **(10)** 182 - 192.

9. Escamilla-García, M. y otros, 2013. Physical and structural characterisation of zein and chitosan edible films using nanotechnology tools, México D.F., México: Elsevier.
10. Escamilla-García, M. y otros, 2017. Modified Starch-Chitosan Edible Films: Physicochemical and Mechanical Characterization, s.l.: Coatings.
11. Escobar, D. y otros, 2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. Revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay, **(4)**.
12. Galus, S. y Kadzińska, J., 2016. Moisture Sensitivity, Optical, Mechanical and Structural Properties of Whey Protein-Based Edible Films Incorporated with Rapeseed Oil. Food Technol. Biotechnol, **(54)** 78–89.
13. Gaona-Sanchez, V. y otros, 2015. Preparation and characterization of zein films obtained by electrospraying, Mexico D.F., Mexico: Elsevier.
14. Jaramillo, C. M. y otros, 2015. Biofilms based on cassava starch containing extract of yerba mate as antioxidant and plasticizer, Buenos Aires, Argentina: Instituto de Tecnología en Polímeros y Nanotecnología ITPN.
15. López, O. V. y otros, 2018. Película biodegradable de almidón de maíz termoplástico y quitosano con actividad antimicrobiana empleada como envase activo. Revista Matéria, **(23)**.
16. Núñez-Breton, L.C., Cruz-Rodríguez, L.C., Tzompole-Colohua, M.L., Jiménez-Guzmán, J., Perea-Flores, M.J., Rosas-Flores, W., González-Jiménez, F.E., 2019. Physicochemical, functional and structural characterization of Mexican Oxalis tuberosa starch modified by cross‐linking. Journal of Food Measurement and Characterization, **(7)**.
17. Pardo Cuervo O.H., Castañeda Mancipe J.C., Ortiz C.A. 2013. Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. Acta Agronómica, **(62)** 289-295.
18. Quintero, C. J., Falguera, V. y Muñoz, H. A., 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Tumbaga, **(5)**, 93-118.
19. Rhim, J. W. y otros, 2000. Solubility, Tensile, and Color Properties of Modified Soy Protein Isolate Films. J. Agric. Food Chem., **(48)** 4937–4941.
20. Saavedra, N. H. y Algecira, N. A. E., 2010. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. NOVA, **(14)** 171 - 182.
21. Sánchez, A. D., Contreras-Esquivel, G., Nevárez-Moorillón & Aguilar, C., 2015. Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. Journal of Food, **(13)** 17–25.
22. Sánchez, T., García, O. y Pinzón, M., 2012. Elaboración y caracterización de películas de almidón de yuca (Manihot esculenta) Variedad ica cultivada en el departamento de quindío. Vitae, **(19)** 426-429.
23. Singh J., y Kaur L. 2009. Advances in potato chemistry and techonology. Academic Press, First edition, Elsevier Inc. 92–107.
24. Souza, A. y otros, 2012. Cassava starch biodegradable films: Influence of glycerol and clay nanoparticles content on tensile and barrier properties and glass transition temperature, s.l.: Elsevier,
25. Vázquez-Briones, M. C. y Guerrero-Beltrán, J. A., 2013. Recubrimientos de frutas con biopelículas. Temas selectos de ingeniería de alimentos, **(7)** 5-14.
26. Villalobos, R. y otros, 2005. Gloss and transparency of hydroxypropyl methylcellulose films containing surfactants as affected by their microstructure, México, DF: Elsevier,
27. Zamudio-Flores, P. B. y otros, 2007. Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. Agrociencia, **(41)** 837-844.
28. Zamudio, P. B. F., 2005. Elaboración de películas degradables de almidón de plátano: evaluación de sus propiedades mecánicas y de barrera, Yautepec, Mor.: Instituto Politécnico Nacional.

Producción y caracterización de biopelículas nanoestructuradas basadas en gelatina

J. Solorza Feria[1], I.G. Ruiz Martinez[1], D. Rodrigue[2]*
[1]Instituto Politécnico Nacional, CEPROBI. Km 6 Carretera Yautepec-Jojutla, Calle Ceprobi 8, Col. San Isidro. C.P. 62731. Yautepec, Morelos, México
[2]Department of Chemical Engineering and CERMA, Université Laval, Quebec City, QC, G1V 0A6, Canada.

**jsolorza@ipn.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se prepararon películas por extrusión-calandrado tres formulaciones "óptimas" conteniendo ácido tánico, nanoarcillas (Cloisita de sodio), glicerol, agua y gelatina, asi como tres "controles" sin ácido tánico ni nanoarcillas. Con las mismas tres formulaciones "óptimas" se produjeron películas por extrusion-soplado, dado que no se pudo obtener condiciones estables para los controles. Se caracterizaron el espesor y las propiedades mecánicas de las películas. Se encontró que además del método de procesamiento, el espesor también estaba controlado por el contenido de glicerol y agua, con valores más altos para películas óptimas (0.88 a 0.98 mm). Se obtuvieron mayores módulos elásticos (45.80 a 70.6 Mpa) y resistencias a la tracción (9.56 a 14.74 Mpa) para las películas hechas a partir de formulaciones óptimas obtenidas por cualquiera de los métodos, existió efecto reforzante del ácido tánico y las nanoarcillas, aunque esto condujo a una menor elongación máxima (75.14 a 109.83 %). En general, las formulaciones optimizadas produjeron mejores películas en términos de propiedades mecánicas.

***Palabras clave**: gelatina, ácido tánico, nanoarcillas, películas*

Abstract

Three "optimum" formulations with tannic acid, nanoclays (Cloisite-Na+), glycerol, water and gelatin, as well as three "controls" without tannic acid and nanoclays were prepared by extrusion-calendering. Furthermore, the three "optimum" formulations were also produced by extrusion film blowing only, since it was not possible to get stable processing conditions for the controls. Samples characterization was performed including thickness and mechanical properties. The results showed that besides the processing method, the thickness was also controlled by the glycerol and water content, with higher values for the optimum materials (0.88 to 0.98 mm). Higher elastic moduli (45.80 to 70.6 Mpa) and tensile strengths (9.56 to14.74 Mpa) were obtained for the films from the optimum formulations made by either method because of the reinforcing effect of the tannic acid and nanoclays, but this led to lower strain at break (75.14 to 109.83 %). Overall, the optimized formulations not only produced better films in terms of mechanical properties, but were easier to process by both methods studied.

***Key words**: gelatin, tannic acid, nanoclays, films.*

Introducción

Existe una creciente demanda de productos ecológicos al promover el desarrollo de materiales biodegradables derivados de biopolímeros como los polisacáridos y proteínas. Estos se consideran buenas alternativas a los materiales plásticos no biodegradables hechos de derivados del petróleo, utlizando métodos adecuados para su obtención [Martucci y Ruseckaite, 2010]. La extrusión es un método comúnmente utilizado para producir materiales de embalaje convencionales debido a su alta velocidad, alto índice de producción y eficiencia energética. Requiere un mínimo de espacio en comparación con el método tradicional de vertido o vaciado en placa. Para producir materiales por extrusión-calandrado, la masa fundida que sale del extrusor pasa a través de un troquel estrecho y el extrudido se estira mediante dos rodillos cilíndricos directamente en frente de la

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

boquilla. En el procedimiento de extrusión por soplado de películas, el material fundido que sale del extrusor pasa a través de una matriz anular, generalmente montada verticalmente y se estira por el aire suministrado a un tubo, y se amolda por los rodillos a presión. La principal diferencia entre los sistemas es el tipo de deformación aplicada sobre el material fundido que sale del dado. La deformación es uniaxial en el calandrado mientras que es biaxial en el soplado [Giles y col., 2005]. Para mejorar la resistencia mecánica y la resistencia al agua de los materiales basados en proteínas, pueden hacerse necesarias modificaciones estructurales. La gelatina, un biopolímero soluble en agua, es una proteína producida por la hidrólisis del colágeno animal que se ha utilizado ampliamente en aplicaciones farmacéuticas, alimentarias y médicas debido a sus propiedades favorables [Yakimets y col., 2005]. Por otro lado, se sabe que los compuestos fenólicos naturales derivados de plantas son interactivos con las proteínas como la gelatina, lo que lleva a mejorar las propiedades estos materiales. Además, para mejorar las propiedades mecánicas de los biopolímeros, se ha demostrado que la adición de nanopartículas es efectiva [Zhang y col., 2010]. Los nanocompuestos son materiales poliméricos llenos de partículas dispersas con al menos una dimensión en el intervalo de nanómetros. Nanocompuestos comunes incluyen arcillas, nanotubos de carbono y grafeno. Las nanoarcillas como la montmorillonita (MMT) han atraído atención debido a su disponibilidad y bajo costo [Shin y col., 2014].

Este trabajo presenta como objetivo formulaciones conducentes a la producción de películas de gelatina aplicando la extrusión. En este trabajo se basa en un desarrollo previo mediante vaciado en placa de formulaciones optimizadas que involucran ácido tánico y montmorillonita (cloisita de sodio).

Metodología

Materiales

Los materiales utilizados para este estudio son: nanoarcillas (Cloisita de sodio, Southern Clay Products, EE. UU.), Gelatina bovina (Bertheleth, Canadá), ácido tánico (ACS, Alfa Aesar, EE. UU.) y glicerol (grado analítico, Sigma-Aldrich, EE. UU.) . Se usó agua destilada en todas las formulaciones.

Producción de muestras de películas

La concentración de cada componente se basa principalmente en tres formulaciones óptimas desarrolladas en un trabajo anterior [Ortiz-Zarama y col., 2016], ajustando los contenidos de glicerol y agua como se enumeran en la Tabla 1. Las muestras M1, M2 y M3 se proponen como óptimas mientras que las muestras M4, M5 y M6 son sus controles correspondientes (sin ácido tánico ni nanoarcillas). Estas seis muestras fueron producidas por extrusión-calandrado. A continuación, las muestras M7, M8 y M9 son las formulaciones óptimas producidas por extrusión-soplado de película, ya que no fue posible producir los controles mediante esta técnica debido al procesamiento inestable. Por simplicidad, las muestras óptimas procesadas por calandrado se denominarán M1 a M3, los controles correspondientes se denominarán M4 a M6, y las muestras óptimas obtenidas por extrusión-soplado se denominarán M7 a M9.

Para cada formulación, se realizó una premezcla de todos los componentes con un peso total de 500 g. La preparación se realizó en dos pasos. En primer lugar, se utilizó un extrusor de doble husillo co-rotativo de 16 mm de diámetro Polylab OS (Thermo Haake Electron Corporation, Alemania) con una relación L/D de 25 y una velocidad de tornillo de 75 rpm para obtener compuestos homogéneos. El perfil de temperatura se fijó a 70, 80, 90, 90, 90 y 90 ° C (desde la alimentación hasta la salida) con un dado o troquel circular de 2.5 mm. El material se enfrió a temperatura ambiente y luego se granuló (Modelo SJ-100, Sanyuan, China). De estos gránulos, la mitad se usó para producir las películas o materiales por extrusión-calandrado y la otra mitad por extrusión-soplado. Para el calandrado, se utilizó un dado rectangular (100 mm de ancho y 2,5 mm de apertura). Para obtener las películas, los gránulos se alimentaron al mismo extrusor mencionado (velocidad del tornillo de 75 rpm) con un perfil de temperatura de 75, 80, 90, 90, 90, 90 y 95 ° C (desde la alimentación hasta el troquel), seguido de un sistema de calandrado de dos rodillos con un diámetro de 7 cm y un ancho de 25 cm.

Tabla 1. Formulaciones (% p/p) usadas para las muestras producidas por extrusión-calandrado y extrusión-soplado*.

Muestra	Ácido Tánico	Cloisita	Glicerol	Agua	Gelatina
M1	5	10	15	10	60
M2	5	10	20	10	55
M3	5	10	15	15	55
M4	0	0	15	10	75
M5	0	0	20	10	70
M6	0	0	15	15	70
M7	5	10	15	10	60
M8	5	10	20	10	55
M9	5	10	15	15	55

***M1 - M6 procesadas por calandrado, M7 - M9 procesadas por soplado**

El material final salió del dado aproximadamente a 15 cm/min. Para el soplado de películas por extrusión, se usó el sistema mencionado anteriormente (extrusor de doble tornillo co-giratorios). Cada formulación se alimentó al extrusor a una velocidad de flujo de aproximadamente 20 g/min. El extrusor está acoplado con un troquel de película soplada Haake Polylab. Este dado o troquel está diseñado como una pieza anular vertical con un espacio de 0.8 mm entre el diámetro externo y el interno del anillo (diámetro externo de 25 mm y diámetro interno ajustable con un máximo de 24 mm), formando un tubo de material con paredes delgadas. Se introdujo aire a temperatura ambiente a través de un orificio para inflar el producto. Se diseñó un anillo de enfriamiento para enfriar las películas, mientras que los rodillos con una velocidad ajustable estiraban el material [Giles y col., 2005].

Antes de cualquier prueba, todas las muestras de película se mantuvieron en equilibrio durante al menos 7 días en un desecador a temperatura ambiente con una atmósfera de alrededor de 57% de humedad relativa (HR), suministrada por una solución saturada de NaBr.

Espesor

El espesor se midió usando un micrómetro digital (Truper 14388, EE. UU.), tomando lecturas al azar en 10 ubicaciones. Las pruebas se realizaron por triplicado (n = 3) para cada muestra.

Propiedades mecánicas

Las tres propiedades mecánicas se determinaron a cada película a temperatura ambiente siguiendo la técnica de la ASTM D882, para obtener el módulo de rigidez o elástico también denominado módulo de Young, la fuerza de tensión a la ruptura, y la elongación o deformación a la ruptura. Para las pruebas mecánicas se cortaron y midieron muestras rectangulares (100 mm x 10 mm). Las mediciones se realizaron en un texturómetro Instron modelo 5565 con una celda de carga de 500 N, a una velocidad de medición de 12.5 mm/ min. La separación inicial entre pinzas (longitud efectiva de muestra) fue de aproximadamente 60 mm y se realizaron 10 ensayos para cada muestra (n=10)

Análisis estadístico

Las determinaciones se compararon de forma independiente, mediante un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa SigmaPlot versión 11.0 (Systat Software, 2008), el nivel de significancia (p) se fijó en

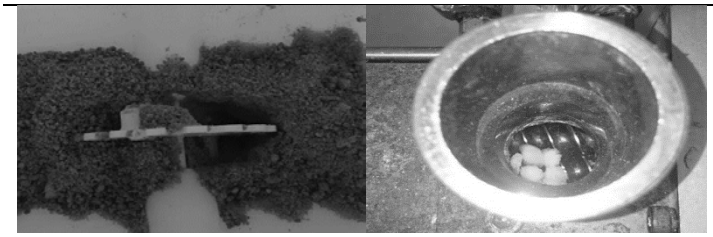
 ISSN 2007-8102

0.05, cuando se encontraron diferencias significativas,.se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. La aplicación de la prueba consistió en evaluar la diferencia mínima significativa honesta, DMSH, la cual se comparaba entre todas las medias, si la diferencia entre dos medias era mayor que la señalaba por la prueba Tukey, había diferencia significativa. La DMSH= Q* √(CME/n), donde Q es el valor de rangos estudentizados de tablas, CME es el cuadrado medio del error o del residual y n es el número de repeticiones

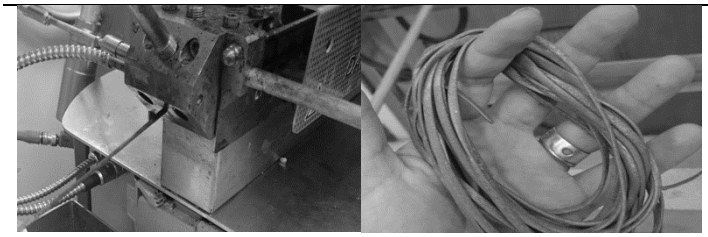
Resultados y discusión

Producción de gránulos (pellets) y películas de gelatina (calandrado y soplado).

La Figura 1 presenta el esquema general para la preparación de gránulos (pellets) y películas mediante extrusión-calandrado y extrusión-soplado.



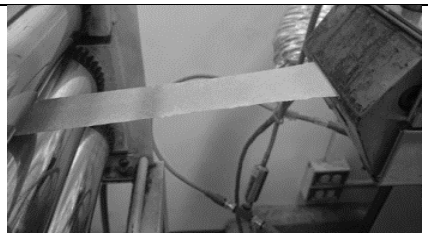
Mezclado de las formulaciones y alimentación al extrusor



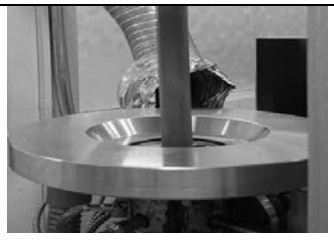
Compósito por extrusión



Granulación de Compósitos



Alimentación de los gránulos al extrusor para producir las películas por calandrado



Alimentación de los gránulos al extrusor para producir las películas por soplado

Figura 1. Esquema general de la producción de películas

 ISSN 2007-8102

Seis formulaciones fueron procesadas por calandrado. Sin embargo, las formulaciones control no fueron posibles de producir por soplado debido a su alta viscosidad y adherencia, alcanzando el torque máximo del equipo (120 N), restando tres muestras óptimas procesadas por este método.

Espesor

La aplicación del método de análisis de varianza a los datos de espesor de las nueve películas, con cuando menos 17 mediciones, dió como resultado diferencia significativa, con probabilidad $p<0.05$ (Tabla 2).Lo cual indicó variaciones en el espesor de las películas tanto en función de las formulaciones, como los métodos de procesamiento.

Tabla 2. Análisis de varianza del espesor de las películas obtenidas por calandrado y soplado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p
Películas	8	3.116	0.39	35.664	< 0.05
Residual	145	1.584	0.0109		
Total	153	4.7			

Los espesores de las muestras se muestran en la Tabla 3. Es notorio que las películas producidas por soplado son más delgadas que las obtenidas por calandrado, lo que indica que la mayor etapa de deformación aplicada durante el soplado (biaxial) condujo a películas más delgadas. Se distinguen películas que no muestran diferencias significativas entre sus espesores ($p> 0.05$) para las muestras extrudidas. Las películas se basan en las formulaciones óptimas con ácido tánico y cloisita de sodio (M1 y M2), que tenían el espesor mayor. A continuación la muestra control M4 con el mayor contenido de gelatina (Tabla 1), presentó con mayor espesor un comportamiento diferente entre las muestras M5 y M6 controles. Aún la muestra óptima M3 con ácido tánico y nanoarcilla, presentó en general un mayor espesor que las películas controles ultimas mencionadas y que las óptimas procesadas por soplado (M7 a M9).

A continuación están compuestos por las formulaciones controles con 70 % de gelatina (M5 y M6) que no presentaron diferencias significativas, con espesores menores que las películas que las óptimas calandradas (M1 y M2). Finalmente, las siguientes películas óptimas procesadas por soplado (M7 y M8), mostraron valores de espesor aproximadamente 87% más bajos que las óptimas calandradas.

Los materiales M7 y M8 obtenidos por soplado con 10% de agua, que tienen 15 y 20% de glicerol respectivamente (Tabla 1), no mostraron diferencias significativas ($p> 0.05$) entre ellas, mientras que una disminución en glicerol junto con un aumento en el contenido de agua en la formulación óptima obtenida por el método soplado, redujo el espesor en aproximadamente un 49%, lo que condujo a la película más delgada (M9). Como era de esperarse, además del método de procesamiento aplicado, el espesor final también fue influenciado por los contenidos de glicerol y agua que actúan como plastificantes.

Tabla 3. Espesor de muestras de película (mm) producidas por calandrado y soplado*.

Muestra	Espesor ± de (mm)
M1	0.97 ± 0.05^{a}
M2	0.98 ± 0.09^{a}
M3	0.88 ± 0.09^{b}
M4	0.91 ± 0.04^{a}
M5	0.74 ± 0.05^{c}
M6	0.67 ± 0.05^{c}
M7	0.56 ± 0.05^{d}
M8	0.48 ± 0.07^{d}
M9	0.35 ± 0.08^{e}
DMSH	0.0584

* **Media ± de (desviación estándar), n = 30, valores con las mismas letras superíndices (a, b, c, d, e), indican que no hay diferencia entre medias, pues fueron menores entre cada dos medias que la diferencia mínima significativa honesta (DMSH) de la prueba Tukey; no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (p > 0.05). M1-M6 procesadas por extrusión-calandrado, M7-M9 procesadas por extrusión-soplado.**

Propiedades Mecánicas

La Tabla 4 presenta las propiedades mecánicas de las muestras de películas producidas. Las tres propiedades mecánicas analizadas independientes, presentaron diferencias significativas estadísticas (ANOVA), al nivel de probabilidad ($p < 0,05$). Los módulos elásticos o de Young son en general más altos en materiales de formulaciones óptimas (M1 y M2) que los de los controles (M5 y M6). Para las películas obtenidas por calandrado (M1 a M6), se pueden observar diferencias entre las muestras ya que las que contienen ácido tánico y nanoarcillas (M1 a M3) mostraron valores más altos que los controles (M4 a M6). También se observan diferencias entre las películas de las formulaciones óptimas calandradas: M3 con 15% de agua que tiene el módulo elástico más bajo; aumentó en 55% para M1 con 10% de agua con diferencia significativa. La adición de ácido tánico y nanoarcillas en M1 procesado por calandrado aumentó en un 42% el módulo de Young en comparación con su control (M4). De manera similar, se observan aumentos sustanciales de 153% y 121% para las formulaciones óptimas M2 y M3 con adición de ácido tánico y nanoarcillas, en comparación con sus controles correspondientes (M5 y M6 respectivamente). El ácido tánico puede formar enlaces cruzados con gelatina, mientras que las nanoarcillas se intercalan en la estructura de gelatina aumentando la resistencia del material [Shin y col., 2014]. El módulo de Young mayor de M1 obtenido por calandrado, no mostró diferencia estadística con respecto a M7 obtenido por soplado con la misma formulación (ver Tabla 4) señalada en la Tabla 1. Además, no se detectaron diferencias estadísticas entre M3 (calandrado) y M9 (soplado) con los mismos contenidos de glicerol y agua.

La resistencia y flexibilidad de las películas se pueden describir por su resistencia a la tracción o tensión máxima y la elongación a la ruptura. Como se esperaba, se observa para la resistencia a la tracción, una tendencia similar al módulo elástico (Tabla 4); es decir, las películas de las formulaciones óptimas producidas por calandrado (M1 a M3) tienen en general, valores de tensión máxima mayores que las formulaciones control (M4 a M6). Tal aumento de la resistencia a la tracción puede estar relacionado con un mayor nivel de reticulación causado por el ácido tánico que estabiliza el material, y el fortalecimiento de la matriz de la película de gelatina causada por las nanoarcillas [Martucci y Ruseckaite, 2010].

La deformación o elongación a la ruptura mostró el comportamiento opuesto al módulo elástico y la resistencia a la tracción para las películas obtenidas por calandrado (Tabla 4). La muestra M1 presenta la elongación a la ruptura más bajo entre las formulaciones óptimas, pero un aumento en el contenido de glicerol (Tabla 1), aumentó la elongación en la ruptura en un 89% (M2), mientras que un aumento en el agua de formulación aumentó este parámetro en solo un 46% (M3). Las muestras control (M4 a M6) no presentaron diferencias significativas entre su elongación a la ruptura, pero mostraron valores más altos que las formulaciones óptimas (M1 a M3), con diferencias estadísticas entre estas muestras. En cuanto a M4, la adición de ácido tánico

disminuyó la tensión en la ruptura en un 52% (M1), mientras que para M5 la reducción es solo del 16% (M2). Para M6 control, la adición de ácido tánico (y nanoarcillas) conformada por la M3, disminuyó la elongación a la ruptura en un 53%. El glicerol tuvo un efecto plastificante que probablemente contribuyó a aumentar la elongación a la ruptura como se observó para las formulaciones con 20% de glicerol de películas calandradas (M2 y M5, Tabla 1), modificando principalmente la formulación control (M5 con el valor más alto). Sin embargo, dicho aumento plastificante en la elongación, fue superado por el efecto decreciente causado por el ácido tánico. Esto está asociado a las propiedades moleculares del ácido tánico que contiene varios grupos hidroxilo que favorecen una unión más fuerte entre las proteínas [Zhang y col., 2010].

En este trabajo, las muestras obtenidas por soplado tuvieron la menor elongación a la ruptura, es decir los valores menores (Tabla 4), esto es consistente con la tendencia observada previamente con el espesor, donde estas muestras mostraron los valores más bajos (Tabla 3). Esta diferencia entre soplado y calandrado está relacionada con la orientación molecular. Durante el proceso por soplado, las formulaciones son extruidos en un tubo hueco y se estiran biaxialmente por la presión interna del aire y los rodillos a presión. Por otro lado en el calandrado, las muestras solo se estiran uniaxialmente por dos rodillos, lo que da como resultado películas con mayor espesor [*Garbacz*, *2011*]. La comparación entre muestras hechas por soplado (M7, M8 y M9) respecto al calandrado con las mismas formulaciones, da valores más altos de elongación a la ruptura en un 59% (M1), 207% (M2) y 70% (M3) en sus formulaciones correspondientes (Tabla 3). Teniendo en cuenta todas las muestras obtenidas por calandrado, los resultados muestran que la adición de ácido tánico y nanoarcillas causó una reducción de la elongación a la ruptura (M4 vs M1, M5 vs M2 y M6 vs M3) donde la diferencia principal es la adición de ácido tánico y nanoarcillas. Esto también podría ser una indicación de que no solo las condiciones de procesamiento, sino también los diferentes componentes afectan las propiedades mecánicas de los materiales.

Para las películas de formulaciones óptimas obtenidas por soplado, las propiedades mecánicas (módulo elástico o de Young, resistencia a la tracción y elongación a la ruptura) fueron en general más bajas que sus muestras correspondientes obtenidas por calandrado. Así mismo, al aumentar la resistencia a la tracción para estas formulaciones, disminuyó sustancialmente la elongación a la ruptura respecto a las películas control (Tabla 4).

Tabla 4. Propiedades mecánicas de las películas de gelatina extruidos por calandrado y por soplado de formulaciones óptimas y controles*

Muestra	Módulo elástico (Mpa) ± de	Tensión máxima (Mpa) ± de	Elongación (%) ± de
M1	*70.6±6.64*^{c}	14.74±1.50^{d}	75.14±20.14^{b}
M2	58.50±11.51^{b}	12.01±1.72^{d}	142.10±23.47^{c}
M3	45.40 ±12.83^{b}	9.56 ±0.71^{c}	109.83 ±13.34^{c}
M4	49.63±13.61^{b}	6.17 ± 0.62^{b}	157.35 ± 20.16^{cd}
M5	23.12±6.61^{a}	2.41±0.60^{a}	168.74±22.66^{d}
M6	20.59±2.61^{a}	3.67±0.39^{a}	167.57±13.86^{d}
M7	64±13.36^{c}	10.75±1.39^{b}	47.33±11.30^{a}
M8	24.73±5.56^{a}	3.78±0.93^{a}	46.25±5.50^{a}
M9	35.13±4.21^{b}	13.48±1.48^{c}	64.67±6.54^{b}
p ANOVA	< 0.05	< 0.05	< 0.05
DMSH	4.40	3.76	18.42

***Media ± de (desviación estándar), n = 7, valores en cada columna independientes con las mismas letras superíndices (a, b, c, d, cd), indican que no hay diferencia entre medias, pues fueron menores entre cada dos medias que la diferencia mínima significativa honesta (DMSH) de la prueba Tukey, por lo tanto no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (p > 0.05). M1-M6 procesadas por extrusión-calandrado, M7-M9 procesadas por extrusión- soplado.**

Trabajo a futuro

Aunque se obtuvieron algunos resultados interesantes en estas películas de biopolímeros, se necesita más investigación para optimizar sus propiedades y extender los resultados a otras matrices naturales (como el almidón) y refuerzos (como las fibras lignocelulósicas). Además, la aplicación en empaques de tales biopelículas debe ser el objetivo para futuros trabajos.

Conclusiones

En este trabajo, las películas extruidas a base de gelatina se produjeron con éxito mediante calandrado (uniaxial) y soplado (biaxial), aunque esto último solo fue posible con solo una formulación optimizada que contenía ácido tánico (reticulante) y nanoarcillas (reforzante). Los resultados mostraron que el agua y el glicerol actuaron glicerol y agua como plastificantes y agentes de expansión, ya que su concentración tuvo un efecto directo el espesor final de la película. La adición de ácido tánico y nanoarcillas aumentó generalmente el módulo elástico o de Young y la resistencia a la tensión, pero disminuyó la elongación a la ruptura de las películas.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del Instituto Politécnico Nacional en Mexico (COFAA, EDI, SNI) a través de la SIP. Se reconoce al Sr. Yann Giroux su gran apoyo en el trabajo experimental.

Referencias

1. ASTM D883-12e1. Standard terminology relating to plastics. *West Conshohocken*, PA. (2012).
2. Dangaran K, Tomasula PM and Qi P. k *(*2009). Structure and function of protein-based edible films and coatings. In: Huber CK and Embuscado EM (ed) *Springer,* New York 25-56.
3. *Garbacz T. (2011)* Properties of triple-layered PVC coatings synthesized in the micropore coextrusion method. *Polimery **56***, *129*-134.
4. Giles H, Wagner J and Mount E. (2005). *Extrusion: The Definitive Processing Guide and Handbook.* William Andrew, Inc., New York **.** 83-89.
5. Martucci JF and Ruseckaite RA. *(*2010**)** Biodegradable bovine gelatin/Na^{+}-montmorillonite nanocomposite films. structure, barrier and dynamic mechanical properties. *Polymer-Plastics Technol Eng* (**49)**, 581-588.
6. Ortiz-Zarama MA, Jimenez-Aparicio A, and Solorza-Feria J. *(*2016) Obtainment and partial characterization of biodegradable gelatin films with tannic acid, bentonite and glycerol. *J Sci Food Agric* **96**, 3424-3431.
7. Shin SH, Kim SJ, Lee SH, et al. *(*2014) Apple peel and carboxymethylcellulose-based nanocomposite films containing different nanoclays. *J Food Sci* **79**, E342-E353.
8. Yakimets I, Wellner N, Smith AC, et al. *(*2005) Mechanical properties with respect to water content of gelatin films in glassy state. *Polymer* **46**, 12577-12585.
9. Zhang X, Do MD, Casey P, et al. *(*2010) Chemical modification of gelatin by a natural phenolic cross-linker, tannic acid. *J Agric Food Chem* **58**, 6809-6815.

Estabilidad fisicoquímica de microcápsulas de col morada secadas por aspersión en frío

M. P. Rascón Díaz[1], E. Flores Andrade[1], M. Castillo Morales[1], K.P. Alfonso López [1], E. Bonilla Zavaleta[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prol. Oriente 6 No. 1009, Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México
**enbonilla@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Alimentos*

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto protector de dos materiales de pared (maltodextrina 10DE y goma arábiga) sobre el contenido de antioxidantes presentes en la col morada y en las microcápsulas de col morada obtenidas por aspersión en nitrógeno líquido y liofílizadas durante el almacenamiento a una temperatura de 25°C. Los resultados mostraron que los dos materiales de pared lograron una favorable retención en la encapsulación de los antioxidantes presentes en la col morada. De acuerdo con los análisis realizados de actividad antioxidante, polifenoles totales, antocianinas y color, se demostró mayor contenido en cada uno de estos con respecto al extracto solo (sin encapsular). Se comprobó que el método de encapsulación utilizando secado por aspersión en frío y una posterior liofilización permite mejorar la estabilidad de compuestos antioxidantes.

***Palabras clave**: aspersión en frío, liofilización, antioxidantes, maltodextrina, goma arábiga.*

Abstract

The objective of this work was to evaluate the protective effect of two wall materials (maltodextrin 10DE and gum arabic) on the content of antioxidants present in purple cabbage microcapsules obtained by spray chilling and freeze-dried during storage at a temperature of 25 ° C. The results showed that the two wall materials achieved a favorable retention in the encapsulation of the antioxidants present in the purple cabbage. According to the analysis of antioxidant activity, total polyphenols, anthocyanins and color, it was demonstrated greater contents in each of these parameters with respect to the extract alone. It was proved that the use of spray chilling as a method to encapsulate followed by lyophilization, is an efficient method to enhance the stability of antioxidant compounds.

***Key words**: spray chilling, lyophilization, antioxidants, maltodextrin, Arabic gum.*

Introducción

El estilo de vida actual puede promover inadecuados hábitos alimenticios, consumiendo alimentos con baja calidad nutricional y pobre capacidad antioxidante. Esto ha causado graves problemas de salud en nuestra sociedad como la desnutrición y la obesidad, así como el aumento de diversas enfermedades crónico-degenerativas, como una consecuencia del estrés oxidativo. Las plantas, hierbas y vegetales utilizados en la medicina tradicional han ganado una amplia aceptación como fuente de fitoquímicos que previenen enfermedades. Por esta razón la información global sobre las propiedades antioxidantes de los productos naturales es relevante en el campo de la nutrición y en el desarrollo de nutracéuticos.

Los compuestos antioxidantes poseen la facultad de proteger a las células contra el daño oxidativo, el cual provoca envejecimiento y enfermedades degerativas, tales como el cáncer enfermedades cardiovasculares y diabetes [Escobar, 2010]. Los cambios en la oxidación de los alimentos son los responsables de la pérdida del sabor debido a la formación de compuestos que reducen la calidad sensorial y nutricional de éstos [Middleton y Kandaswami 1994; Mattaus, 2002].

La creciente demanda de productos con aspecto fresco, ha promovido el empleo de métodos alternativos de conservación, que además no modifiquen los componentes intrínsecos del alimento. El consumo de alimentos

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

sanos ha sido un tema de interés, sobre todo aquellos que garanticen la inocuidad, las características nutrimentales y los aspectos sensoriales del mismo.

El empleo de métodos alternativos al tratamiento térmico con el uso de las denominadas tecnologías emergentes, ha logrado mayor auge actualmente. Las tecnologías en alimentos buscan satisfacer las necesidades del consumidor para obtener productos frescos y con características nutrimentales y de inocuidad adecuados. Torrest y col., [2014] indicaron que el empleo del ultrasonido en la extracción de curcumina a partir de su fuente natural constituye un novedoso y eficiente método, que puede ser empleado en el aislamiento de otros productos naturales. Azuola y Vargas [2007] determinaron que la extracción asistida por ultrasonido es más eficiente que la extracción por métodos tradicionales y que también puede asistir a métodos de extracción no convencionales.

Metodología

Materiales

La col morada fue obtenida en el mercado local de Orizaba, Veracruz. Fue mantenida en refrigeración para evitar el deterioro y la pérdida de sus propiedades. Los criterios tomados en cuenta para el manejo de la materia prima fueron que no presentaran daños físicos (ruptura, decoloración y secado del vegetal, presencia de hongos o microorganismos) que pudieran modificar o alterar los análisis a realizar. Para la extracción acuosa de antioxidantes se utilizó el procesador ultrasónico (Modelo CPX750, Cole-Parmer, USA). Los reactivos utilizados fueron agua tridestilada y etanol puro obtenido de una distribuidora local, Folin-Ciocalteau (Aldrich, México), 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DDPH) (Sigma-Aldrich, México) HCl concentrado, carbonato de sodio (99.5 %) (Aldrich, México). Así como microclimas a 8 diferentes humedades relativas.

Extracción acuosa de antioxidantes utilizando el procesador ultrasónico

La preparación del extracto acuoso se realizó en un vaso de vidrio al cual se le adicionaron 150 mL de agua tridestilada y 50 g de col morada finamente picada y una temperatura de 25 °C [Reyes y col., 2009]. La extracción sólido/líquido fue elaborada utilizando la relación 1:4 p/v (col morada: agua). Posteriormente, la solución obtenida se sometió a homogenización utilizando un procesador ultrasónico (600 W) por un tiempo de 10 minutos (Modelo CPSX750, Cole-Parmer, USA). Se utilizó concentrado de proteína de suero de leche como agente encapsulante. La extracción se realizó de acuerdo con lo reportado por Ertugay y col., [2004].

Actividad antioxidante por ensayo de DPPH

El método que se empleó en este trabajo para la medición de antioxidante es el propuesto por Brand-Williams y col., [1995], realizando modificaciones de acuerdo con lo reportado por Mrinova y Batchvarov [2011]. Este método permite evaluar la actividad de sustancias con características antioxidantes frente al radical libre estable 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). La solución madre de DPPH (0.1M) se preparó pesando 0.0040 g de reactivo DPPH y posteriormente se agregó etanol absoluto hasta aforar a un volumen de 100 mL. Se dejó reposar durante 30 min y se midió el valor de la absorbancia. Este valor debe estar en el intervalo de 1 a 2. Se calibró el espectrofotómetro utilizando como blanco etanol puro absoluto.

Determinación de polifenoles totales

La concentración de polifenoles totales es medida por espectrofotometría basándose en una reacción colorimétrica de óxido-reducción. El agente oxidante utilizado es el reactivo de Folin-Ciocalteau. Se utilizó como referencia una solución patrón de ácido gálico [Arbayza y col., 2014]. El procedimiento para la determinación del contenido de polifenoles totales se llevó a cabo en el siguiente orden: a cada frasco ámbar se le adicionaron 6 mL de agua tridestilada y 1 mL de extracto (homogenizado entre muestra y muestra). Se hicieron diluciones seriadas, pasando de un tubo a otro 1000 µL de extracto hasta completar la serie. Se le adicionó un volumen de 500 µL de reactivo de Folin-Ciocalteau, se homogenizó y se dejó reposar durante 5 minutos protegidos de la luz. Posteriormente, se añadieron 1.5 mL de solución acuosa de carbonato de sodio al 20% y se agrega agua tridestilada hasta alcanzar un volumen final de 10 mL de solución. Se dejó reposar 2 horas y posteriormente se midió el valor de la absorbancia a 760 nm en el espectrofotómetro UV-Visible (Thermo Scientific Evolution 260-BIO).

 ISSN 2007-8102

Para poder calcular y expresar el contenido de polifenoles como equivalente de ácido gálico se realizó una curva de calibración con ácido gálico, manteniéndose constante el volumen del reactivo de Folin-Ciocalteau en 500 µL y de carbonato de sodio en 1.5 µL. Es importante destacar que la medición de la cantidad de polifenoles totales se le realizó al extracto acuoso antes de mezclarlo con el protector coloidal, a la solución de extracto acuoso antes de mezclarlo con el protector coloidal, a la solución de extracto/protector coloidal homogenizada y al polvo obtenido del secado por aspersión en frio con nitrógeno líquido que estuvieron en equilibrio en 8 diferentes a_w**.**

Determinación de antocianinas

La determinación de antocianinas monómericas presentes se llevó a cabo por duplicado. Se tomó una alícuota de 1mL por cada muestra y se le adicionaron 4 mL de solución buffer KCl (cloruro de potasio) con pH de 1.0. Se prepararon independientemente una dilución de 1 mL de extracto con la solución buffer de acetato de sodio con pH 4.5 [Lee y col., 2005].

Secado por aspersión en frio

En un prototipo de secado por aspersión en frio, se asperjó la solución extracto/material por medio de una bomba peristáltica durante 5 minutos sobre un recipiente el cual contenía aproximadamente 20 mL de nitrógeno líquido, donde se congeló la solución para dar paso a la formación de las microcápsulas. El polvo obtenido se colocó en frascos ámbar para evitar que los compuestos que son sensibles a la luz se degradaran. Posteriormente las muestras se colocaron en liofilizador (Labconco Freezone 4.5 series, E.U.A.) el cual se encontraba a -80 °C y una presión de 0.010 mbar; las muestras fueron mantenidas en estas condiciones durante 96 horas. Al final del proceso se obtuvo un polvo muy fino que fue utilizado para la realización de las isotermas de adsorción y para los análisis de antioxidantes correspondientes.

Análisis estadístico

El software estadístico Kaleida Graph 4.0 (Synergy Software, Reading, PA, E.U.A) y el programa Excel (Microsoft Co. E.U.A.) fueron utilizados en este trabajo para realizar los cálculos necesarios y las gráficas correspondientes como una herramienta más para la realización de análisis de resultados. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para establecer si existían diferencias significativas entre los resultados obtenidos de los parámetros estudiados. De igual forma se realizó una prueba de Tukey HSD con $p<0.05$. Todas las mediciones realizadas en este trabajo fueron hechas por triplicado.

Resultados y discusión

Caracterización del extracto de col morada

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los parámetros analizados al extracto obtenido de la col morada por medio del procesador ultrasónico. Posteriormente se utilizó para la preparación de las soluciones acuosas y con la solución extracto/material de pared para el secado por aspersión en frio y liofilización. Los análisis realizados fueron: actividad antioxidante por el método de DPPH, la cantidad de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu, antocianinas por el método de pH diferencial y la intensidad del color utilizando un colorímetro Konica minolta chromameter cr-400.

Tabla 1. Resultados de la caracterización del extracto de col morado

PARÁMETRO	RESULTADO
Actividad antioxidante	16.40 ± 0.40%
Polifenoles totales	366.67 ± 0.48 EAG/L
Antocianinas	138.60 ± 0.42 mg/L
Color (ΔE)	22.85 ± 1.03

De acuerdo con lo reportado por Galván y col., [2012], La cuantificación de polifenoles en muestras de extractos de *Aronia melanocarpa* es de 200 mg EAG/L; Los resultados del extracto de col morada mostraron un mayor contenido de polifenoles reportándose un valor de 366.67 EAG/L. Hernández [2015] reportó una concentración de polifenoles totales en el extracto de col morada de 354.65 EAG/L a las mismas condiciones de potencia y tiempo (80% a 10 minutos). Según lo reportado por Camelo (2013), demostró que el extracto acuoso de jamaica tipo Sudán presentó un contenido de antocianinas de 129.30 ± 14.67 mg cianidina 3-glucósido/L, por lo cual el extracto de col morada presenta un mayor contenido de esta antocianina con respecto a la jamaica.

Caracterización de las soluciones acuosas de col morada con material de pared

Se preparó aproximadamente 1L de solución de extracto/material de pared (p/v) con una concentración de 20% de sólidos totales. En las Tablas 2 y 3 se pueden observar los parámetros obtenidos de los análisis correspondientes a cada solución de extracto/material de pared**.**

Tabla 2. Caracterización del extracto/MD 10DE

PARÁMETRO	RESULTADO
Actividad antioxidante	26.51 ± 0.50%
Polifenoles totales	397.00 ± 0.48 EAG/L
Antocianinas	223.77 ± 0.40 mg/L
Color (∆E)	21.64 ± 1.10

Tabla 3. Caracterización del extracto/GA

PARÁMETRO	RESULTADO
Actividad antioxidante	20.48 ± 0.39 %
Polifenoles totales	382.00 ± 0.45 EAG/L
Antocianinas	142.78 ± 0.39 mg/L
Color (∆E)	19.96 ± 0.55

De acuerdo con los resultados obtenidos de la actividad antioxidante, polifenoles y antocianinas presentes en la solución extracto/material comparado con la del extracto acuoso, se logró observar que en las soluciones en donde se utiliza un agente encapsulante (MD 10DE y GA) tuvieron un incremento significativo en los valores analizados. Se observa que el uso de MD 10DE permite obtener mayores valores de actividad antioxidante, polifenoles totales, antocianinas, así como una mayor variación total del color (DE) con respecto al tratamiento en donde se utiliza la goma arábiga como encapsulante. Estos resultados fueron demostrados a través de un análisis de varianza y una prueba de Tukey HSD.

Determinación de parámetros de microcápsulas de col morada secados por aspersión en frío

Las Tablas 4 y 5 muestran los resultados de los análisis de las microcápsulas obtenidas del secado por aspersión en frio después de ser colocadas en equilibrio en presencia de P_2O_5 durante cinco semanas.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica de microcápsulas de maltodextrina (MD 10DE)

PARÁMETRO	RESULTADO
Actividad antioxidante	25.93 ± 1.02%
Polifenoles totales	421.33 ± 0.51 EAG/g s.s.
Antocianinas	194.96 ± 0.45 mg/L
Color (∆E)	51.67 ± 0.26

Tabla 5. Caracterización fisicoquímica de microcápsulas de goma arábiga (GA)

PARÁMETRO	RESULTADO
Actividad antioxidante	14.48 ± 0.61%
Polifenoles totales	412.00 ± 0.44 EAG/g s.s.
Antocianinas	146.53 ± 41 mg/L
Color (∆E)	61.31 ± 0.01

Los resultados de la caracterización del extracto/material de MD 10DE mostrados en la Tabla 2 comprueban que la actividad antioxidante y el contenido de antocianinas presentan una disminución significativa con respecto a los valores obtenidos en la caracterización de las microcápsulas (Tabla 4). Por otra parte, el contenido de polifenoles y la variación total de color presentan un aumento significativo. Al realizar una comparación de los resultados obtenidos de la caracterización del extracto/material de GA (Tabla 3), con respecto a las microcápsulas, se observa una disminución significativa en la actividad antioxidante, mientras que el contenido de polifenoles totales, antocianinas y variación de color se presenta un aumento (Tabla 5).

Contenido de polifenoles totales

En la Figura 1 se muestra el efecto de la a_w sobre la degradación de polifenoles en las microcápsulas de col morada, utilizando como agente encapsulante la MD 10DE y la GA secadas por aspersión en frio y liofilizadas, las cuales posteriormente fueron almacenadas a diferentes a_w a una temperatura de 25°C por un mes. En esta figura se observa el resultado de la evaluación de los dos agentes encapsulantes, lo cual mostró una degradación constante en todo el intervalo de a_w (0.1 a 0.8) en la GA, mientras que en la MD 10DE se observa una constante degradación hasta una a_w de 0.5. Se observó que la GA tiene mayor retención del contenido de polifenoles presentes en las microcápsulas con respecto a la MD 10DE, aunque para evitar la degradación es recomendable almacenar a a_w menores a 0.6, ya que a mayor valor se presenta una inestabilidad de las microcápsulas causadas por la adsorción de humedad y un deterioro de su estructura.

 ISSN 2007-8102

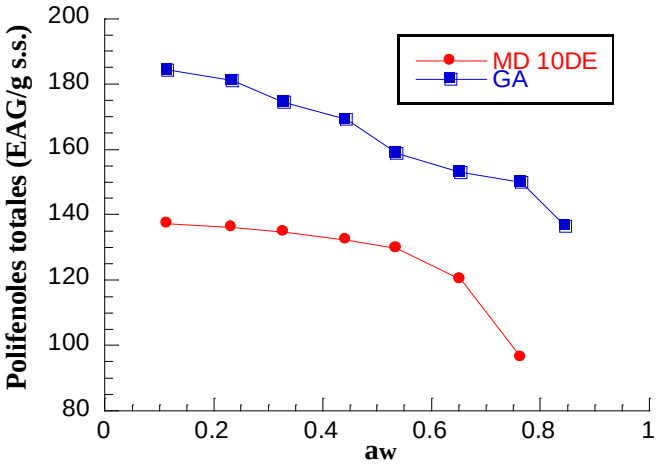


Figura 1. Variación del contenido de polifenoles totales con respecto a la aw en microcápsulas de col morada utilizando MD 10DE y GA almacenada a 25 °C

Concentración de antocianinas

Los resultados mostrados en la Figura 2, muestran el efecto de la degradación de antocianinas de las microcápsulas de col morada secadas por aspersión en frio y liofilizadas almacenadas a una temperatura de 25°C por 30 días. En esta figura se muestra una disminución constante en la concentración de cianidina 3-glucósido hasta una a_w de 0.4 en los dos materiales de pared utilizados. Se determinó que la MD 10DE presenta una mayor retención del contenido de cianidina 3-glucósido con respecto a la GA.

Es por ello que para efectos de almacenamiento es recomendable almacenar a a_w menores de 0.4, ya que a intervalos mayores se ha demostrado un cambio drástico en la concentración de cianidina 3-glucósido provocando la liberación de estas causada por la ganancia de humedad que crea un sistema inestable causando un colapso estructural en las microcápsulas de col morada. La conservación de este pigmento es de suma importancia ya que es el compuesto responsable del color característico de la col morada.

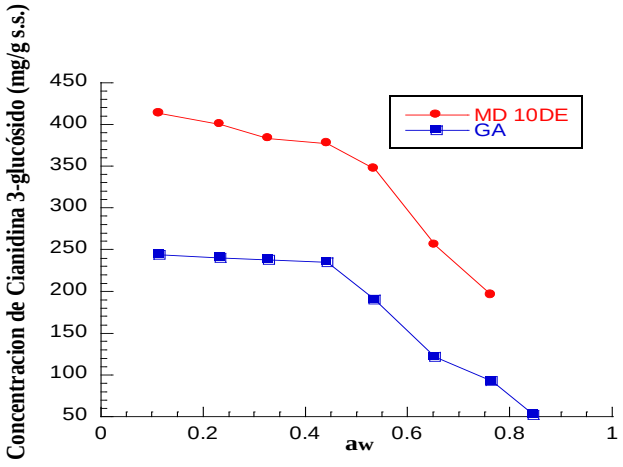


Figura 2. Variación de la concentración de antocianinas con respecto a la aw de col morada utilizando MD 10DE y GA almacenadas a 25 °C

 ISSN 2007-8102

Evaluación de la actividad antioxidante

En la Figura 3 se muestra la variación de la actividad antioxidante de col morada utilizando MD 10DE y GA como protector coloidal almacenadas a una temperatura de 25°C por 30 días. Los resultados obtenidos muestran el efecto de la a_w sobre la actividad antioxidante de las microcápsulas de col morada secadas por aspersión en frio y liofilizadas. Se observa una disminución constante de la actividad antioxidante en todo el intervalo de a_w de 0.1 hasta 0.8. Esta tendencia de degradación se similar para los dos materiales de pared.

Se determinó que la MD 10DE y la GA tienen un efecto protector, aunque para obtener microcápsulas con mayor retención de contenido de actividad antioxidante, se recomienda el uso de MD 10DE como agente encápsulante a a_w menores de 0.5, ya que a mayor valor de a_w se ejerce un cambio provocando la pérdida de la actividad antioxidante y dando lugar a la adsorción de agua, lo que provoca un colapso a la estructura de las microcápsulas de col morada.

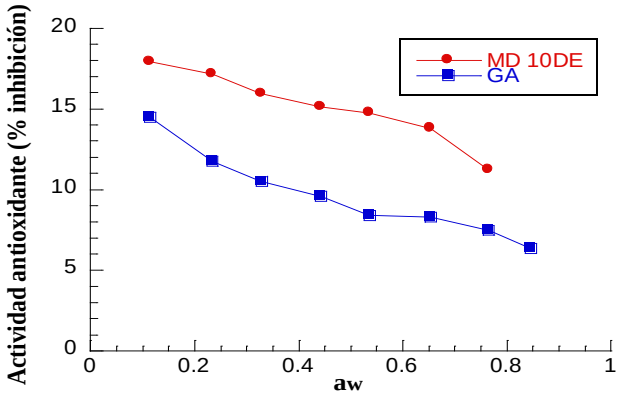


Figura 3. Variación de la actividad antioxidante (% de inhibición) con respecto a a_w en microcápsulas de col morada utilizando MD 10DE y GA almacenadas a 25 °C

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la actividad antioxidante demostraron que los dos materiales de pared utilizados (MD 10DE y GA) tienen una misma tendencia en la degradación, aunque para obtener la mayor retención de la concentración de la actividad antioxidante en el almacenamiento es recomendable utilizar la MD 10DE como protector coloidal. Se demostró que el método de secado por aspersión en frio permite la protección de antioxidantes presentes en la col morada. Los parámetros analizados, sugieren que las condiciones adecuadas para almacenar microcápsulas con antioxidantes de la col morada, deben ser a a_w menores a 0.6. Este valor de a_w reducirá significativamente la degradación de compuestos bioactivos de la col morada.

Referencias

1.Arbayza F. J., Ruiz R. S., Venegas E., Ruidias R. D. y Cosavalente B. K. 2014. Capacidad antioxidante del zumo y de los extractos hidroalcohólico y acuoso obtenidos de *Punica granatum* y su relación con el contenido de polifenoles. *Revista Pharmaciencia.* 2(2): 50-55.
2. Azuola R. y Vargas P. 2007. Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Revista Tecnología en Marcha*. 20(4): 30-40.
3. Camelo M. G. A. 2013. Caracterización química y colorimétrica de cultivares de jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*) Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec de Zaragoza, Morelos. 115p.
4. Ertugay M. F., Şengül M. and Şengül M. 2004. Effect of ultrasound treatment on milk homogenisation and particle size distribution of fat. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 28: 303-308
5. Escobar B. M. 2010. Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, México. 114p.

6. Galván D´A. L., Dimitrov K., Vauchel P and Nikov I. 2014. Kinetics of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* (black chokeberry) wastes. *Chemical Engineering Research and Design. Science Direct.* 92(10): 1818-1826.
7. Hernández De la C. L. 2015. Efecto del proceso de homogenización sobre la estabilidad oxidativa de extractos acuosos de col morada utilizando un protector coloidal. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 70p.
8. Lee J., Durst W. R. and Wrolstad R. E. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 88(5): 1269-1278.
9. Marinova G. and Batchvarov V. 2011. Evaluation of the methods for determination of the free radical scavenging activity by DPPH. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 17(1): 11-24.
10. Matthäus B. 2002. Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 50(12): 3444-3452.
11. Middleton Jr. E. and Kandaswami C. C. 1994. Potential Health-Promoting Properties of Citrus Flavonoids. *Journal Food Technology*. 48(11): 115-119.
12. Torres R. E., Guillén G. Z., Hermosilla E. R., Arias C. Q., Vogel C. y Almeida S. M. 2014. Empleo de ultrasonido en la extracción de curcumina a partir de su fuente natural. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 19(1): 14-20

Características físicas y químicas de películas de almidón de malanga reforzadas con nanofibrillas de celulosa

R. Carmona García[1], A. Aguirre Cruz[2], E.E. García Díaz[1], R. Gloria Tejeda[1], A. Alvarez Castillo[3],*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Avenida Dr. Víctor Bravo Ahuja S/N, 5 de Mayo, C.P.68350 San Juan Bautista Tuxtepec, Oax.
[2]Universidad del Papaloapan, Campus Tuxtepec, C.P. 68301, Tuxtepec, Oaxaca, México.
[3]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Calzada Tecnológico No. 27, C.P. 62780, Zacatepec de Hidalgo, Morelos. A.P. 45.
**rosel_car@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se obtuvo la celulosa a partir del raquis, el cual es un residuo agroindustrial de la producción y procesamiento del plátano macho (*Musa Paradisiaca* L), estas fibras se sometieron a un proceso de hidrólisis asistida por ultrasonido y se obtuvieron nanofibrillas de celulosa, las cuales fueron utilizadas para elaborar películas a base de almidón de malanga. La película de almidón reforzada con nanofibrillas de celulosa (PNFC), presentó una superficie más opaca repercutiendo en los valores de luminosidad obtenidos en comparación con la película elaborada con almidón nativo de malanga (PAN). Sin embargo presento superficies lisas homogéneas y con un patrón de difracción donde se observan picos más intensos que representan una mayor cristalinidad. Observándose que el uso de nanofibrillas de celulosa obtenidas del raquis de plátano macho podría ser una fuente potencial para la obtención de películas con mejores propiedades mecánicas y de barrera aptas para ser usadas como empaques de alimentos.

***Palabras clave**: Almidón de malanga, Nanofibrillas de celulosa, películas biodegradables.*

Abstract

Cellulose was obtained from the rachis, which is an agroindustrial residue from the production and processing of the male banana (Musa Paradisiaca L), these fibers were subjected to an ultrasound-assisted hydrolysis process and cellulose nanofibrils were obtained. These were used to make malanga starch-based films. The starch film reinforced with cellulose nanofibrils (PNFC), presented a more opaque surface affecting the luminosity values obtained compared to the film made with native malanga starch (PAN). However, I have smooth homogeneous surfaces with a diffraction pattern where more intense peaks are observed that represent greater crystallinity. It is noted that the use of cellulose nanofibrils obtained from the male banana rachis could be a potential source for obtaining films with better mechanical and barrier properties suitable for use as food packages.

***Key words**: Taro starch, Cellulose Nanowhiskers, biodegradable films.*

Introducción

Las películas son membranas que solidifican en condiciones ambientales o controladas y que están conformadas por polímeros orgánicos y por compuestos plastificantes (por ejemplo, glicerol, polietilenglicol) [Falguera y col., 2011]. El uso de biopelículas es una tecnología prometedora para conservar la calidad y alargar la vida de anaquel de alimentos perecederos y/o mínimamente procesados. Los empaques actúan como barreras a la pérdida de agua y al intercambio de gases, en el control de transferencia de humedad, oxígeno, lípidos y componentes del sabor, con efecto similar al promovido por el almacenamiento en condiciones controladas o en atmósferas modificadas. Sin embargo, sus propiedades mecánicas y de barrera dependen de las propiedades de los constituyentes [Rooney, 1995]. Una variedad de polímeros pueden ser utilizados en la formulación de estos materiales, por ejemplo, proteínas (gelatina, caseína, gluten de trigo, zeína), polisacáridos (almidón, pectina, celulosa, alginato, carragenina) y lípidos (ácido esteárico, ceras y esteres de ácidos grasos). Pueden ser utilizados individualmente o de forma combinada [Rooney, 1995; Bravin y col., 2004; Chiumarelli y Hubinger, 2014].

Las películas a base de polisacáridos tienen baja permeabilidad al oxígeno, lo que puede reducir la tasa de respiración de los productos mínimamente procesados. El almidón es el polisacárido más importante utilizado en la formulación de películas biodegradables y recubrimientos comestibles. Aunque el almidón es una material barato y abundante, capaz de formar una matriz de polímero continúa; presenta un carácter hidrofílico, que constituyen barreras pobres al vapor de agua. Sin embargo el almidón posee desventajas, como la sensibilidad al agua y recristalización a través del tiempo, las cuales se han intentado mejorar utilizando el almidón termoplástico mezclado con otros componentes.

En este sentido las fibras de celulosa han sido ampliamente usadas como material de relleno debido a que no dañan el medio ambiente y a que poseen ventaja tecno económica. Los compósitos de almidón-celulosa son materiales con una morfología compleja, debido a que el sistema no solo contiene almidón, sino también el plastificante, agua y celulosa.

El almidón además de la sensibilidad al agua experimenta debido al paso del tiempo el fenómeno conocido como retrogradación (recristalización). En este sentido y con la finalidad de prevenir este fenómeno se han realizado estudios acerca del uso de agentes tensoactivos que formen complejos de inclusión con la amilosa del almidón, retrasando con esto la recristalización conocida como retrogradación [Slade y Levine, 1987].

Por otro lado, también se han buscado otras estrategias disminuyendo el tamaño de partícula de la celulosa a nanofibrillas de celulosa como material de refuerzo en la elaboración de biopelículas. Por lo que en este trabajo se propone la elaboración de películas de almidón de malanga adicionadas con nanofibrillas de celulosa obtenidas por hidrólisis - ultrasonicación como material de relleno o reforzante para la elaboración de películas con mejores propiedades para ser usadas como empaques de alimentos.

Metodología

Materiales

Como materia prima para la obtención de las nanofibrillas de celulosa (NFC) se utilizó el raquis de la planta de plátano macho (*Musa Paradisiaca L)*, proporcionado por la finca Mundo Nuevo. La malanga fue proporcionada por la Integradora R. y T. de la Cuenca del Papaloapan. Ambas Agroindustrias se encuentran ubicadas en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oax. La parte experimental y análisis se realizó en el Instituto Tecnológico de Tuxtepec (ITTUX) y Universidad del Papaloapan (UNPA).

Obtención de las nanofibrillas de celulosa (NFC)

Para llevar a cabo el proceso de obtención de las NFC, dicho proceso fue divido en tres etapas las cuales fueron: a) Pretratamiento y blanqueado, b) Hidrólisis ácida y c) Sonicación.

Obtención del almidón de Malanga

El almidón se obtuvo siguiendo el método desarrollado por Vergara-Méndez, [2012], con algunas modificaciones.

Elaboración de las películas con almidón de malanga nativo (PAN) y adicionado con nanofibrillas de celulosa (PNFC).

Las peliculas que se realizaron fueron elaboradas con almidón de malanga del cual se pesaron 22.85 g + 0.03% de nanofibrillas de celulosa, se colocó en matraz con 640 mL de H_2O y se matuvo en agitación constante con la ayuda de un agitador eléctrico marca IKA modelo Rw 20 digital. Posteriormente se calentó a 85 °C con ayuda de un baño María marca Wáter Bath modelo ok522 por 30 minutos. Después de los 30 min de calentamiento y agitación constante se adicionó 30% de glicerol y se agitó de manera manual muy suave y sin dejar grumos, durante los minutos restantes para que no genere burbujas de aire dentro de la mezcla filmogénica, se dejó enfriar y posteriormente se vacío en la en una placa de acrílico y se colocó en un horno programado a 50 °C por 20 horas aproximadamente.

Observación de la morfología de las películas por microscopía óptica

Para la observación de las películas se utilizó un microscopio óptico con un objetivo 10X y las fotografías fueron tomadas con una cámara Carl Zeiss.

 ISSN 2007-8102

Microestructura de las películas (PAN y PNFC)
Las microestructuras de las películas obtenidas fueron observadas con ayuda de un microscopio electrónico de barrido (MEB), JEOL JSM-7800F. Para lo cual las muestras fueron adheridas a una cinta de doble cara en un portaobjeto y cubiertas con una capa de oro (40 a 50 nm).

Determinación de color de las películas elaboradas.
El color fue determinado sobre la superficie de las películas (PAN y PNFC) midiendo tres veces para cada una de ellas. Utilizando un colorímetro Universal Ultra Scan VIS Hunterlab. El equipo fue calibrado con una trampa o filtro blanco y negro como estándares de color en la cual se usó una escala CIELch la cual fue empleada para obtener las variables L*, C* y h* a través del software Easymatch QC [García, 2013]. Los parámetros de cromaticidad (C) y ángulo hue (˚h) se calcularon aplicando las ecuaciones correspondientes [García Tejeda, 2011; Arias, 2000].

Difracción de rayos X
Las muestras de películas (PAN y PNFC) fueron analizadas con un Difractómetro de Rayos-X marca Bruker Axs, modelo D8 Advance, con un generador de radiación de Cu-Kα con filtro de Ni y rejilla de 2 mm, los análisis se corrieron en ángulo 2θ de 4 a 40° con una velocidad de barrido de 60 °/s y con una intensidad de 30 mA y un voltaje de 40 kV.

Resultados y discusión

Microscopía óptica de las películas de almidón de malanga adicionadas con nanofibrillas de celulosa como material de refuerzo.
Las películas obtenidas fueron observadas con ayuda de un microscopio óptico (Figura 1). Los resultados muestran que las películas elaboradas con almidón nativo (PAN) presentan una superficie rugosa y brillante, mientras que las películas elaboradas con la adición de nanofibrillas de celulosa presentan una superficie lisa y opaca.

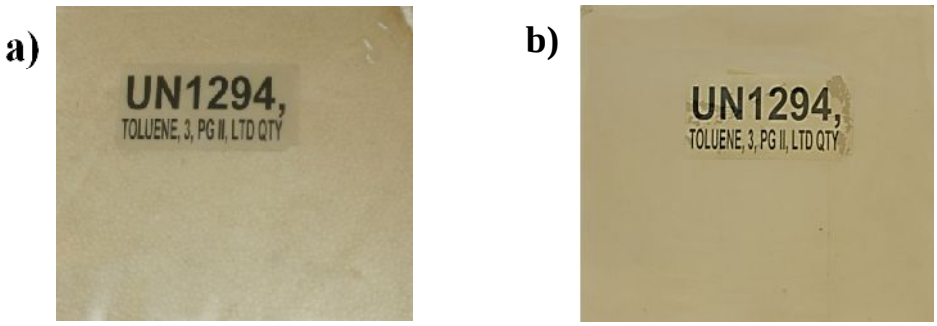


Figura 1. Imágenes de las películas elaboradas: a) película de almidón nativo (PAN), y b) *película de almidón reforzada con nanofibrillasde celulosa* (PNFC).

Color de las películas
En la Tabla 1 se puede observar que a luminosidad (L) en la PAN fue mayor en comparación con la PNFC debido a que las películas son más transparentes y brillosas como fue observado por microscopía óptica. Con respecto a los valores de a* (rojo/verde) y b*(amarillo/azul), la PAN presento menores valores de a* y mayores valores de b* en comparación con la PNFC, indicando con ello que la PAN tiende a un color amarillo más claro con una mayor saturación (C*) y tonalidad (h°) que las PNFC que tenderían a un color con tendencia al rojo, con menor tonalidad y saturación.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Parámetros de color (L, a*, b*, C y h°) de las películas.

Muestras	Color				
	L*	a*	b*	C	h°
PAN	12.08 ± 0.98[b]	1.95 ± 0.50[a]	12.27 ± 0.95[b]	12.43 ± 1.02[b]	81.08 ± 1.53[b]
PNFC	3.52 ± 0.62[a]	4.99 ± 0.59[b]	6.04 ± 1.05[a]	7.86 ± 0.90[a]	50.14 ± 5.69[a]

Los valores representan la media ± desviación estándar de tres determinaciones.
Diferentes letras en la misma columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05).
PAN: Película de almidón nativo, PNFC: película de almidón reforzada con nanofibrillas de celulosa.

Microscopía Electrónica de Barrido

Las microfotografías obtenidas a diferentes magnificaciones se presentan en la Figura 2. La película PAN observada a 10x mostró una superficie con orificios y fisuras, lo que se pudo observar con mayor claridad cuando se aumentó la magnificación a la que fue observada (20x) donde se logran apreciar las fisuras y hendiduras. Con respecto a la PNFC se observó una superficie más homogénea tanto a 10x como a 20x esto debido a la mejor compatibilidad entre los componentes y a su tamaño nanométrico.

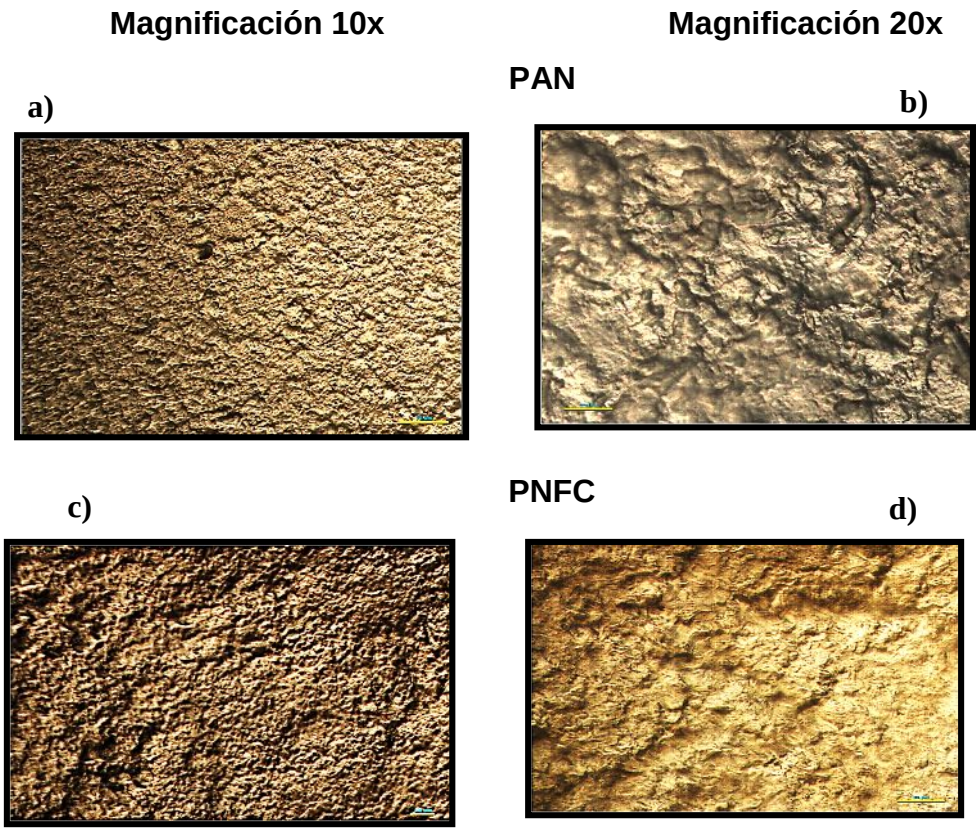


Figura 2. Imágenes de microscopía electrónica de barrido de películas de almidón nativo (PAN) (a, b), y película de almidón reforzada con nanofibrillas de celulosa (PNFC) (c, d) tomadas a diferentes magnificaciones (10x y 20x).

 ISSN 2007-8102

Difracción de rayos X.

Los patrones de difracción de rayos X de las películas elaboradas con diferentes formulaciones pueden observarse en la Figura 3. En estos patrones se observan picos de absorción que representan la cristalinidad del material y una zona amorfa; a mayor cantidad de zona amorfa, la cristalinidad de la muestra es menor.

De acuerdo a Katz [1930], citado por Rindlav-Westling y col. [2002], la estructura cristalina tipo B, es la estructura natural para el almidón secado desde una solución diluida, como es el caso de las soluciones formadoras de película. Mali [2002], observó patrones de difracción tipo B, en películas elaboradas a base de almidón de cará (*Dioscorea alata*), plastificadas con glicerol y agua, en concentraciones de 4.0, 3.65 y 3.30 % p/p para el almidón de cará, y de 2.0, 1.65 y 1.30 % p/p para la concentración de glicerol empleada.

Van Soest y Vliegenthart [1997], reportaron que en las películas de almidón plastificadas con glicerol, la amilosa y la amilopectina recristalizan con una estructura cristalina propia del patrón de rayos X tipo B. El difractograma obtenido mostró que la PNCF presentó picos más intensos en comparación con la PAN, esto debido a una mayor cristalinidad de la misma, como fue observado en las microfotografías obtenidas por microscopia electrónica de barrido.

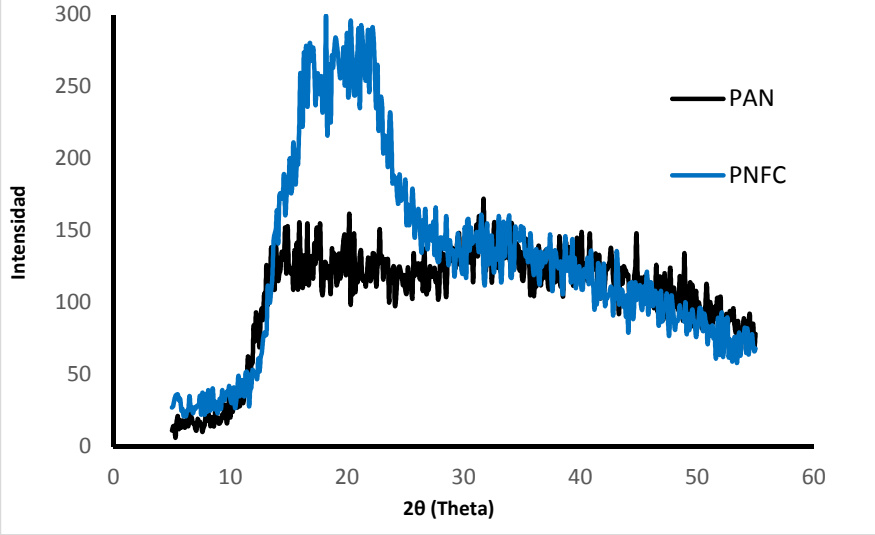


Figura 3. Difracción de rayos X de películas de almidón nativo (PAN) y película de almidón reforzada con nanofibrillas de celulosa (NFC).

Trabajo a futuro

Los proyectos futuros para el desarrollo de este trabajo son la evaluación de las propiedades mecánicas y de barrera de las películas.

Conclusiones

La adición de nanofibrillas de celulosa permitió obtener películas con superficies más homogéneas que podrían permitir mejorar las propiedades de barrera y mecánicas, y que estas puedan ser usadas como sustitutos de películas sintéticas.

Agradecimientos

Se a gradece el apoyo económico del TecNM, a través del financiamiento del proyecto con número de registro 5958.16-P.

Referencias

1. Cao, J-H.; Zhu, B-K.; Ji, G-L. and Xu, Y-Y. (2005). Preparation and characterization of PVDF-HFP microporous flat membranes by supercritical CO2 induced phase separation. J. Membrane Sci. (266) 102-108.
2. Chiumarelli M. and M.D. Hubinger. 2014. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. Food Hydrocolloids 38:20-27.
3. Matsuyama, H.; Yano, H.; Maki, T.; Teramoto, M.; Mishima, K. and Matsuyama, K. (2001). Formation of porous flat membrane by phase separation with supercritical CO_2. *J. Membrane Sci.* (194) 157-165.
4. Mikawa, M.; Seki, N.; Nagaoka, S. and Kawakami, H. (2007). Structure and gas permeability of asymmetric polyimide membranes made by dry-wet phase inversion: influence of alcohol as casting solution, *J. Polym. Sci. B: Polym. Phys.* (45) 2739-2747.
5. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Relationship between substructure resistance and gas separation properties of defect-free integrally skinned asymmetric membranes, *Ind. Eng. Chem. Res*. (30) 1837-1845.
6. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Structures and gas separation properties of asymmetric polysulfone membranes made by dry, wet, and dry/wet phase inversion, *J. Appl. Polym. Sci*. (43) 1491-1502.
7. Reverchon, E. and Cardea, S. (2004). Formation of cellulose acetate membranes using a supercritical fluid assisted process. *J. Membrane Sci*. (240) 187.
8. Reverchon, E. and Cardea, S. (2005). Formation of polysulfone membranes by supercritical CO_2. *J, Supercrit, Fluids*. (35) 140-148.
9. Reverchon, E. and Cardea, S. (2006). PVDF-HFP Membrane formation by supercritical CO_2 processing: elucidation of formation mechanisms. *Ind. Eng. Chem. Res.* 45, 8939-8946.
10. Reverchon, E.; Cardea, S.; Rapuano, C. (2006). Formation of poly-vinyl-alcohol structures by supercritical CO_2. *J. Appl. Polym. Sci*., 104, 3151.
11. Reverchon, E.; Schiavo Rappo, E. and Cardea, S. (2006). Flexible supercritical CO_2-assisted process for poly (methyl methacrylate) structure formation. *Polym. Eng. Sci*. (46) 188-196.
12. Temtem, M.; Casimiro, T. and Aguilar-Ricardo, A. (2006). Solvent power and depressurization rate effects in the formation of polysulfone membranes with CO_2-assisted phase inversion method. *J. Membrane Sci*. (283) 244-257.
13. Tsivintzelis, I.; Pavlidou, E. and Panayiotou, C. (2007). Porous scaffolds prepared by phase inversion using supercritical CO_2 as antisolvent I. Poly (L-lactic acid). *J. Supercrit. Fluids*. (40) 317-326.
14. Xu, Q.; Pang, M.; Peng, Q.; Jiang, Y. and Li, J. (2004). Application of supercritical carbon dioxide in the preparation of effect of biodegradable polylactide membranes. *J. Appl. Polym. Sci*. (94) 2158-2165.

Detección temprana mediante RT-PCR en el híbrido MSXJ de papaya infestadas con PRSV

M. González-Lázaro[1], L. A. Sánchez-Bazán[1], M. C. Pastelín-Solano[1], L. A. Solano-Rodríguez[2] y O. Castañeda-Castro[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prolongación. de Oriente 6, No. 1009, Col Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México
[2]Laboratorio de Biotecnología Agrícola PROGAMEX. Avenida Eugenio Sada1 C. P. 94500, Córdoba, Veracruz, México
**odcastaneda@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El híbrido MSXJ de papaya presenta características sobresalientes, como rendimiento alto, color, olor y sabor dulce y tolerancia al virus de la mancha anular de la papaya (PRSV). Es necesario un método eficiente para el diagnóstico temprano del PRSV. El objetivo del trabajo fue diagnosticar la presencia del virus PRSV en diferentes etapas fenológicas de la planta en etapa de producción y vitroplantas de semillas germinadas *in vitro*, mismas que fueron diagnosticadas mediante la transcripción reversa y reacción en la cadena de la polimerasa (RT-PCR). Se analizaron ocho muestras procedentes de las plantas cultivadas *in vivo* de las cuales se comprobó que el 87.5 % de estas resultó positiva para PRSV, mientras que el 100 % de las vitroplantas no lo presentaron. Existe una vulnerabilidad de las plantaciones de papaya debido a la alta incidencia de PRSV, mientras que las provenientes de semillas germinadas en condiciones *in vitro* son negativas.

***Palabras clave**: Carica papaya, Virus dela mancha Anular de la Paya, Reacción en cadena de la Polimerasa.*

Abstract

The MSXJ hybrid of papaya has outstanding characteristics, such as high yield, color, sweet smell and taste and tolerance to the papaya ring spot virus (PRSV). An efficient method is necessary for the early diagnosis of PRSV. The objective of the work was to diagnose the presence of the PRSV virus in different phenological stages of the plant in the production stage and vitroplants of seeds germinated in vitro, which were diagnosed by reverse transcription and polymerase chain reaction (RT-PCR). Eight samples from plants grown in vivo were analyzed, of which 87.5 % were found to be positive for PRSV, while 100 % of vitroplants did not. There is a vulnerability of papaya plantations due to the high incidence of PRSV, while those from seeds germinated under in vitro conditions are negative.

***Key words**: Carica papaya, papaya ring spot virus, polymerase chain reaction.*

Introducción

México es el líder mundial productor y exportador de papaya (*Carica papaya* L.). Las principales plantaciones se encuentran en el estado de Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Tabasco y Yucatán [Evans y col. 2012]. El cultivo de papaya es afectado por enfermedades causadas por patógenos y virus diversos. Actualmente, la enfermedad más destructiva en el mundo es la mancha anular de la papaya, causada por el virus de la mancha anular tipo P [Jayavalli y col. 2015].

El virus de la mancha anular de la papaya o PRSV ocasiona pérdidas relacionadas directamente con la etapa productiva y edad de la plantación, debido a la velocidad de dispersión al momento de la infección por el virus, que se asocia con la presencia de los vectores. Durante la etapa inicial de la infección las plantaciones de papaya se ven afectadas. Provocando pérdidas en los rendimientos en campo que van del 50 al 80 % y con

respecto a la poscosecha, las pérdidas pueden afectar al 40 % de los frutos [Rodríguez y col. 2016; Cabrera-Mederos y col. 2011].

Esta enfermedad es transmitida de manera no persistente por áfidos y por métodos mecánicos, durante el manejo agronómico; por lo que hacen falta genotipos de *Carica papaya* tolerantes o resistentes [Ming y Moore, 2014]. El uso de variedades tolerantes o resitentes, o ambas, son una alternativa prometedora en el manejo efectivo de las plagas y enfermedades, en las que se pretenden rendimientos más altos en campo [Rodríguez y col. 2013].

El híbrido MSXJ puede tolerar temperaturas que superan los 35 °C durante la etapa floración, obteniendo frutos con características de mercado deseables, es decir, 1.5 kg en promedio de pulpa firme y con coloración roja, índices bajos de frutos carpeloides y aborto del fruto [Mirafuentes y Santamaría-Basurto, 2014].

La implementación de herramientas simples, sensibles, específicas y confiables, para la detección temparana es fundamental y necesaria, ante ello, las técnicas de la RT-PCR y PCR se utilizan en la detección del PRSV [Usharani y col. 2013].

El manejo de las enfermedades virales en los cultivos es desafiante; además los métodos convencionales son limitados, es por ello que el diagnóstico temprano y certero de las enfermedades virales en plantas y en vectores tiene una función crítica [Muske y col. 2014].

El presente trabajo tuvo como objetivo diagnosticar la presencia del virus PRSV en diferentes etapas fenológicas de la plantas del híbrido MSXJ.

Metodología

Materiales

Se utilizaron plantas hermafroditas del híbrido MSXJ de papaya, en etapa de fructificación con ocho meses de edad las cuales fueron recolectadas en el campo experimental “La tinaja”, Cotaxtla, Veracruz, México.

Por otro lado, se utilizaron vitroplantas, las cuales fueron obtenidas mediante la germinación *in vitro* de semillas de frutos con 30 días de poscosecha de plantas del híbrido MSXJ positivas para PRSV.

Extracción de RNA

Para realizar la extracción de DNA se utilizaron 100 mg del material vegetal de las plantas de ambas condiciones tanto de campo, como de las vitroplantas obtenidas por la germinación de semillas *in vitro*.

La extracción del RNA total se efectuó utilizando el protocolo establecido por TRIsure™ (Bioline, London, UK). El análisis del rendimiento y calidad de RNA se realizó en un espectrofotómetro EPOCH (Bio Tek Instruments,Inc.) los datos obtenidos se analizaron utilizando el software GEN5.

Retrotranscripción (RT)

La retrotranscripción se realizó siguiendo la metodología descrita por Tuo y col. [2014], se incubó 3 µL de RNA total a 65 °C por cinco min en el termociclador (Apollo ATC 201, NYXTECHNIK), la extensión fue de dos minutos a -7 °C. La mezcla de reacción fue con un volumen de 2 µL buffer M-MLV (5X) (Bioline), 5mM dNTP’s (Bioline), 5 U RNAsin® (PROMEGA, Madison, WI, USA), 100 U M-MLV(Bioline), 20 µM de primer PRSV-613R (Tabla 1). La incubación se realizó durante una hora a 42 y 94 °C por dos minutos en el termociclador.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Primers utilizados para la detección del virus PRSV en plantas de papaya.

Virus	Primer	Secuencia (5´ a 3´)	Tamaño	Gen objetivo	Ubicación (nt)[b]
PRSV	PRSV613-F	TTGTGTACGACT TCTCACCGAA	613	P3	3693-3714
PRSV	PRSV613-R	CGAATGTCATC CAAAGACTGAT GATAAAC	613	P3	4277-4305

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

La reacción se llevó a cabo en un volumen final de 25 µL que conteniendo la molécula molde de cDNA, 5 µL Buffer de PCR 5X (Bioline), 2 µL de $MgCl_2$ (25 mM), 5 mM dNTP's y 20 µM de Primer PRSV-613F y PRSV-613R, 5 unidades de enzima Go-Taq ADN polimerasa (Bioline).

Los productos de PCR se amplificaron usando un termociclador (Apollo ATC 201, NYXTECHNIK) bajo el siguiente programa: un ciclo a 94 °C por 3 min; seguido de 35 ciclos con 94 °C durante 30 s; un alineamiento a 58 °C durante 30 s; 72 °C durante 60 s y una extensión final a 72 °C durante 5 min.

Electroforesis

Los productos amplificados por PCR fueron visualizados en geles de agarosa al 2 % (p/v) con buffer TAE 1X con 64 V durante 5 minutos y posteriormente 105 V por 30 min usando una fuente de poder (Power Pac™ Basic, Bio-Rad). Se tiñeron con bromuro de etidio (10 mg L^{-1}). Se usó un marcador de peso molecular Ladder 100 bp (AXYGEN, Fischer Scientific SL, Madrid, Esp.). Los resultados se observaron en un transiluminador UV DyNA Light (Labnet International, Edison, NJ, USA).

Resultados y discusión

La concentración de RNA total de las plantas del híbrido MSXJ muestra que las cantidades de este ácido nucleico extraído, así como la calidad del mismo, son las adecuadas para continuar la transcripción reversa (RT) y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Estos productos son similares a los cuantificados por Díaz-Alonso y col. [2013] que abarcaron valores entre 444.4 a 2515.5 ng/µL y una razón de pureza del 401.111 y 2.091 del RNA. La cantidad de RNA es importante debido a la degradación que puede existir por ribonucleasas, luz y temperatura.

Retro-transcripción y reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR)

Fue posible realizar la retro-transcripción con la técnica propuesta, permitiendo así la amplificación del fragmento esperado del gen P3. Las muestras que presentaron amplificación de bandas en un peso de 613 pb correspondieron a plantas del híbrido MSXJ de papaya portadoras del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV). En las vitroplantas germinadas no existió la presencia del PRSV. Esto es debido a que no se presentó coloración de bandas en las muestras examinadas en el gel de agarosa al 2 % después de la electroforesis (Figura 1).

 ISSN 2007-8102

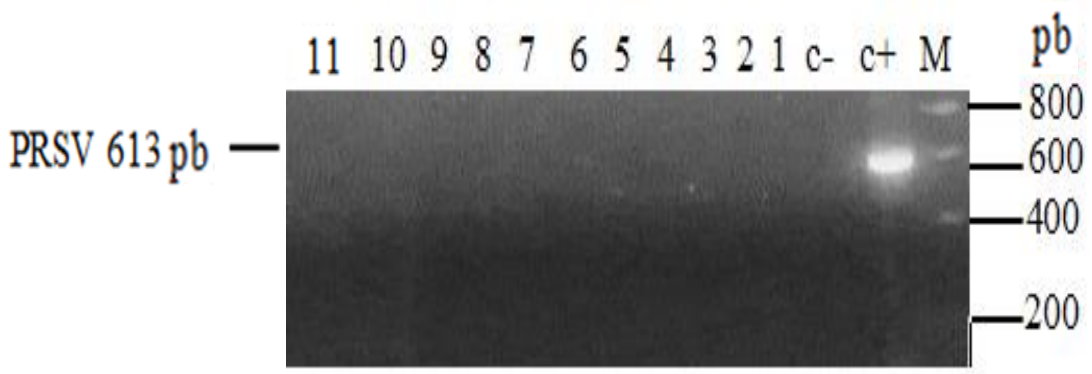


Figura 1. Electroforesis en gel de agarosa al 2 % de vitroplantas del híbrido MSXJ analizadas por RT-PCR. Muestras del híbrido: 1 a 12; c-: control negativo; c+: control positivo (PRSV 613 pb) y M: Marcador de peso molecular HyperLadder 1kb.

En el presente estudio se amplificó una región del gen P3 del PRSV, dicho gen es ampliamente empleado para la determinación de la presencia del virus, mismo que fue empleado por Hamim y col. [2018], aunque es posible emplear otros genes para la determinación del PRSV como es el de la proteína de la cápside la cual fue utilizada por Shankar Hemanta Gogoi y col. [2019], obteniendo un fragmento que fue secuenciado para hacer un análisis filogenético.

Los resultados sobre la nula incidencia de PRSV en las vitroplantas a partir de semillas del híbrido MSXJ son similares a los reportados por Bayot y col. [1990] en donde analizaron semillas germinadas de plantas de *Carica papaya* que mostraban síntomas de PRSV y en el cual se presentó apenas el 0.15 % de infección.

Las plantas del híbrido MSXJ provenientes de campo fueron positivas para PRSV, ya que el 87.7 % de las bandas presentaron coloración (Figura 2).

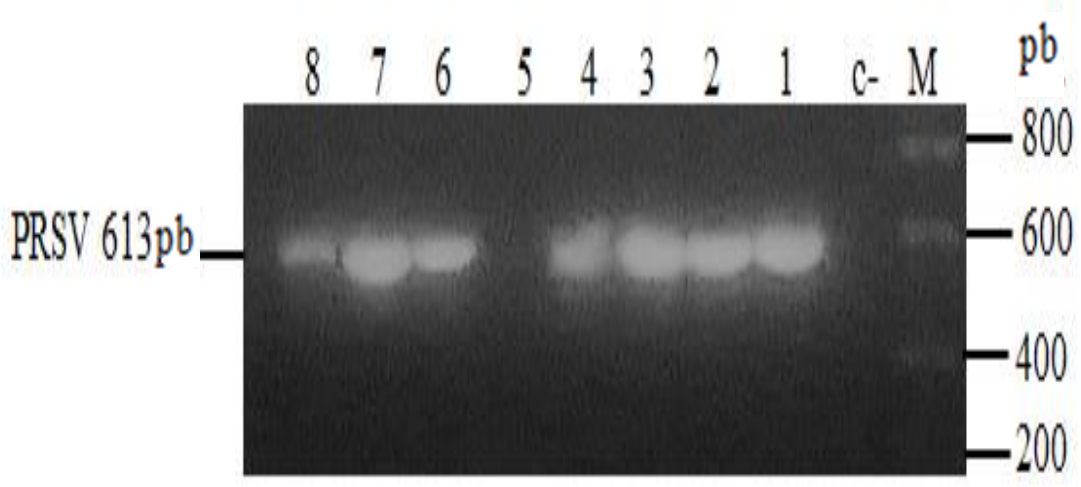


Figura 2. Gel de agarosa al 2 % del híbrido MSXJ de papaya colectada en campo. Muestras del híbrido 1 a 8; c-: control negativo, M: Marcador de peso molecular HyperLadder 1kb.

Las plantas MSXJ provenientes de campo revelaron la presencia de PRSV con un índice del 87.7 % de infección. De la misma manera Cabrera-Mederos y col. [2011] detectaron una incidencia del 93.40 % en plantas de papaya Maradol establecidas en campo provenientes de cultivares de Cuba.

Los resultados revelan que existe una mayor incidencia del virus PRSV en plantas adultas que han estado en condiciones de campo, en donde posiblemente el manejo agronómico no ha sido el adecuado para evitar la diseminación del virus. Se ha logrado disminuir hasta un 27 % el PRSV mediante el uso de cultivos intercalados de maíz como barreras naturales [Cabrera-Mederos y col. 2013]. Sin embargo, estos métodos presentan inconvenientes tanto de mantenimiento como de restricción en la extensión de hectáreas productoras.

En otros estudios, la utilización de malla antiáfidos manifestó una reducción en el 30 % de la plantación protegida de papaya Maradol, siendo una alternativa temporal para evitar la diseminación del PRSV por vectores [Cabrera-Mederos y col. 2011]. Así mismo, Bermudez y col. [2017] obtuvieron porcentajes de infección similares (40-90 %) en las muestras de papaya recolectadas en tres campos de producción diferentes ubicados en Colima; de este modo Tuo y col. [2014] lograron detectar la presencia de PRSV en el 54.5 % de las plantas de papaya establecidas en Hainan, China en donde se ha hecho evidente la problemática ocasionada por este virus.

A pesar de la baja incidencia de PRSV presentada en las vitroplantas generadas por vía sexual, demostrando así, la baja eficacia de la transmisión del virus de la mancha anular vía embriogénica, la propagación de *C. papaya* por este método no se considera conveniente especialmente para el caso de los híbridos ya que de acuerdo con Santamaría-Basurto y col. [2015] éste promueve la segregación genética entre las plantas resultantes, por lo que la descendencia no tendrá las mismas características a las plantas madre; siendo necesarias otro tipo de multiplicación de esta especie

Conclusiones

Existe una alta incidencia de PRSV en las plantas cultivadas en campo, mientras que las provenientes de semillas germinadas bajo condiciones *in vitro* fueron negativas. La transmisión por la vía embriogénica es baja.

Agradecimientos

Al CONACYT por el apoyo con la beca de Maestría en Ciencias en Procesos Biológicos.

Referencias

1. Bayot, R.; Villegas, G. N.; Magdalita, V. M.; Jovellana, P. D.; Espino, M. M.; and Exconde, S. B. 1990. Seed transmissibility of papaya ringspot virus. PHILIPP J CROP SCI. 15(2): 107-111.
2. Bermúdez, G. M.; Guzmán-González, S.; Lara-Reyna, J.; Palmeros-Suárez, P.; López-Muraira, G. I.; y Gómez-Leyva, J. 2017. Presencia de Papaya Ringspot Virus (PRSV) en arvenses asociadas a *Carica papaya* en Colima, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 35(1): 1-15.
3. Cabrera-Mederos, D.; García, H. D.; Maximiliano, W.; Caballero-Álvarez, M. W.; García, M. P. L.; y Portal V. O. 2011. Manejo de la mancha anular de la papaya mediante el uso de malla antiáfidos en viveros de *Carica papaya* L. var. maradol roja. Fitosanidad. 15(4): 241-244.
4. Evans, E. A.; and Ballen, F. H. 2012. An overview of global papaya production, trade, and consumption. FE913, series of the Food and Resource Economics Department. 6.
5. Hamim, I.; Borth, W.; Melzer, M. J.; Hu J. 2018. Ultra-sensitive detection of papaya ringspot virus using single-tube nested PCR. Acta Virologica 62(4): 379-385. Doi:10.4149/av_2018_405.
5. Jayavalli, R.; Balamohan, T. N.; Manivannan, N., Rabindran, R., Paramaguru, P. and Robin, R. 2015. Transmission of resistance to papaya ringspot virus (PRSV) inintergeneric populations of *Carica papaya* and *Vasconcellea cauliflora*. Sci Hortic. 187(2011): 10–14. https://doi:10.1016/j.scienta.2011.09.004
6. Kumar P., K., A. Bhattacharya, M. Chatterjee and O. Dutta P. 2014. Genetics and genomics of papaya. Plant genetics and genomics. Crops and models. In: Ming R, Moore P. H (eds). Springer science, New York. pp: 414 https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8087-7

7. Mirafuentes, F.; y Santamaría-Basulto, F. 2014. MSXJ, híbrido de papaya sin carpeloidía para el sureste de México. Remexca. 5(7): 1297-1301.
8. Muske, N. D.; Peter, A.; Swetha.; Phadnis, S.; Jingade, P.; and Kumar, K. S. 2014. Molecular and serological detection of papaya ringsppot virus infecting papaya (*Carica papaya*). J.Pl.Dis.Sci. 9(1): 8-15.
9. Rodríguez, D.; Alonso, M.; Tornet, L.; Valero, E.; Lorenzetti, R.; y Pérez, R. 2013. Evaluación de accesiones cubanas de papaya (*Carica papaya* L.) ante la mancha anular. Summa Phytopathol. 39(1): 24-27.
10. Rodríguez, I., Bermúdez M. D.; Delgado, F. J.; y Guzmán, S. 2016. Detección del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV) en malezas asociadas a cultivos de papaya (*Carica papaya*) en el Estado de Colima. XIV Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología molecular. 6 de Marzo. Veracruz, México.
11. Shankar Hemanta Gogoi,; Nath, P.D.; Thakuria, N.; Gogoi, S.; Das, B.; Deka N.; Raj, K. 2019. Molecular Detection and Characterization of Papaya Ring Spot Virus (PRSV) Disease in Jorhat District of Assam, India.Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci. 8(2): 1564-1571. doi: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.183.
11.Tuo, D., Shen, W.; Yang, Y.; Yan, P.; Li, X.; and Zhou, P. 2014. Development and Validation of a Multiplex Reverse Transcription PCR Assay for Simultaneous Detection of Three Papaya Viruses. Viruses 6(10): 3893-3906. Doi: 10.3390/v6103893.
12. Usharani, T. R.; Laxmi, V.; Jalali, S.; and Krishnareddy, M. 2013. Duplex PCR to detect both Papaya ring spot virus and Papaya leaf curl virus simultaneously from naturally infected papaya (*Carica papaya* L.). Indian J. Biotechnol. 12(2): 269-272.

Micropropagación de *Agave wendtti* Cházaro (1995) (Agavaceae), una especie endémica del Uxpanapa, Veracruz, México

J.A. García-Pérez[1], M. Cházaro-Bazañez[1] R.V. Ortega-Ortiz[1], T. F. Carmona-Valdovinos[1], B.L. Náder-García[1]*
[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P.91090, Xalapa, Veracruz, México
[*]bnader@uv.mx, tavlya@yahoo.com
Área de Participación: Ingeniería Química

Resumen
Este estudio tuvo como objetivo el desarrollo de un protocolo de micropropagación *in vitro* de una especie de *Agave* endémico para México, *Agave wendtii*. Se realizaron experimentos para: 1) determinar condiciones óptimas para la germinación de semillas; 2) determinar condiciones óptimas de reguladores de crecimiento (RC) y luz para la organogénesis (formación de callos, brotes y raíz), y 3) determinar un sustrato adecuado para el desarrollo de plántulas en invernadero. El medio sólido MS, expuesto a condiciones de luz constante, presentó una germinación del 100% y, sus correspondientes plántulas, fueron las únicas que desarrollaron rizoides blancos y gruesos. La proporción de brotes más alta (3.1 brotes por explante) se obtuvo a una concentración de 1.5 mg/L de 2.4-D más 0.5 de BAP, y solamente los brotes individualizados produjeron raíz después de haber retirado cualquier regulador. El mejor sustrato para la aclimatación de plántulas fue el de lombricomposta más arena. Se concluye que la técnica desarrollada en esta investigación puede usarse para la producción masiva de *A. wendtii* con fines de conservación.

Palabras clave: *Micropropagación, brote callogénico, embriogénesis somática, organogénesis*

Abstract
This study addresses the development of an in vitro micro propagation protocol for a species of Agave endemic to Mexico, Agave wendtii. Experiments were realized for: 1) determination of optimal conditions of culture media for seed germination, 2) determination of optimal regulators and light conditions for organogenesis (formation of shoots, callus and roots), and 3) determination of a suitable substrate for the development of greenhouse seedlings. The highest germination percentage (100%) was recorded at solid MS medium exposed to constant light conditions, and their corresponding seedlings were the only one which developed white and thick rhizoids. The highest shoot and callus proportion was obtained to a concentration 1.5 mg/L of 2, 4-D plus 0.5 de BAP. Only the individualized shoots laid roots after having omitted any regulator. The best substrate for seedlings acclimation was the vermicompost plus sand. It was concluded that the mass production of A. wendtii can be carried out with the protocol developed in this study.

Key words*: Micropropagation, callogenic shoots, somatic embryogenesis, organogenesis*

Introducción
Debido a su reciente descubrimiento en 1983 en el valle del Uxpanapa, *Agave wendtii* no está registrada como una especie amenazada en la norma oficial [NOM-059-SEMARNAT-2010]. Sin embargo, esta es una especie difícil de hallar en su hábitat natural y no se tienen registros de distribución en otras regiones, por lo que puede considerarse como una especie micro endémica y amenazada. Tampoco se conocen estudios sobre su biología o ecología y, desde que se colectó por primera vez, las semillas tuvieron que esperar hasta ocho años para su floración, y un año más para su fructificación, lo que podría explicar lo escaso de sus poblaciones. A pesar de que los Agaves en general producen cientos de semillas, la disponibilidad de humedad en campo puede limitar su germinación y sobrevivencia durante el primer año y, de hecho, solo

alrededor de 1% de los agaves se propaga por semilla y el 99% por brotes y bulbillos. Además, sus pequeñas tasas de desarrollo, hacen que a una plántula le tome entre 10 a 30 años alcanzar se etapa adulta [Nobel, 1998], y esto, junto con la sobreexplotación de poblaciones silvestres, son factores limitantes para su viabilidad ecológica. Debido a esto, y al alto potencial comercial-ornamental de *A. wendtii*, el desarrollo de un protocolo para su micropropagación *in vitro* podría auxiliar a superar estas restricciones con fines de repoblación de hábitats o para cultivos artificiales [Araya y col. 2000; Ramírez Tobías y col. 2012]. El cultivo *in vitro*, se define como un conjunto de técnicas para el establecimiento, mantenimiento y desarrollo de cualquier parte de una planta (ex plantes), desde una célula hasta un organismo completo, bajo condiciones axenicas artificiales y controladas en un medio nutritivo conteniendo vitaminas y reguladores de crecimiento (RC) tales como auxinas y citocianinas [Santacruz-Rubalcaba y col. 1999; Valenzuela-Sánchez y col. 2006; Domínguez Rosales 2008; Garnica y Pérez, 2010]. A partir de segmentos caulinares y foliares, bulbos, semillas, callos, meristemos, yemas y embriones cigóticos [Martínez y Pacheco, 2006], podrían producirse miles de plantas genéticamente similares [Abreu y col. 2007], y para ello, se han desarrollado medios de cultivo apropiados [Gamborg, 1968; Domínguez-Rosales y col. 2008; Santos-Valencia, 2009; Santacruz-Ruvalcaba y col. 1999]. También, se conocen los requerimientos de luz para la germinación de semillas [Araya y col. 2000] y de sustratos adecuados para la aclimatación de plántulas de algunas especies [Santos-Valencia, 2009]. En este estudio se desarrolló un protocolo eficiente para la propagación *in vitro* de *A. wendtii* mediante una secuencia de ensayos experimentales para optimizar su germinación, organogénesis y aclimatación de plántulas.

Materiales y Métodos

Obtención de semillas

Las semillas para el estudio, se donaron por el Dr. Miguel Cházaro Bazañes de la Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, México. Se utilizaron dos frutos de una planta creciendo en el Museum of Huntington en 2011 obteniéndose 60 semillas que fueron envueltas en papel de estraza y guardadas a temperatura de 26 ± 2 °C.

Desinfestación de semillas

Las semillas se lavaron con agua corriente y jabón, luego se trataron con fungicida (Funlate ®) 3g/L por 2h, y se incluyeron en una solución de cloro (Cloralex®) al 25%, más tres gotas de Bactrin, H24®, y una gota de polisobato 20 (Tween 20®) durante 20 min, todo esto en agitación constante. Al final, se realizaron cuatro lavados con agua esterilizada por 4 min cada uno.

Experimentos

Se realizaron una serie de experimentos secuenciales de un solo factor completamente aleatorizados (Tabla 1) para la optimización de una técnica de cultivo *in vitro* de *A. wendtii*.

Tabla 1. Experimentos efectuados para la optimización de una técnica de cultivo *in vitro* de *A. wentii*

Experimento	Medio de cultivo		Tratamientos	Unidad experimental	Réplicas
Germinación semillas (15 días)	Medio sólido	MS	Luz (MSSL)/oscuridad (MSSO)	1 semilla por frasco o tubo de ensayo	15/15
Germinación semillas (15 días)	Medio líquido	MS	Luz (MSLL)/oscuridad (MSLO)	1 semilla por frasco o tubo de ensayo	15/15
Inducción de callo meristemático	Medio líquido	MS	0.5, 1.0 y 1.5 mg/L de 2,4-D + 0.5 mg/L BAP, y el tratamiento control	Tres ex plantes de hojas de vitro-plantas (1 cm x 1 cm)	10
Obtención de	Medio	MS	0.5, 1.0 y 1.5 mg/L	Tres brotes	10

brotes a partir de callo	líquido		de 2,4-D + 0.5 mg/L BAP, y el tratamiento control		
Enraizamiento	Medio líquido	MS	0.5mg/L, 1.0mg/L y 1.5mg/L de IBA + 0.5 mg/L de 6-bencilaminopurina y el tratamiento control	Un brote	10
Aclimatación, duración = 60 días			1) 30% lombricomposta + 70% arena; 2) 30% lombricomposta + 70% grava; y 3) 30% lombricomposta + 70% tepezil.	Una vitro-planta con 5 hojas y 5 o más cm de longitud y con raíz	8

Las semillas germinadas *in vitro*, se sub-cultivaron para evitar pérdida por agotamiento del medio de cultivo, espacio, o fenolización. El porcentaje de semillas germinadas, se estimó según Arriaga y col. [1994] y la emergencia de la radícula fue tomada como criterio de germinación. El crecimiento se cuantificó mediante mediciones diarias de la altura de la plántula en centímetros (cm), durante 35 días. Las plántulas *in vitro* que no generaron raíz fueron sub-cultivadas en medio MS adicionado con 0.5 mg/L de BAP y 0.5 mg/L de IBA. Las condiciones de los experimentos de inducción de callo y obtención de brotes fueron: luz constante (24h) con lámparas fluorescente de 2000 lux, humedad relativa de 80–90% y temperatura de 26 ± 2°C. Los brotes obtenidos se individualizaron en medio fresco con las mismas concentraciones de 2, 4-D y de BAP. Cuando las vitroplantas no desarrollaron raíces, se sometieron a la acción combinada de IBA y BAP a diferentes concentraciones (0.5 mg/L, 1.0 mg/L y 1.5 mg/L más 0.5 mg/L, respectivamente). En cuanto a las vitro plántulas que generaron raíz, estas se lavaron con agua des ionizada estéril, e incluidas en solución bactericida (tres gotas por 50 mL de Bactrin, H24®) y solución fungicida (Funlate 3g/L) por 10 min. Todos los sustratos se esterilizaron en autoclave y las plantas se sembraron en bolsas de polietileno de 10 x 15 cm (60 g de sustrato). Cada tercer día, durante 60 días, se hicieron tres irrigaciones con medio MS ½ líquido (libre de vitaminas y sacarosa) para forzar a la plántula a generar sus nutrientes. Posteriormente se realizaron tres irrigaciones adicionales cada seis días con medio MS 1/4. Una semana después de la última irrigación, las bolsas protectoras se perforaron para permitir el flujo moderado de aire y dos semanas más tarde, éstas, se removieron y la irrigación se continuó con agua corriente.

Análisis de datos

La comparación del porcentaje total de semillas germinadas entre tratamientos se hizo mediante un modelo lineal generalizado (GLM) con errores binomiales [Crawley, 2007]. El efecto en el número de brotes se analizó con el estadístico Chi-cuadrada [Zar, 1999] y un modelo Lineal Generalizado (GLM) con errores Poisson [Crawley, 2007] se utilizó para analizar el efecto de los sustratos en el número de hojas en el experimento de aclimatación. Los análisis se efectuaron con el software Statistica [Starsoft, 2012] y en el paquete R.

Resultados y discusión

La técnica de des infestación de semillas de *A. wendtii* fue satisfactoria, y no hubo contaminación de semillas durante el proceso de germinación como fue mostrado por Garnica y Pérez [2010] para el cultivo *in vitro* de cactáceas y agaváceas. La Figura 1 muestra que el tratamiento con medio MS basal expuesto a luz (MSSL) mostró la mayor proporción de germinación (100%) y fue diferente con respecto a los tratamientos en medio líquido-luz/oscuridad ($P<0.05$).

 ISSN 2007-8102

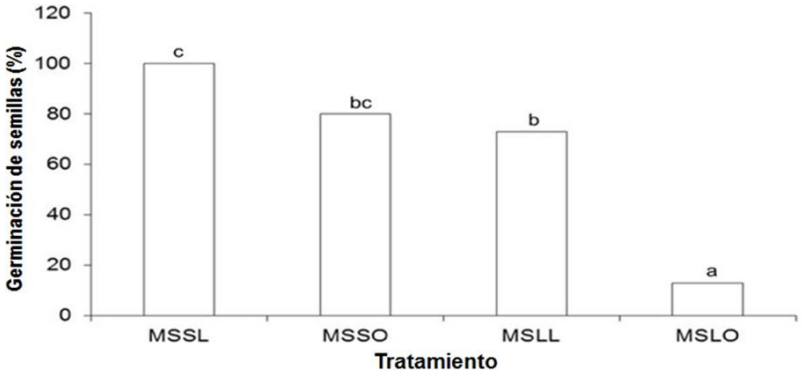


Figura 1: Porcentaje de germinación de semillas de *Agave wedntii* en cuatro tratamientos. Diferentes literales indican diferencias estadísticas significativas, P<0.05.

Esto representa una mejora en la eficiencia de la germinación comparada con el 88% obtenida para *Agave warelliana* Gamborg [Santos Valencia, 2009], lo cual señala la especificidad de los requerimientos para las especies.

Las semillas en medio MSSL, fueron vigorosas y de color verde brillante, con rizoides delgados y blancos, mientras que las semillas en medio MSSO se tornaron flácidas, amarillentas y con rizoides delgados. Sin embargo, la altura promedio alcanzada durante los 30 días de monitoreo fue estadísticamente similar en ambos tratamientos (Figura 2).

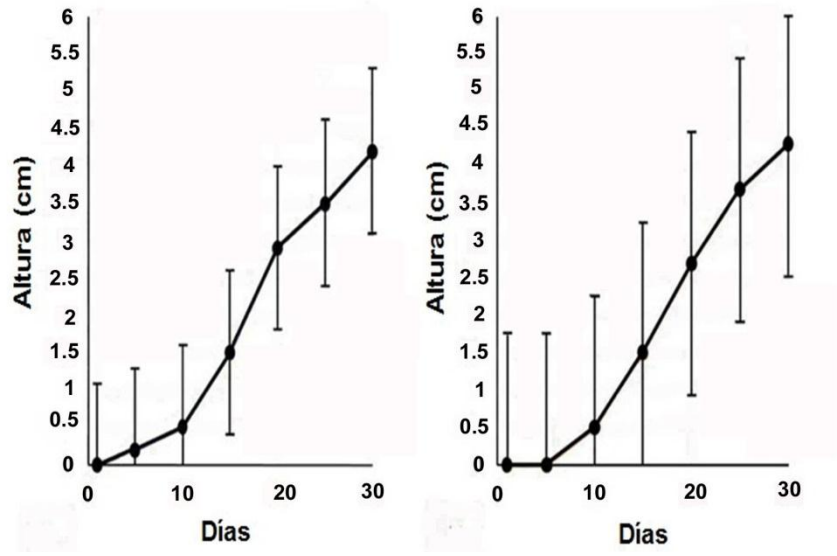


Figura 2: Crecimiento de *Agave wendtii* en condiciones de luz y oscuridad. Los valores son media ± error estándar.

Las plántulas germinadas en medio MSLL fueron vigorosas y de color verde intenso pero no generaron raíz, mientras que solo dos semillas en medio MSLO germinaron aunque sus plántulas no crecieron después de la emergencia de la radícula. En cuanto a los brotes, la concentración a 1.5 mg/L de 2,4-D produjo el doble y el cuádruple que el resto de los tratamientos (Figura 3), tal que a los 60 días se registraron 93 brotes con un promedio de 3.1 brotes para ex plante.

 ISSN 2007-8102

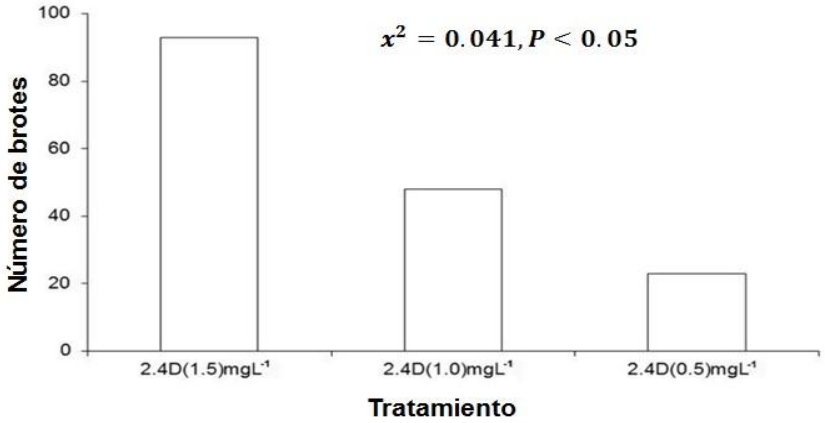


Figura 3: Efecto de la concentración de 2,4-D en el número de brotes de *Agave wendtii*. La prueba de chi-cuadrada indicó una proporción de brotes de 2:1:05 de izquierda a derecha (P<0.05).

Los brotes individualizados produjeron plántulas con 4-5 hojas sanas, pero sin raíz. Valenzuela y col. [2006] también lograron la organogénesis de *Agave tequiliana*, pero esta requirió de la combinación de NAA y 2,4-D. La combinación de IBA y BAP pareció haber inhibido el desarrollo de la raíz, sin embargo, los controles en medio MS sin RC, produjeron el 60% de plántulas enraizadas a los tres meses. Esto coincide con lo reportado por Santacruz-Ruvalcaba y col. [1999] para *A*. *parrasana* y con López-Isabel [2017] para *A*. *tittanota*, pero no para *A*. *angustifolia* donde se requirió de 1.0 mg/L de IBA para el enraizamiento [Enríquez del Valle y col. 2005], evidenciando de nuevo la especificidad de requerimientos.

Finalmente, el modelo GLM predijo adecuadamente el número promedio de hojas en el experimento de aclimatación, tal que la combinación lombricomposta más arena fue el mejor tratamiento (Figura 4). Este resultado es comparable al éxito relativo obtenido con *Agave difformis*, *A. obscura* y *A. potatorum* [Domínguez Rosales y col. 2018] donde se probó como sustrato 30% lombricomposta y 70% de arena.

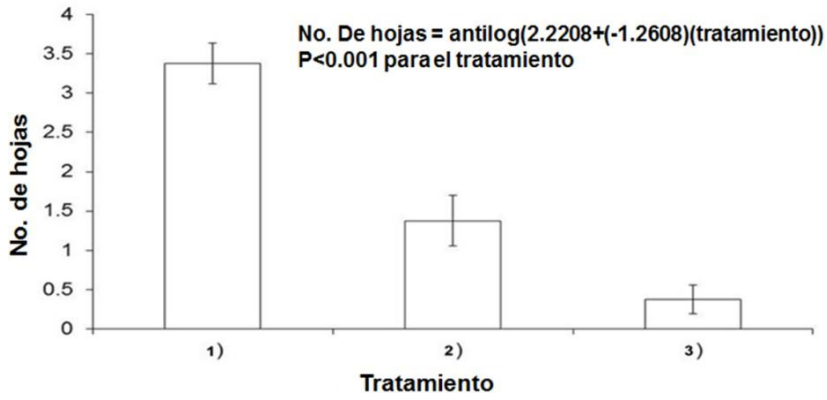


Figura 4: Efecto de tres sustratos (1) lombricomposta + arena, (2) lombricomposta + grava, (3) lombricomposta + tepezil sobre el número de hojas de *Agave wendtii.* Los valores son media ± error estándar

Conclusiones

El protocolo de des infestación de semillas fue exitoso ya que no se presentó contaminación alguna durante el proceso. Asimismo, se obtuvo un 100% de germinación en el medio MS basal expuesto a la luz constante. La combinación de 1.5 mg/L de 2,4-D más BAP promovió una mejor formación de callo y un mayor número de brotes (3.1 brotes por ex plante), mientras que el enraizamiento solo requirió de medio MS basal. Finalmente, para la aclimatación de plántulas, la combinación de lombricomposta más arena (3:7) fue el mejor tratamiento, sin embargo, se propone realizar ensayos adicionales en el que se varíe la proporción de arena para incrementar el éxito.

Referencias Bibliográficas

1. Abreu, E., González, G., Ortiz, R., Rodríguez, P., Domech, R. y Garriga, M. (2007). Aclimatación de plantas de henequén micropropagadas (*Agave fourcroydes* Lem.). Estudio de diferentes condiciones en la etapa de vivero. *Información Técnica Económica Agraria* 103 (2): 101-106.
2. Araya, E., Gómez, L., Hidalgo, N. y Valverde, R. (2000) Efecto de la luz y del ácido giberélico sobre la germinación *in vitro* de jaul (*Alnus acuminata*). *Agronomía Costarricense* 24(1): 75-80.
3. Arriaga, M., Cervantes, V. y Vargas, A. (1994) Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. 1ª edición. Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL, UNAM. México, D.F. 179 p.
4. Crawley, J. Michael. (2007) The R book. John Wiley & Sons, Ltd. 611 p.
5. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial. (30 de diciembre de 2010). México, D. F.
6. Domínguez-Rosales M., González-Jiménez, M., Rosales-Gómez, C., Quiñones-Valle, C., Delgadillo-Díaz de León, S., Mireles-Ordaz, S., Molphe-Bach, E. (2018) El cultivo *in vitro* como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 41: 53-62.
7. Enriquez del Valle, J., Carrillo-Castañeda, G. y Rodriguez-de la O, J. (2005). Sales inorgánicas y ácido indolbutírico en el enraizamiento *in vitro* de brotes de *Agave angustifolia. Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 175-178.
8. Gamborg O., Miller R., Ojima K. (1968) Nutrient requirement of suspensions cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research*. 50: 151-158.
9. García-Herrera E., Méndez-Gallegos S., Talavera-Magaña D. (2009) El género *Agave* spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, Edición Especial 5: 20-10.
10. Garnica, R. y Pérez, E. (2010) Cultivo y propagación *in vitro* de cactáceas, agaváceas, noliáceas y especies forestales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 58: 12-20.
11. López-Isabel, B. (2017) Multiplicación *in vitro* y aclimatación de *Agave titanota* Gentry, especie sujeta a protección especial. Tesis de maestría en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Xalapa, México. 73 pp
12. Martínez, A., Pacheco, C. (2006) Protocolo para la micropropagación de *Furcraea macrophylla* Baker. *Agronomía Colombiana* 24 (2): 207-213.
13. Murashige, T and Skoog, F. (1962) A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiology* 15 (3): 473-497.
14. Nobel, P. S. (1998) Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge: Cambridge University Press.
15. Ramírez-Tobías, H. M., Niño-Vázquez, R., Aguirre-Rivera, J. R., Flores, J., De Nova-Vázquez, J. A. y Gálvez, R. J. (2012). Seed viability and effect of temperature on

germination of *Agave angustifolia* subsp. tequilana and *A. mapisaga*; two useful *Agave* species. *Genetic Resources and Crop Evolution* 63 (5): 881-888.

16. Santacruz-Ruvalcaba, F., Gutiérrez-Pulido, H. and Rodríguez-Garay, B. (1999) Efficient *in vitro* propagation of *Agave parrasana* Berger. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 56 (3): 163-167.
17. Santos-Valencia, J. C. (2009) Micropropagación de *Agave warelliana* (Baker, 1877). Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Veracruzana, México.
18. Schenk, R. and Hildebrandt, A. (1972) Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous. *Canadian Journal of Botany* 50: 199-204.
19. Starsoft, Inc., (2012) Electronic Statistics Textbook. Statsoft, Tulsa, ok, (http://www.statsoft.com/textbook/) (Printed version): Hill, T. & Lewicki, P. (2007). Ststistics: Methods and Applications. Statsoft, Tulsa, ok.
20. Valenzuela-Sánchez, K. K., Juárez-Hernández, R. E., Cruz-Hrenández, A., Olalde-Portugal, V., Valverde, M. y Paredes-López, O. (2006) Plant regeneration of *Agave tequiliana* by indirect organogénesis. *In vitro Cell. Develoment Biology Plant* 42: 336-340.
21. White, P. (1963) Potentially unlimited growth of excised tomato root tips a liquid medium. *Plant Physiology* 9: 585-600.

Germinación *in vitro* de *Mammillaria sartorii* J. A. Purpus e inducción a brotes de vitroplántulas

B. López-Isabel[1], A.I. Suárez-Guerrero[1], R.V. Ortega-Ortiz[1], J.A. García-Pérez[1], B. L. Náder-García[1]*

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P.91090, Xalapa, Veracruz, México

napz_bet@hotmail.com

***Área de Participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se germinaron semillas de *Mammillaria sartorii* en medio de cultivo Murashige y Skoog [1962] (MS) con 30g/L de sacarosa y 4.5g/L de fitagel como solidificante, libre de reguladores de crecimiento. Se obtuvo un 96.62% de germinación total, de modo que la técnica de desinfestación fue satisfactoria. El enraizamiento de las plántulas fue espontáneamente a los 8 días después de la germinación. Las semillas de *M. sartorii* resultaron ser fotoblásticas positivas. La inducción a brotes resultó positiva para la primera etapa, usando medio MS + 1.5mg/L de BAP y 0.5mg/L de AIA. Posteriormente, la realización de cortes a las plántulas mostró que el corte longitudinal fue exitoso para la inducción callo usando medio MS adicionado con 1.5mg/L de BAP, 0.5mg/L de AIA y 1.0mg/L de AS. Se necesitan 5 semanas promedio obtener un individuo completo de *M. sartorii* a partir de la individualización de un brote en medio MS basal.

***Palabras clave:** Germinación, callogénesis, reguladores de crecimiento.*

Abstract

Seeds of Mammillaria sartorii were germinated on Murashige & Skoog [1962] (MS) culture media with 30g/L sucrose and 4.5g/L fitagel as a solidifying, free of growth regulators. We obtained 96.62% of total germination. In that germination did not show any contamination, because the technique used for disinfestation of the seed proved to be satisfactory. The rooting of the seedlings was spontaneously 8 days after germination. The seeds of M. sartorii proved positive photoblastic. Seedlings were induced to form shoots, positive results for the first stage using MS medium supplemented 1.5mg/L BAP plus 0.5mg/L IAA. Subsequently, there were two types of cuts to the seedlings out to be slitting the propitious to induce the formation of a greater number of shoots when placed on MS basal medium and found to placing the explant longitudinal on MS medium supplemented with 1.5mg/L BAP, 0.5mg/L IAA and 1mg/L of AS. This produces callus. It only takes 5 average weeks obtain a complete individual of M. sartorii from the individualization of an outbreak in basal MS médium.

***Key words:** Germination, callogenesis, growth of regulators.*

Introducción

Mammillaria sartorii es una cactácea endémica de México, que posee flores muy llamativas por lo que es muy demandada y sus poblaciones naturales están en riesgo. Las especies de la familia *Cactaceae* son de lento crecimiento y germinación escasa, y, aunque tradicionalmente han sido propagados a partir de semillas o cortes, estos suelen ser susceptibles a pudriciones por lo que el cultivo *in vitro* es una herramienta alternativa para su propagación [Ojeda y col. 2008]. A partir de las plántulas producidas de la germinación de semillas *in vitro*, la desdiferenciación de células u órganos puede ayudar a la propagación masiva de esta especie si se cuenta con sólo unas cuantas semillas. A partir de la generación de callo en las vitroplantas, se pueden producir múltiples brotes que generarán nuevos individuos con características genéticas y fenotípicas similares y deseadas. No obstante que se domina la técnica de cultivo de tejidos vegetales, se ha observado que la tasa de multiplicación y el rendimiento de las plantas varían con la especie, por lo que se requieren de ensayos particulares para desarrollar una técnica de cultivo específica [Andrade-Rodríguez y col. 2015]. La propagación *in vitro* usa hormonas como las citocininas y las auxinas cuyo equilibrio induce callo, mientras que una alta proporción de citocininas inducirá brote y una baja proporción inducirá la formación de raíces adventicias. Varios estudios con cactáceas han utilizado alguna, o una combinación de este tipo de hormonas. Por ejemplo, se han utilizado simultáneamente la citocicinina sintética Bencilamina purina (BAP) y la auxina Ácido naftalen acético (ANA) para la inducción de brotes a partir de vitroplantas, usando concentraciones de 0.1mg/L y 0.01mg/L; 1.0mg/L y 0.1mg/L; o 2.5mg/L y 1.0mg/L respectivamente [Loeza, 2002; Ordoñez, 2003; Papafotiou y col. 2003; Seemann y col. 2007; Ángeles, 2008; Azcona, 2009]. En cambio, para la elongación de brotes, estos mismos reguladores se han usado concentraciones de 1mg/L, 0.5mg/L y 1.5mg/L

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

respectivamente [Ángeles, 2008; Azcona, 2009]. Aíra y col. [2006], usando solamente BAP, lograron la inducción de brotes con 22.2µM, con un enraizamiento espontáneo a los ocho meses de cultivo. Otros estudios indujeron brotes usando la combinación de Bencil adenina (BA) y Ácido indolacético (AIA) (citoquinina y auxinas naturales respectivamente) a concentraciones de 2mg/L y 0.5mg/L respectivamente [Chablé y col. 2007] pero en otro estudio, esta misma combinación sólo produjo callo, y los brotes se produjeron sin el uso de reguladores [García y Malda, 2009]. En cambio, Garnica y col. [2012] obtuvo brotes usando sólo 2mg/L de Bencil adenina (BA). Asimismo, la formación de brotes se ha obtenido con concentraciones de 10µM y 2mg/L de la citocinina sintética cinetina (Kin) [Santos y col. 2001; Azcorra y col. 2007], o a través de precursores de la biosíntesis de citoquininas, tales como la Adenina sulfatada (AS) [Salazar, 2001]. Otros estudios usaron una combinación de auxinas como el Ácido indolbutírico (AIB) y AIA (precursor de este último) para producir gran cantidad de callo; y a bajas concentraciones de AB se inhibió la producción de tallos en comparación con un medio libre de hormonas [García y Malda, 2010]. También, Manzo [2010], utilizó 2mg/L de Dimetil alil aminopurina (2iP) para inducir 56.5% de enraizamiento. Finalmente, Rojas [2008] usó Ácido Giberélico (G3) para incrementar la masa celular de especies del género *Mammillaria spp* y determinó que sus semillas son fotoblásticas positivas. Estos estudios se lograron proporciones de germinación entre el 13% y 93% en medio Murashige y Skoog [1962] (MS) y comprendieron especies del género *Mammillaria, Opuntia, Notocactus, Echinocactus, Astrophytum, Rhipsalidopsis, Copiapoa hypogeae* y *Hylocereus*. Basados en esta información, el objetivo de esta investigación fue optimizar un protocolo eficiente para la obtención de vitroplántulas de *M. sartorii* con fines de conservación, repoblación o comercialización.

Materiales y Métodos

Obtención y determinación del material biológico

Los explantes utilizados fueron semillas obtenidas de frutos maduros de tres ejemplares de *Mammillaria sartorii.*, colectados en junio del 2010 en el Municipio de Tenampa, estado de Veracruz a 400 metros de altitud. Estos fueron trasladados al Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Facultad de Biología y allí se sembraron en macetas con sustrato de tierra negra y tepecil (1:1) para su identificación y como plantas “stock”. La identificación se llevó a cabo en el Herbario “XALU” de la misma facultad donde quedó registrada con el número 14068.

Tratamiento de limpieza del explante

Aproximadamente 100 semillas, obtenidas de dos frutos de las plantas stock fueron sometidas a un proceso de desinfestación. En una bolsita de organza las semillas fueron lavadas con jabón líquido (Axión®) y enjuagadas con agua corriente, para posteriormente, sumergirlas en una solución de Agrimicin® 3g/L y Tween 20 durante media hora en agitación constante. Posteriormente, los explantes fueron llevados a la campana de flujo laminar donde se realizaron dos enjuagues de 2 minutos cada uno con agua estéril y en agitación constante. Los explantes fueron depositados en una solución de cloro (Cloralex®) al 50% con Tween 20 y Microdyn® manteniéndose en agitación constante por 10 minutos y, al final, se realizaron 4 enjuagues con agua estéril de 4 minutos cada uno en agitación constante.

Siembra de semillas de *M. sartorii*

Para la germinación *in vitro* se realizaron dos siembras en las cuales se utilizó el medio basal MS suplementado con 30g/L de sacarosa y 4.5g/L de fitagel como solidificante. El pH del medio fue ajustado a 5.70 ± 0.1 adicionando gotas de NaOH 1N y HCl 1N.

Primera siembra

Para la primera siembra se utilizó un lote de 40 semillas que fueron sembradas en frascos Gerber® con 20mL de medio de cultivo, a razón de una semilla por frasco, y sometidas a dos tratamientos: luz y oscuridad. Cada tratamiento tuvo 20 réplicas y fueron mantenidos durante un primer mes, para posteriormente colocar ambos tratamientos bajo condiciones de luz contante. Los frascos fueron mantenidos en cámara de incubación a temperatura de 26 ± 2ºC y humedad relativa de 80- 90%.

Segunda siembra

Para esta siembra se utilizó un lote de 100 semillas que se sometieron a condiciones de luz constante y cada frasco contuvo ahora cinco semillas para un total de 20 réplicas. Después de 17 semanas de cultivo, el lote de plántulas de esta siembra, se trasladó a la campana de flujo laminar y allí, en completa asepsia, fue subcultivado en medio MS. Los frascos sellados fueron trasladados a la cámara de incubación bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad mencionadas anteriormente.

Inducción a elongación de las plántulas de la primera siembra
Las plantas producidas en la primera siembra fueron utilizadas en este ensayo. Se prepararon 10 frascos con 2 plántulas cada uno, adicionados con 0.5mg/L de AIA en medio MS, más tres frascos control sin reguladores. A 22 semanas de la siembra, y bajo la campana de flujo laminar, las vitroplántulas fueron subcultivadas colocando una vitroplanta por frasco y transferidas al cuarto de incubación a 26 ± 2ºC de temperatura, 80-90% de humedad, bajo luz blanca continúa. Posteriormente, a intervalos de dos meses, dos sub-cultivos fueron realizados a partir de la séptima semana posterior a la inducción.

Inducción a brotes a partir de vitroplántulas
Después de 12 semanas de incubación, las 15 plántulas más grandes de cada lote de la primera siembra, fueron seleccionadas y llevadas a la campana de flujo laminar. Allí, un corte longitudinal fue realizado a cada plántula y cada nuevo explante (cada mitad de la plántula) se colocó en un frasco Gerber®, con 20ml de medio MS. El lote de plántulas fue sometido a un barrido hormonal con BAP a concentraciones de 1.0, 1.5 y 2.0mg/L, combinadas con 0.5mg/L de AIA con 10 réplicas por cada uno de los tres tratamientos más cinco frascos de un grupo control. Una vez inoculados los frascos con los explantes fueron trasladados a la cámara de incubación.

De la primera inducción, 11 frascos fueron seleccionados de acuerdo con los mayores explantes, y estos fueron subcultivados en medio MS fresco suplementado con 1mg/L de BAP, 0.5mg/L de AIA y 1mg/L AS; además se prepararon 5 frascos control que contuvieron únicamente medio MS basal. A cada explante de este subcultivo, se les realizó dos tipos de cortes, uno transversal y otro longitudinal; de manera que, de cada explante, tres nuevos explantes fueron obtenidos. Para subcultivar estos nuevos explantes, la concentración de BAP (1.5mg/L) con mejor resultado en la formación de brotes en el barrido hormonal anterior, fue utilizada**.** Todos estos nuevos explantes fueron transferidos a la cámara de incubación bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad señaladas anteriormente.

Individualización de brotes
5 brotes provenientes del subcultivo a 1.5mg/L de BAP de la primera inducción y de cinco semanas de edad, fueron elegidos al azar, separados bajo la campana de flujo laminar mediante un corte basal. Estos fueron subcultivados en medio MS basal fresco con la finalidad de estimar el tiempo promedio para la regeneración de un individuo completo de *M. sartorii in vitro,* sin la aplicación de reguladores de crecimiento. Subsecuentemente las siembras se trasladaron a la cámara de incubación bajo las condiciones ya indicadas.

Análisis estadístico
Para obtener el porcentaje de germinación de ambas siembras, se empleó la fórmula propuesta por Arriaga y col. 1994. La cuantificación del crecimiento promedio de vitroplántulas de *M. sartorii,* de la primera siembra se hizo un análisis de varianza con dos factores, el tratamiento y el tiempo, mientras que para la segunda siembra sólo se empleó un análisis de varianza de un factor.

Para la Inducción a elongación, también se aplicó un análisis de varianza con dos factores, regulador y tiempo a los dos subcultivos. Para los brotes se construyó una tabla de contingencia de dos entradas y se analizó mediante la prueba de Kruskal Wallis.

Resultados y discusión

Desinfestación del explante
La técnica de desinfestación de las semillas se mostró exitosa al no presentarse problemas de contaminación.

Germinación de semillas de *Mammillaria sartorii*
La germinación en luz inicio entre los 7-12 días posteriores a su siembra; mientras que en oscuridad inició hasta los 37 días. El análisis de varianza mostró un efecto significativo de la interacción del tratamiento con el tiempo en el crecimiento de las plántulas ($F=18.2$, $P=0.002$) indicando un mayor crecimiento semanal en el tratamiento luz, sin embargo, a los cinco meses la longitud de las plantas de ambos tratamientos fue similar con aproximadamente 3.5mm de longitud en cada uno (figura 1).

En la primera siembra se obtuvo un 97.61% de germinación, donde sólo una semilla de uno de los tratamientos no germinó. En la segunda siembra, se obtuvo un 96.22% de germinación; y las plántulas alcanzaron en 19 semanas un crecimiento promedio de 2.8mm; lo cual ratifica al medio MS basal como apropiado para la germinación de semillas de *M. sartorii*; además, éstos resultados coinciden con los

obtenidos por Ordoñez [2003], y García y Malda [2009], quienes trabajaron con el mismo género de cactáceas y reportaron un 91% de germinación en el medio MS libre de reguladores de crecimiento. Por su parte, Salazar [2001], obtuvo un índice de germinación bajo (66.6%) con semillas de *Mammillaria eriacantha*.

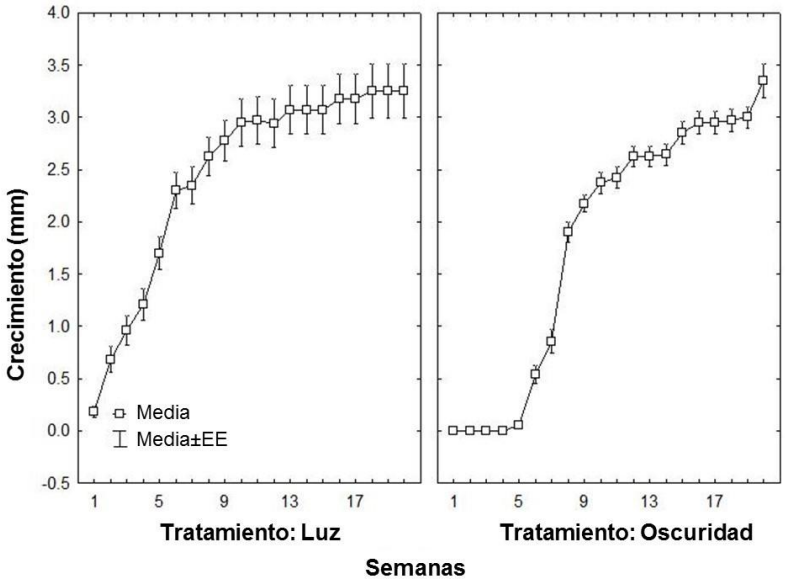


Figura 1. Crecimiento de plántulas de la primera siembra en dos tratamientos: luz y oscuridad.

El subcultivo de las plántulas en medio MS basal resultó satisfactorio ya que las plántulas mostraron un incremento significativo en su crecimiento en un tiempo de tres meses ($F = 46.009$, $p < 0.001$). Con respecto a las características morfológicas de las vitroplántulas, tanto en la primera como en la segunda siembra; estas presentaron un color verde oscuro, forma cilíndrica con presencia de espinas en la parte superior. La radícula en las plántulas de *M. sartorii* se desarrolló en un periodo de ocho días sin necesidad de reguladores de crecimiento, mientras que Salazar [2001] requirió de suplementar el medio de cultivo con AS para la formación de las mismas en un periodo de 15 días.

Por otra parte, las semillas de *M. sartorii* en este estudio, germinaron solo en presencia de luz, lo cual coincide con lo establecido por Rojas [2008], al concluir que las semillas de este género de cactáceas suelen ser fotoblásticas positivas.

Inducción a elongación de las plántulas de la primera siembra

El crecimiento de plántulas de la primera siembra mostró que aquellas colocadas en el medio con 0.5mg/L de AIA mantuvo una tendencia ascendente en el tiempo, mientras que aquellas colocaron en medio MS basal, alcanzaron una asíntota a la cuarta semana de cultivo. Esto se evidenció en que la interacción del tratamiento con el tiempo no fue significativa (F=0.7031, *p*=0.6476); en cambio, si hubo un efecto del tiempo (F=24.9, P<0.001).

En el repique de estas plántulas con AS, tampoco se hubo una diferencia significativa en el crecimiento de las plántulas con el control (*p=0.876*) (Datos no mostrados).

Inducción a brotes a partir de vitroplántulas

La figura 2 muestra que el mayor número de brotes se *M. sartorii* se produjeron en los tratamientos con 1.5mg/L de BAP (7 brotes) y 2.0mg/L de BAP (4 brotes), aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos en el número de brotes al final del experimento (KW=5.326, gl=3, valor p=0.149); mientras que Garcia y Malda [2009] no requirieron de reguladores de crecimiento para la producción de brotes. La formación de raíces en este estudio, se obtuvo a partir de las cuatro semanas de la individualización, mientras que Aíra y col. [2006] las obtuvieron hasta los ocho meses a partir de plántulas de *Notocactus magnificus*.

De la segunda inducción en la cual comparamos dos tipos de corte del explante, se reporta una producción de brotes y a pesar de que no se buscaba, se reportó la presencia de callo.

El explante de corte longitudinal colocado en medio MS basal (control) produce más brotes en contraste con

aquellos explantes colocados en el medio suplementado con reguladores de crecimiento (figura 3), de forma similar a como lo reportaron Chablé y col. [2007]. En contraparte, Ordoñez [2003] obtuvo una gran cantidad de brotes a partir de cortes transversales realizados a *Mammmillaria voburnensis* Scheer.

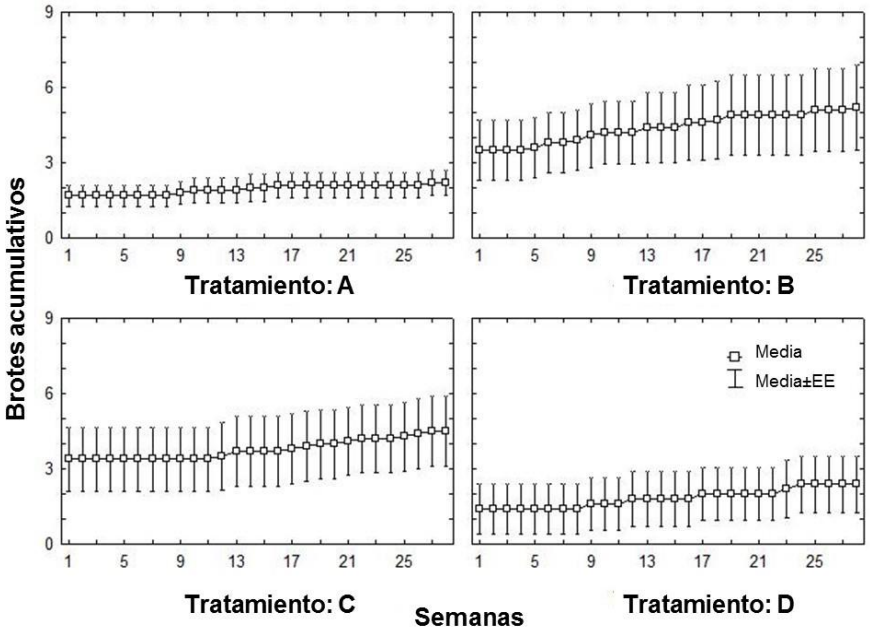


Figura 2. Primera inducción de brotes. Tratamientos: A (MS + 1mg/L BAP + 0.5mg/L AIA), B (MS + 1.5mg/L BAP + 0.5mg/L AIA), C (MS + 2 mg/L BAP + 0.5 mg/L AIA) y D (MS basal-control).

La mayoría de los brotes obtenidos muestran un estado saludable (buen color y forma compacta), aunque, en algunos se visualiza un bajo grado de hidratación (10% brotes). Contrario al caso anterior, se observó que la presencia de AIA induce al corte longitudinal a la formación de callo.

El callo obtenido es morfológicamente friable y de color verde limón. Por su parte, para ambos casos tanto en la producción de callo como en la de brotes, el corte transversal no fue muy productivo, a pesar de ello, se notó que algunos de estos explantes (20%) formaron raíces y se regeneraron formando un individuo completo (espinas y raíz con color verde oscuro) de *M. sartorii* en un promedio de 6 semanas. En este método se registró un 50% de oxidación.

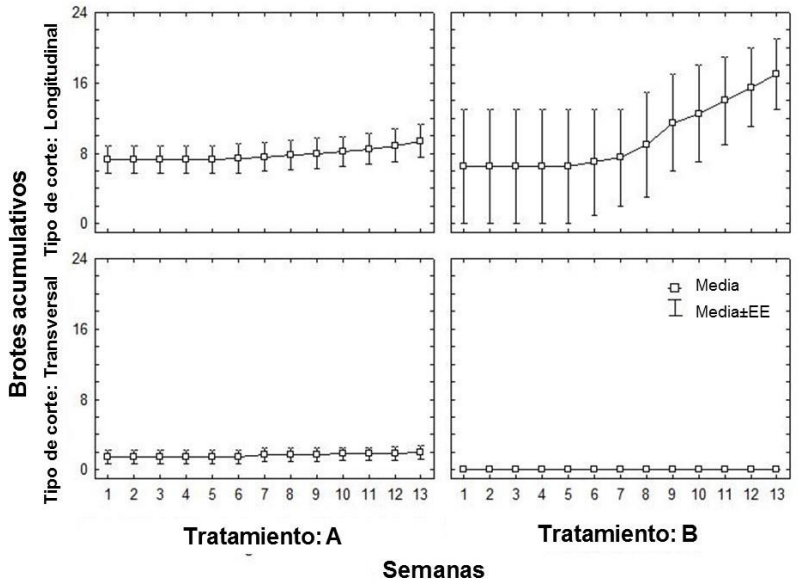


Figura 3. Comparación de la producción de brotes por tratamiento A: MS + 1mg/L AS + 1.5mg/L BAP + 0.5mg/L AIA; B: MS basal-control y tipo de corte.

Individualización de brotes
Los brotes que se individualizaron fueron capaces de regenerar una plántula completa que registró un crecimiento ascendente a partir de su siembra, obteniendo una elongación de 4.5cm de longitud en tan sólo 3 meses después de su separación en medio MS, y mostrando morfológicamente características de un estado saludable. La presencia de la raíz se notó a los 30 días posteriores a su repique. El desarrollo completo de un individuo se logró en promedio, a las cinco semanas aproximadamente.

Trabajo a futuro
Dar seguimiento a las plántulas individualizadas de *M. sartorii* y llevarlas a campo para la reintegración a su medio natural; cuantificar los factores que propicien y/u obstaculicen su adaptación, diseñar la metodología apropiada para una sobrevivencia exitosa de dichos organismos generados *in vitro*.

Conclusión
La técnica de desinfestación de semillas resultó efectiva, pues no se presentaron problemas de contaminación de semillas durante el estudio. Se obtuvo un alto porcentaje de germinación *in vitro* (96.62%), por lo cual, se concluye que el medio MS basal con 30g/L de sacarosa, es suficiente para germinar semillas de *Mammillaria sartorii*, sin la necesidad de agregar reguladores de crecimiento y que las plántulas obtenidas de la germinación presentaron condiciones saludables.

Las semillas expuestas a luz blanca constante germinaron más rápido y las plántulas presentaron un crecimiento más acelerado, que aquellas que germinaron bajo oscuridad por un pequeño periodo. De modo que concluimos que las semillas son fotoblásticas positivas. El almacenamiento de semillas de *M. sartorii* por un periodo largo, acortó el periodo de germinación respecto de aquellas que se sembraron inmediatamente después de ser obtenidas del fruto. La aplicación de AIA y AS no produjo diferencias en el crecimiento de las plántulas, en cambio, la renovación del medio de cultivo produjo un incremento en el crecimiento de las plántulas, por tanto, se concluye que el renovar el medio MS estimula el crecimiento de las mismas sin necesidad de adicionar algún regulador de crecimiento. Se recomienda realizar cortes longitudinales a las plántulas de *M. sartorii*, tanto para la obtención de brotes como de callo. La utilización de medio MS basal resulto ser suficiente para una mayor producción de brotes; mientras que la adición de 1.5mg/L de AIA al medio MS promovió el desarrollo de callo. Se puede obtener una plántula completa (con espinas y raíz) de *Mammillaria sartorii*, a partir de un brote, empleando medio MS basal, en tan sólo 5 semanas promedio.

Referencias
1. Aíra De Medeiros, L., Salvador De Ribeiro, R. C., Gallo, L.A., Tiago De Oliveira, E. y Soares, M. E. (2006). *In vitro* propagation of *Notocactus magnificus*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 84:165–169.
2. Andrade-Rodríguez, M., Vargas-Araujo, J., Villegas-Torres, O. G., López-Martínez, V., Guillen-Sánchez, D. Y Alia-Tejacal, I. (2015). Germinación de semillas y crecimiento de plántulas de cattleya (*Brassolaeliocattleya*) *in vitro. Interciencia* 40 (8): 549-553.
3. Ángeles, T. (2008). *Mammillaria pectinifera* W. y *Coryphantha greenwoodii* B. especies en peligro de extinción. Su cultivo *in vitro* como alternativa de rescate. Tesis de Licenciatura en Biología. U.V. Facultad de Biología. Xalapa.
4. Arriaga, V., Cervantes, V. y Vargas–Mena, A. (1994). Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. Instituto Nacional de Ecología UNAM. México.
5. Azcona, C. A. (2009). Organogénesis directa de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* (BRAVO) N. P. TAYLOR, 1991 a partir de explantes de tallo, y germinación *in vitro* de *Mammillaria haageana* subsp. elegans D. R. HUNT, 1997. Tesis de Licenciatura en Biología. U.V. Facultad de Biología. Xalapa.
6. Azcorra, G., Sánchez, L. A., Villanueva, E. y C. Fuentes. (2007). Organogénesis indirecta y regeneración de plantas de *Mammillaria gaumeri* Britton et Rose (Cactaceae). XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.
7. Chablé, F., Alvarado, E., Romero, J. A., Rangel, J. A., Morán, N., Covarrubias, J. y Ramírez, J. G. (2007). Regeneración *in vitro* de *Echinocactus grusonii* HILDMANN. XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.
8. García, O. R. y Malda, G. B. (2009). Conservación *in situ* y *ex situ* de *Mammillaria mathildae*, cactácea endémica en peligro de extinción de la Ciudad de Querétaro. *CIENCIA@UAQ* 2 (1): 3- 16.
9. García, O. R. y Malda, G. B. (2010). Micropropagation and reintroduction of the endemic *Mammillaria*

mathildae (*Cactaceae*) to its natural habitat. *HortScience* 45 (6): 934-938.
10. Garnica, R. L. y Pérez, E. (2010). Cultivo y propagación *in vitro* de Cactáceas, Agaváceas, Nolináceas y especies Forestales. Depto. de Química, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
11. Loeza, J. M. C. (2002). Micropropagación *in vitro* de *Hylocereus undatus* (Cactaceae). Tesis profesional. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México, D.F.
12. Manzo, S. M. R. (2010). Propagación *in vitro* de *Mammillaria coahuilensis* var. Coahuilensis (Boedeker) Moran y *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto a partir de semilla para su conservación. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillos, Texcoco, Edo. de México.
13. Murashige, T. y Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and biassays with tabacco tissue cultures. *Physiology Plant* 15: 473-497.
14. Nelson, D. C., Riseborough, J. A., Flematti, G. R., Stevens, J., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W. y Smith, S. M. (2009). Karrikins discovered in smoke trigger *Arabidopsis* seed germination by a mechanism requiring gibberellic acid synthesis and light. *Plant Physiology* 149: 863–873.
15. Ojeda, M. C., Rodríguez, H., Gutiérrez, A. y Iracheta, L. (2008). Micropropagación de Cactáceas. VII Simposium - Taller “Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México”.
16. Ordónez, M. A. (2003). Propagación *in vitro* de *Mammillaria voburnensis* Sheer. (Cactaceae). Informe de Tesis. Guatemala.
17. Papafotiou, M., Balotis, G., Louka, P. y Chronopoulos, J. (2001). *In vitro* plant regeneration of *Mammillaria elongata* normal and cristate forms. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 6: 163-167.
18. Ramírez-Tobías H. M., Peña-Valdivia C. B., Trejo C., Aguirre J. R. y Vaquera H. (2014). Seed germination of *Agave* species as influenced by substrate water potential. *Biological Research* 47 (11): 1-9.
19. Salazar, R. (2001). Propagación *in vitro* y establecimiento en suelo de *Mammillaria eriacantha* Link& Otto (Cactaceae). Tesis de Licenciatura en Biología. U.V. Facultad de Biología. Xalapa.
20. Santos, M. S., Del Campo, J. M., Arredondo, A. y Santos, M. L. (2001). Effect of medium, kinetin and osmotic agents on the *in vitro* morphogenetic response of *Astrophytum myriostigma* (Cactaceae). *Revista Fitotecnia Mexicana* 24 (2): 133-138.
21. Seemann, P., Rodríguez, C. y Jara, G. (2007). *In vitro* culture of Cactaceae with *ex situ* conservation purposes. *Agro Sur* 35 (2): 24-26.
22. Zurita-Valencia, W., Gómez-Cruz, J. E., Atrián-Mendoza, E., Hernández-García, A., Granados-García, M. E., García-Magaña, J. J., Salgado-Garciglia, R. y Sánchez-Vargas, N. M. (2014). Establecimiento de un método eficiente de germinación *in vitro* y micropropagación del cirimo (*Tilia mexicana* Schlecht.) (Tiliaceae). *Polibotánica* 38: 129-144.

Germinación *in vitro* y callogénesis de *Mammillaria huitzilopochtli* D.R. Hunt.

J. A. García-Pérez[1], B. López Isabel[1], J. F. Ortega Ortíz[1] , T. F. Carmona Valdovinos[1] , B.L. Náder García[1]
Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P.91090, Xalapa, Veracruz, México
** garci95@hotmail.com*
Área de participación: *Ingeniería química*

Resumen
Las especies del género *Mammillaria* son las más numerosas dentro de la familia Cactaceae, y algunas de ellas están amenazadas como resultado de actividades humanas, tal es el caso de *Mammillaria huitzilopchtlii.* El cultivo *in vitro* es una alternativa para la recuperación de las poblaciones de estas especies. En este trabajo se desarrolló un protocolo para la germinación a partir de semillas y generación por callogenésis de *M. huitzilopochtli*. Se realizaron barridos hormonales para: i) determinar la concentración óptima de ácido indol acético (AIA) para el desarrollo y alargamiento de brotes, y, ii) establecer la concentración óptima de AIA y de bencil amino purina (BAP) para la inducción y proliferación de callo para realizar la cinética de crecimiento

Palabras clave: *Germinación, callogenésis, reguladores de crecimiento, embriogenésis*

Abstract
The Mammillaria species are the most numerous within the Cactacea family and some of them are threatened with extinction as a result of human activities, such as Mammillaria huitzilopchtlii. In vitro culture is an alternative for recovery and studies of secondary metabolites among others. In this work we developed a protocol for germination of seeds and callus generation of M. huitzilopochtli. The aims were: i) Establish by hormonal sweeps the optimal concentrations of indole acetic acid (AIA) for the development of outbreaks, and, ii) Identify the optimal concentration of AIA and benzyl amino purine (BAP) for the induction and proliferation of callus in order to develop the growth kinetics.

Key words: *Germination, callogenesis, growth of regulators, embryogenesis*

Introducción

La propagación masiva de *Mammillaria huitzilopochtli* puede hacerse mediante cultivo de tejidos, a través del proceso de callogénesis donde es posible obtener tejido indiferenciado partiendo de algún ex plante, tal como semillas, hojas u otros órganos de la planta. Este cúmulo de células indiferenciadas o callo, al tener la propiedad de la totipotencialidad celular, puede ser mantenido *in vitro* para usarse como un intermediario en la generación de brotes y, posteriormente, obtener plantas completas mediante embriogénesis somática indirecta estimulada a través del uso y combinación de reguladores de crecimiento (RC) tales como las auxinas y cito quininas [Rodríguez Beraud *y col.*, 2014]. *M. huitzilopochtli* es una cactácea de distribución muy limitada, que se encuentra en peligro de extinción [NOM-059-ECOL.2001, 2002], ya que existen sólo cuatro poblaciones establecidas en una área de 1058 ha en el Valle de Tehuacán-Cuicatlan [Peters y Martorell, 2001] y existe una gran presión sobre estas por parte de coleccionistas y con propósitos comerciales [Hernández y Godínez, 1994; Rodríguez-Peraza *y col.*, 2015]. En general, la germinación natural de semillas en cactáceas es, con frecuencia, un proceso difícil debido al medio en el que se desarrollan, ya que aun cuando producen numerosas semillas, solamente unas pocas alcanzan a germinar [Bravo y Sánchez, 1995; CONABIO, 1997], y *M. huitzilopochtli* presenta esta característica. Por esta razón, esta especie es una candidata ideal para el cultivo *in vitro* con el

propósito de obtener individuos sanos con fines de repoblación o comercialización. Pocos estudios específicos se han realizado para evaluar el efecto de reguladores de crecimiento en la formación de callo en cactáceas, sin embargo, para algunas especies diferentes del género *Mammillaria*, se determinó que el mejor fitorregulador para la inducción de callo de *Hilocereus undatus* y *Cereus peruvianus* fue el 2,4 D en medio MS a razón de 4.0 mgL^{-1} [Karimi *y col.*, 2010; Lopes, *y col.,* 2016]. Para especies del género *Mammillaria (e.g. M. carmenae*), también se ha utilizado el regulador 2,4 D en medio MS, sin embargo, este se usó a razón de 2 mgL^{-1} suplementado con 0.5 mgL^{-1} de bencil adenina (BA) [Coca-Soriano *y col.,* 2007]; y a razón de 18µM de 2,4 D más 9.3 µM de cinetina para el caso de *M. pIumosa* [Téllez-Román *y col.*, 2017]. Otros reguladores han sido usados para generar tejido calloso en especies del género *Turbinicarpus* así como para *Echinocereus cinerascens*, en los que se utilizaron BAP, y BAP más ANA respectivamente [De la Rosa-Carrillo *y col.,* 2012; Elías *y col.*, 2014]. Sin embargo, no se encontraron estudios donde se haya utilizado la auxina natural Acido Indol Acético (AIA) para la formación de callo. Estudios adicionales en cactáceas con reguladores de crecimiento se han probado en la germinación de semillas; por ejemplo, la germinación de *Obregonia denegrii* Frič se incrementó hasta en 85% al remojarlas en 1.4 µM de ácido giberélico (GA) comparado con el control (22%) [Cardarelli, *y col.,* 2010], aunque en otros trabajos con semillas de *Mammillaria schiedeana schiedeana* y *Escobaria cubensis* el medio MS ½ fue suficiente para obtener entre 71 y 96% de germinación respectivamente [Soria-Campos *y col.*, 2013; Rodríguez De Francisco *y col.*, 2013]. Igualmente, en estos últimos estudios una combinación BA/ANA fue utilizada para la inducción de brotes. En el primer estudio, la combinación 1/0.1 mgL^{-1} de BA/ANA dio el mejor promedio de brotes por explante (22.4) usando brotes regenerados *in vitro*, mientras que la combinación 0.5/0.1 mgL^{-1} dio el mejor promedio de brotes (6.5) a partir de explantes derivados de plántulas; en tanto que para el segundo estudio el mejor promedio de brotes por explante (5.1) se dio con la combinación 13.3 µM/5.4 µM de BA/ANA, logrando, además, un promedio de 2.5 raíces por planta en medio MS suplementado con 8.1 µM/2.5 µM de ANA/ ácido indolbutirico (ABI). Una combinación adicional de BAP/AIA en medio MS, a razón de 2.2 µM/0.57 µM fue el mejor para inducir la formación de brotes de *Opuntia stricta* mediante activación de areolas [Medeiros *y col.*, 2017]. Partiendo de estos antecedentes consideramos que se dispone de suficiente información para el desarrollo de un protocolo eficiente para la producción de callo y desarrollo de plántulas de *M. huitzilopochtli in vitro*. El objetivo fue determinar la mejor concentración de AIA y de BAP, para la elongación de plántulas y callogénesis de *M. huitzilopochtli*

Materiales y Métodos

Colecta del material biológico

Mammilaria huitzilopochti fue colectada en 2009 por el Biológo David Jimeno-Sevilla en elmunicipio Cuicatlan, en pendientes del Río Grande, en Oaxaca, (No. de registro 1259). Una segunda colecta se realizó en febrero 2010*,* y las plantas fueron mantenidas durante un mes en macetas con 50% de tierra y 50% de tepezil para esperar la producción de frutos.

Pre-tratamiento de semillas con funguicida

252 semillas obtenidas de cinco frutos fueron lavadas son solución jabonosa y agua corriente, posteriormente fueron colocadas en solución fungicida (Extran 1 mg/L^{-1}) por 30 min en agitación constante, y lavadas primero con agua corriente y luego con agua des ionizada estéril. Dentro de la campana de flujo laminar, las semillas se sumergieron en solución de hipoclorito de sodio (Cloralex®, Alen) al 40% adicionando tres gotas de bactericida (microdyn) y una gota de tween 20 por cada 50 ml de solución durante diez minutos en agitación constante. Finalmente se lavaron tres veces con agua des ionizada estéril por cinco minutos.

Siembra y germinación de semillas

Para la germinación de semillas se utilizó el Medio de cultivo Murashige y Skoog [1962] (MS) complementado con $30g/L^{-1}$ de sacarosa, $4g/L^{-1}$ de Fitagel, y 2.0 mg/L^{-1} de Adenina sulfatada (AS). El pH se ajustó a 5.7 ± 0.1 usando HCL 1N/ NaOH 1N. Finalmente 20 ml de medio de cultivo fueron colocados en cada uno de 21 frascos gerber® que fueron previamente esterilizados en

autoclave a 121º y 1.2 kg/cm^2 de presión durante 18 minutos. Las semillas se inocularon a razón de tres semillas por frasco (63 semillas en total) y transferidas inmediatamente a la cámara de incubación donde se mantuvieron con iluminación blanca (fotoperiodo 24 h luz) a temperatura constante de 26 ± 1ºC, y humedad relativa entre 80 a 90%. La aparición de radícula y tallo en las semillas de *M. huitzilopochtli* fueron los referentes de la germinación. El desarrollo y crecimiento del tallo (mm) de las plántulas se registró cada semana. Las semillas restantes (189) fueron mantenidas por dos semanas en oscuridad constante para repetir el proceso de siembra a intervalos de una semana. En total se realizaron cuatro siembras con un lote de 63 semillas cada una.

Alargamiento de plántulas por corrimiento hormonal
Plántulas de aproximadamente 5 cm de alto fueron sometidas a un nuevo cultivo en medio MS suplementado con AIA en concentraciones de 0.0, 0.3, 0.6, 0.9 y 1.2 mgL^{-1}. Por cada concentración, 10 repeticiones fueron establecidas con una planta por réplica. La altura de las plántulas fue medida cada siete días con regla de papel milimétrico. Una vez detectada la concentración óptima de AIA para el crecimiento de las plántulas, las plántulas del resto de los tratamientos fueron subcultivadas a la concentración óptima de AIA para incrementar su altura y fueron monitoreadas por seis meses.

Inducción, proliferacion y cinética de callogénesis
A partir de plántulas obtenidas por germinación, se obtuvieron aproximadamente 30 fragmentos mediante disección. Los fragmentos fueron sometidos a cinco tratamientos de AIA a concentraciones de 0.0, 0.3, 0.6, 0.9 y 1.2 mgL^{-1} suplementados con 0.6 mgL^{-1} de BAP y 2.0 mgL^{-1} de AS. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones con un fragmento por repetición. Todas las unidades experimentales fueron sometidas a foto período de 8 h luz por 16 h de oscuridad, a temperatura y humedad relativa ya mencionadas, las cuales fueron monitoreadas diariamente hasta la aparición de callo. Para la proliferación de callo, se usaron ocho repeticiones con medio MS suplementado con 0.9 mg/L^{-1} de AIA y 0.6 mgL^{-1} de BAP para buscar la respuesta óptima de masa celular indiferenciada. A cada repetición se le colocó 1 g de callo y este fue pesado durante dos meses cada semana y el incremento en g fue registrado.

Análisis de datos
El porcentaje de germinación se estimó mediante la ecuación propuesta por Arriaga *y col.* [1994], la altura media de las plántulas y el peso medio de los callos fueron analizadas mediante un Análisis de Varianza (ANAVA) de medidas repetidas y mediante un ANAVA de una sola vía, seguidos de una prueba de Tukey para las comparaciones múltiples [Zar, 1999]. Los análisis de realizaron con el software STATISTICA V7 StafSoft ®Inc. [2007].

Resultados y Discusión

Pretratamiento de semillas
El pre tratamiento de semillas con fungicida resultó en una proporción de contaminación de semillas de sólo el 1.19%, por lo que se considera que el pre tratamiento fue efectivo.

Germinación de semillas *in vitro* y elongación de plántulas
La proporción de semillas germinadas en las cuatro siembras fue de 98.41%, 96.82%, 96.82% y 96.65%, para un promedio de 96.42% de germinación, el cual se considera excelente, y califica al medio MS como un sustrato adecuado para tal fin, contrario a lo reportado por Soria-Campos *y col.* [2013] quienes obtuvieron un promedio de 76% de germinación *in* vitro de *M. schiedeana* sembrada en medio MS adicionado con 0.5 mgL^{-1} de BA. Por su parte, Cardarelli *y col.*, [2010] obtuvieron un valor máximo de 72.7% de germinación a los 28 días después de la siembra de *Obregonia denegrii*.

La germinación de *M. huitzilopochtli* inició a los tres días, pero las plántulas se mantuvieron sin crecimiento por lo que fue necesario agregar 0.6 mgL^{-1} de AIA para estimular su alargamiento. Las

plántulas sometidas a esta concentración fueron de color verde claro y a los 3 meses tomaron una coloración verde olivo con areolas en la parte superior. Dichas areolas fueron estructurando el tallo completo conforme pasaron los meses, y cada areola presento un total de entre 5 y 7 espinas.

Elongación de plántulas

El análisis de ANAVA mostró que el tratamiento donde las plántulas fueron sometidas a 0.6 mgL^{-1} de AIA, fue el más exitoso, alcanzando una altura máxima de 15.4 mm (*F=13.2, P=0.0*) (Figura 1) comparada con la altura del resto de los tratamientos cuyo efecto no fue significativo (*P>0.05*). Aunque Montiel-Frausto *y col.* [2016] reportaron el empleo de AIA con un bajo rendimiento en la elongación de *Hylocereus monacanthus*, obtuvieron la mayor elongación en sus plántulas (22 mm) al suplementar el medio con 1 mgL^{-1} de BAP. Zambrano-Forero *y col.* [2015] obtuvieron algo similar e indicaron que el uso de BAP (0.5 mgL^{-1}) en *H. monacanthus* fue un mejor regulador en la elongación con respecto al uso de AIA.

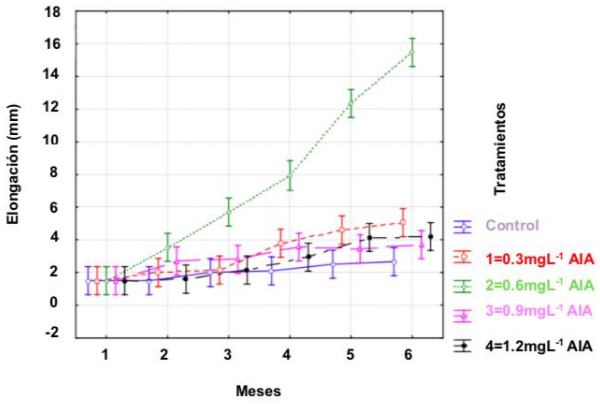


Figura 1. Elongación de plántulas de *M. huitzilopochtli* durante seis meses de cultivo en cinco tratamientos de AIA. Los valores son Media ± Error estándar.

Una vez determinada la concentración óptima para el alargamiento de plántulas (*i.e.*, 0.6mgL^{-1} de AIA), esta se aplicó a todas las plántulas sin reguladores producto de las cuatro siembras, y esto se realizó a partir del segundo mes, cuyo resultado puede apreciarse en la Figura 2.

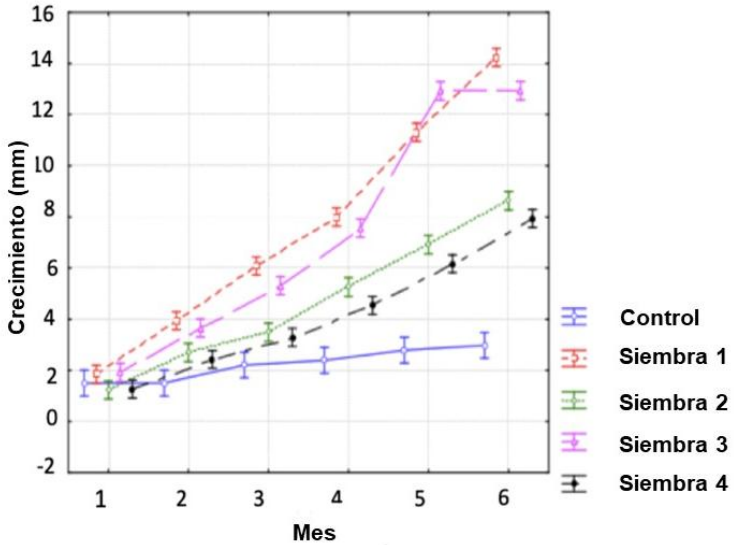


Figura 2. Crecimiento de plántulas de *M. huitzilopochtli* durante seis meses de cultivo para las cuatro siembras efectuadas bajo la aplicación de 0.6 mg/L de AIA. Los valores son Media ± Error estándar.

El alargamiento de las plántulas en las cuatro siembras mostró diferencias durante el tiempo de monitoreo lo cual se aprecia claramente en la curva de crecimiento. La siembra 1 y 3 mostraron un alargamiento de 15.4 y 13.7 mm respectivamente, muy por encima del resto de las siembras, incluyendo al control, el cual fue el tratamiento con una menor respuesta de crecimiento. El análisis estadístico corroboró que el tiempo de siembra y el tiempo de almacenaje de las semillas, posiblemente influyeron en las diferencias en el alargamiento de las plántulas. La elongación de las plántulas tratadas genéricamente con AIA a concentración de 0.6mgL^{-1}, difirieron notablemente de aquella obtenida con plántulas sometidas a AIA en concentraciones de 0.3, 0.9 y 1.2 mgL^{-1} (Tabla 1).

Tabla 1. Registro de promedios en longitud por tratamiento durante cada mes (los valores son promedio ± error estándar)

	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
	Promedio	**Promedio**	**Promedio**	**Promedio**	**Promedio**
Total	2.24 ± 1.12	2.92 ± 1.72	3.98 ± 2.53	5.27 ± 3.91	6.02 ± 4.91
Control	1.50 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.10 ± 1.12	2.51 ± 1.76	2.66 ± 1.91
0.3mg/L	2.00 ± 0.87	2.15 ± 0.78	3.79 ± 1.66	4.60 ± 1.98	5.05 ± 1.92
0.6mg/L	3.54 ± 0.87	5.77 ± 1.09	7.94 ± 1.47	12.33 ± 2.15	15.41 ± 1.78
0.9mg/L	2.70 ± 0.48	2.80 ± 0.42	3.55 ± 0.44	3.45 ± 1.23	3.70 ± 1.36
1.2mg/L	1.60 ± 1.43	2.15 ± 1.85	2.94 ± 2.64	4.15 ± 2.25	4.20 ± 2.25

Inducción, proliferación y cinética de callogénesis

El medio MS suplementado con AS a concentración de 0.9 mgL^{-1} AIA y 0.6 mgL^{-1} BAP resulto ser el más efectivo con la mayor producción de callo. Esto difirió de lo obtenido por Robles-Martínez *y col.*, [2016] quienes reportaron la formación de 70% total de la inducción de callo en *Opuntia streptacantha* y el 100% en *O. megacantha* y de *O. ficus* en 15 días a partir de su cultivo empleando 3 mgL^{-1} 2,4-D y 0,5 mgL^{-1} BA. Además, Rodríguez Beraud *y col.* [2014] reportaron una producción alta de callos en ex plantes de hipocótilos de *Ugni molinae* con 1,0 y 5,0 mgL^{-1} de ANA, confirmando así la variabilidad de respuestas a los reguladores de crecimiento, en de las especies trabajadas**.**

Los ex plantes de este estudio colocados en medio basal sin hormonas presentaron formación de callo únicamente en una de las repeticiones. El callo producido en el primer experimento disminuyó su producción a las dos semanas de cultivo y fue necesario sub-cultivarlos usando 0.9 mgL^{-1}/0.9 mgL^{-1} de AIA/BAP. Después de una semana el tejido calloso incrementó su biomasa, indicando mejores condiciones del medio de cultivo. La coloración del tejido calloso de *M. huitzilopochtli* en los primeros días de cultivo fue verde limón con tonalidades rojo intenso y la coloración cambió de intensidad conforme los días transcurrieron. Estos resultados fueron diferentes a los presentados en la callogénesis de *Opuntia joconostle* donde su callo mostró diferentes tonalidades (verde, café y blanco) con aspecto friable [Rodríguez-Peraza *y col.*, 2015]. La mezcla de tonalidades en nuestro estudio se hizo uniforme a las tres semanas de cultivo y se mantuvo así́ hasta el resto de las semanas. En este punto coincidimos con De la Rosa-Carrillo *y col.,* [2012] quienes reportaron una alta producción de pigmentos (betalaínas) en la masa celular de *Turbinicarpus valdezianus* var. *Albiflorus*, confirmando así lo establecido por Santos-Díaz *y col.*, [2005] quienes mencionan al género *Mammillaria* como generadores de callos productores de betaxantinas. Prácticamente en ningún otro estudio con cactáceas se había reportado el uso de la auxina natural AIA para la inducción de callo, y se ha reportado el uso de otras auxinas sintéticas tales como el 2, 4 D. Por tanto, este es otro de los aportes principales de este estudio a partir del cual podrían usarse las concentraciones proporcionales obtenidas de AIA y BAP como de referencia para inducir la formación de callo en otras especies de cactáceas amenazadas.

Cinética de crecimiento

La figura 3 muestra que el incremento semanal de biomasa de tejido calloso en el tratamiento con reguladores (0.9mgL^{-1} de AIA y BAP respectivamente) fue superior al incremento de la biomasa en el tratamiento sin reguladores. Se observó que durante las tres primeras semanas no se presentaron diferencias significativas cuando se aplican o no los reguladores, sin embargo, a partir

 ISSN 2007-8102

de la cuarta semana las diferencias se hicieron manifiestas, disparándose el aumento de biomasa con el tratamiento con reguladores, el cual alcanzó en la octava semana un promedio de 12.5 gr. Ávila *y col.*, [2005] destacaron el aumento de callo cuando los cultivos estuvieron bajo el efecto de 5mgL^{-1} de 6-γ, γ-dimetilalilaminopurina (2iP) logrando la formación de callo embriogénico cuando los ex plantes fueron repicados en medio libre de reguladores. Por otro lado, Ramos-Parra *y col.*, [2010] obtuvieron un promedio de 5.5g de callo de *Strombocactus disciformis* empleando medio MS y MS ½ más 2.5 mgL^{-1} y 3 mgL^{-1} de 2,4 D en un periodo de un mes posterior a su siembra.

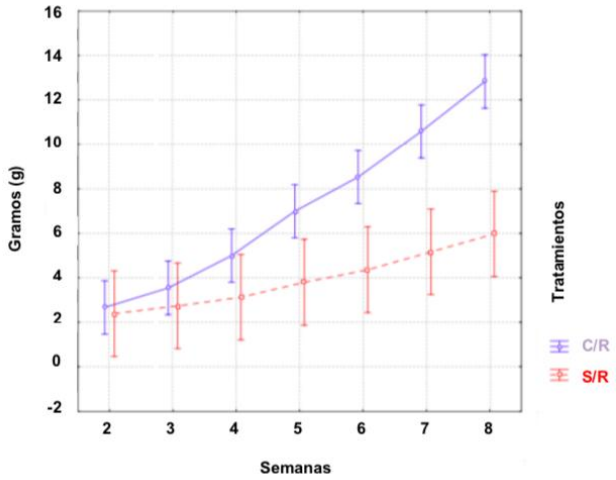


Figura 3. Cinética de crecimiento de tejido calloso en medio MS suplementado con reguladores (C/R) (0.9 mgL^{-1} AIA y 0.9 mgL^{-1} de BAP), y el tratamiento control (S/R)

Conclusiones

La germinación *de M. huitzilopchtli* y la formación de raíz se produjo sin necesidad de adicionar reguladores de crecimiento al medio MS suplementado con 3% sacarosa, obteniéndose con esto un promedio de germinación del 96.42%. El alargamiento de plántulas requirió de estimulación mediante la adición de una concentración mínima de AIA (0.6 mgL^{-1}). La inducción y la proliferación de tejido indiferenciado o callo de *M. huitzilopochtli* se optimizó adicionando al medio 0.9 mgL^{-1}AIA y 0.6 mgL^{-1} BAP, lográndose callo friable de color verde claro y pigmentación rojiza lo que permitió especular sobre la producción de cantidades de metabolitos secundarios. Este es uno de los primeros reportes donde se muestra la efectividad de la auxina natural AIA para la estimulación de la formación de callo en cactáceas pero particularmente en *M. huitzilopochtli*. Se concluye que la propagación *in vitro* de *M. huitzilopochtli,* es factible a partir de los reguladores de crecimiento empleados en este estudio, lo que coadyuvaría a salvaguardar las poblaciones de la especie en su ambiente natural.

Referencias

1. Arriaga, V. Cervantes V. y Vargas-Mena, A. (1994*).* Manual de Especies Nativa. SEDESOL. Instituto Nacional de Ecología, Red para el Desarrollo Sustentable, A.C. UNAM.Mexico.
2. Ávila, J. F., Alberico, F., Buendía, L., Orozco, J., Lechuga, J. A. y Cruz, F. (2005) Reporte preliminar sobre micropropagación de *Obregonia denegrii*, CACTÁCEA en peligro de extinción. XI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.
3. Barba, A. (1999). Reguladores de crecimiento Vegetal en cultivo de Tejidos Vegetales, Trilla. compounds production. *African Journal of Biotechnology* 12 (21): 3204-3207.
4. Bravo-Sánchez H. (1995). Los cactos y otras suculentas. Tercera edición. Mexico Universidad de Autónoma de México, UNAM. Direccion general de publicaciones. Vol. 1. 142 pp.

5. Cardarelli, M., Borgognone, D. y Colla, G. (2010). *in vitro* propagation of *Obregonia denegrii* Frič. (cactaceae). *Propagation of Ornamental Plants* 10 (1): 29-36.
6. Coca-Soriano, E., Ortiz-Montiel, G., Sánchez-Correa, S. y Pérez-Crisanto, P. (2007) Efecto de la irradiación luminosa en la aclimatización de *Mammillaria carmenae* Castañeda (Cactaceae) proveniente de cultivo *in vitro. Cactaceas y Suculentas Mexicanas* 52 (2): 100-108.
7. CONABIO, (1997). La diversidad biológica de México: Estudio de país, Comision Nscional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp 341.
8. De la Rosa-Carrillo, M. L., Domínguez-Rosales, M. S., Pérez-Reyes, M. E. y Pérez Molphe-Balch, E. (2012) Cultivo y propagación *in vitro* de cactáceas amenazadas del género *Turbinicarpus*. *Interciencia* 37 (2): 114-120.
9. Elías, H., Taha, R. M., Hasbullah, N., Mohamed, M., Abdul, M. A., Noraini, M., Mohajer, S. (2014) The effects of plant growth regulators on shoot formation, regeneration and coloured callus production in *Echinocereus cinerascens in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 120 (2): 729–739.
10. Hernández, H. y Godínez, H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.
11. Hill, T. y Lewicki, P. (2007). Statistics: Methods and Applications. Statsoft, Tulsa, ok.http://www.jofamericanscience.org. http://www.statsoft.com/textbook/ (Printed version)
12. Karimi, N., Mofid, M. R. E., Ebrahimi, M., Naderi, R. (2010) Effect of areole and culture medium on callus induction and regeneration *Cereus peruvianus* Mill (Cactaceae). *Trakia Journal of sciences* 8 (2): 31–35.
13. Lopes-Camila, A., De Maria Gomes Dias, G., Salles-Pio, L. A., Da Silveira, F. A., Almendagna-Rodrigues, F., Pasqual, M. (2016). Indução de calos, potencial embriogênico e estabilidade genética em pitaia vermelha Agrária. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 11 (1): 21-25.
14. Medeiros de Araújo, M. S. y De Souza, L. M. (2017). Response of *Opuntia stricta* Haw micropropagated plants in acclimatization and field. *Biotecnología Vegetal* 17 (2): 91 – 97.
15. Montiel-Frausto,L. B., Enríquez del Valle, J. R. y Cisneros, A. (2016) Propagación *in vitro* de *Hylocereus monacanthus* (Lem.) Britton y Rose. *Biotecnología Vegetal* 16 (2): 113– 123.
16. Murashige, T. y Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Plan Physiology* 15: 473-497.
17. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial. (30 de diciembre de 2010). México, D. F.
18. Pérez-Molphe-Balch, E., Santos-Díaz, M. S., Ramírez-Malagón, R., Ochoa-Alejo N. (2015) Tissue culture of ornamental cacti. Sci. Agric. 72 (6): 540-561.
19. Peters-Recagno, E. y Martorell, C. (2001). Conocimiento y conservación de las mamilarias endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R166.México D.F.
20. Ramos-Parra, M., Ulín-Montejo, F., Aguilar-Nieto, J. A., Solís-Trápala, I. L. y Fierro-Carbajal. J. B. (2010) Modelación y estimación del volumen de tejido vegetal *in vitro* de *Strombocactus disciformis* basada en mediciones no intrusivas. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo* 26 (2): 195-203.
21. Robles-Martínez, M., Barba-de la Rosa, A. P., Gueraud, F., Negre-Salvayre, A., Rossignol, M. y Santos-Díaz, M. A. (2016). Establishment of callus and cell suspensions of wildand domesticated Opuntia species: study on their potential as a source of metabolite production. *Plant Cell Tiss Organ* 124: 181- 189.
22. Rodríguez De Francisco, E., Daquinta, M. A. y Fornet-Hernández, E. (2013). Propagation *in vitro* of *Escobaria cubensis* (Britton & Rose) Hunts. *Ciencia y Sociedad* 38 (2): 345-375.
23. Rodríguez-Beraud, M. M., Latsague-Vidal, M. I., Chacón-Fuentes, M. A. y Astorga-Brevis, P. K. (2014) *In vitro* induction of callogenesis and indirect organogenesis from explants of cotyledon, hypocotyl and leaf in *Ugnimolinae*. *Bosque* 35 (1): 111-118.
24. Rodríguez-Peraza, D. F., Espíritu-Rodríguez, M. M., García-Montoya, J. J., Portillo, L. y Soltero, R. (2015). Cultivos celulares para la regeneración inicial en *Opuntia spp*. *Bol. Nakari* 26(1): 1-4.

25. Santos-Díaz, M. S., Velásquez-García, Y. y González-Chávez M. M. (2005) Producción de pigmentos por callos de *Mammillaria candida* SCHEIDWEILER (CACTACEAE). *Agrociencia* 39: 619-626.
26. Soria-Campos, D., López-Escamilla, A. L., y Olguín-Santos, L. P. (2013) Propagación *in vitro* de *Mammillaria schiedeana schiedeana* (Cactaceae), subespecie endémica y amenazada de extinción de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas, Volumen II,* editores Griselda Pulido-Flores y Scott Monks (Lincoln, NE: Zea Books, 2013).
27. Téllez-Román, J., López-Peralta, M. C. G., Hernández-Meneses, E., Estrada-Luna, A. A., Araceli Zavaleta-Mancera, H. y Livera-Muñoz, M. (2017) Morfogénesis *in vitro* de *Mammillaria plumosa* Weber. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8 (4): 863-876.
28. Zambrano-ForeroI, C. J., Ríos-OsorioII, J. A., Beltrán-PedrozaIII, D. M. y Mesa-López, N. (2015) Evaluación de reguladores de crecimiento en la propagación *in vitro* de *Hylocereus megalanthus* (pitahaya amarilla). *Revista Tumbaga* 1 (10): 76-87.
29. Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA.

Estudio del efecto enzimático, térmico y fotoquímico en la transformación de la vainillina

E. Peña Mojica[1], A. Ariza Castolo[2], M.A. Vivar Vera[1], G.C. Rodríguez Jimenes[3], A. Pérez Silva[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Departamento. Ing. Química y Bioquímica. Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n, 4 col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca.
[2]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N., Departamento. Química. Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, México D.F.
[3]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos. Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, Ver.
apsilva30@hotmail.com
Área de participación: *Ingeniería Química.*

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar los mecanismos de transformación de la vainillina en soluciones modelo por efecto enzimático, térmico y fotoquímico. Se prepararon soluciones de vainillina en una solución buffer de fosfatos pH 5 y fueron expuestas a efecto enzimático por la actividad de la peroxidasa, térmico en un reactor a 200 °C y 15 bar durante 90, 180, 270 y 360 min y fotoquímico mediante luz LED blanca durante 1, 4, 7, 14, 21, 28 días. Las soluciones fueron analizadas mediante RMN y GC-MS. Los resultados indicaron que el efecto enzimático por peroxidasa genera mayor transformación de la vainillina, produciendo su dímero (divainillina) hasta un 97%. Por otra parte, el efecto térmico presenta hasta un 11.15% de transformación de la vainillina, produciendo divainillina, 3,3'-dimetoxibifenil-4,4'-diol y otros fragmentos. Mediante fotoquímica no se identificaron los cambios químicos en la vainillina solo cambios de color, al no identificar nuevos compuestos.

Palabras clave: *Vainillina, reacciones de transformación, beneficiado de vainilla y Resonancia Magnética Nuclear (RMN).*

Abstract

The aim of present work was to study the mechanisms of transformation of the vanillin in model solutions by effect enzymatic, thermal and photochemical. Vanillin solutions was preparated in a phosphates buffer solution pH 5 and exposed to effect enzymatic by the peroxidase activity, thermal in a reactor to 200 °C and 15 bar during 90, 180, 270 y 360 min and photochemical with white LED light during 1, 4, 7, 14, 21, 28 days. The solutions was analyzed by means of NMR and GC-MS. The results indicated that the effect enzymatic by peroxidase produce the greater vanilllin transformation, generating its dimer (divanillin) until 97%. The thermal effect present until 11.15% of vanillin transformation, producing divanillin, 3,3′-dimethoxybiphenyl-4,4′-diol and others fragments. By photochemical not identificate chemical changes in vanillin, only color changes, by not identifying new compounds.

Key words: *Vanillin, transformation reactions, curing of vanilla and Nuclear Magnetic Resonance (NMR).*

Introducción

La vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído) es uno de los agentes aromatizantes más ampliamente utilizados e importantes en el mundo, debido a que posee un aroma agradable, dulce e intenso, que ofrece un flavor a vainilla; por lo cual su uso es extenso en industrias alimentarias, perfumería y farmacéuticas [Ramachandra y Ravishankar, 2000; Gallage y Møller, 2015]. De manera natural, la vainillina está presente en las vainas verdes de vainilla en forma glucosilada (glucovainillina), es el componente principal de la vainilla, en las vainas beneficiadas se encuentra en concentraciones de entre 2 – 2.5%, conformando el 86% de su aroma, el resto (14%) está conformado por más de 200 compuestos aromáticos [Odoux, 2006; Pérez-Silva y col., 2006, Sabik y col., 2016]. La vainillina se obtiene de forma natural a partir de las vainas de la orquídea de vainilla (*Vanilla planifolia*), las cuales desarrollan su aroma mediante un proceso de beneficiado conformado por cuatro etapas: marchitamiento, sudado, secado y acondicionamiento. Además, del desarrollo del aroma en las vainas, se ha

reportado pérdidas mayores al 50% del compuesto mayoritario de la vainilla, vainillina [Odoux, 2006, Dunphy y col., 2009, Pérez-Silva y col., 2011, Zhang y col., 2014]. Hasta ahora no se conocen con exactitud las reacciones responsables de esta pérdida. Sin embargo, una parte puede deberse a diversas reacciones de transformación que sufre la vainillina. Se han reportado diversas vías de transformación de la vainillina por reacciones tanto enzimáticas como químicas. La peroxidasa es la principal enzima presente en las vainas durante el proceso de beneficiado de la vainilla responsable de la transformación de la vainillina. Gatfield y col. (2006) reportó que la peroxidasa puede dimerizar a la vainillina en divainillina en las vainas durante el beneficiado, ya que se ha identificó la presencia de este dímero en extractos de vainilla procedentes de diferentes países (México, Madagascar y Tahití). Por otro lado, la vainillina puede oxidarse a ácido vainillínico y dimerizarse mediante reacciones químicas inducidas por el calentamiento en las vainas durante el secado al sol en el beneficiado tradicional de la vainilla [Hernández-Ramos, 2009; Pérez-Silva y col., 2011]. En la actualidad sólo se ha estudiado las reacciones de transformación de vainillina generadas por el efecto de la temperatura cuando las vainas son secadas al sol durante el beneficiado de la vainillina. Sin embargo, falta información sobre el efecto de la radiación solar a la vainillina, pudiendo generar reacciones de transformación fotoquímica.

Metodología

Materiales

Se utilizó vainillina en polvo de la marca Sigma-Aldrich con un grado de pureza de 99%. La enzima fue peroxidasa de rábano de la marca Sigma-Aldrich. Peróxido de hidrogeno al 30% de la marca J.T. BAKER. Para la solución amortiguadora de fosfatos se utilizaron fosfato monobásico y dibásico de sodio de la marca Química Meyer (97% de pureza).

Preparación de soluciones para el efecto enzimático

Para la evaluación del efecto enzimático en la vainillina se siguió la técnica reportada por Nishimura y col. (2010), se preparó una solución de vainillina al 1%, en una solución amortiguadora de fosfatos pH 5. La solución fue calentada a 40 °C en un termoagitador y se añadió la peroxidasa de rábano más peróxido de hidrógeno al 3%, permaneciendo en agitación durante 5 m. Posteriormente la solución fue filtrada en un embudo buchner y el precipitado fue lavado con agua destilada. Los sólidos retenidos en el filtro fueron secados en una estufa de secado BINDER a 50 °C.

Preparación de soluciones para el efecto térmico

Para la evaluación del efecto térmico de la vainillina, se prepararon soluciones de vainillina utilizando la solución buffer de fosfatos pH 5 con un volumen de 3 mL y una concentración de 300 mMol/L en tubos específicos para el uso del reactor. Las soluciones fueron sometidas a una reacción con temperatura y presión controlada en un reactor de la marca Anton Paar modelo Monowave 50 a diferentes tiempos como se muestra en la tabla 1. La reacción en el reactor consistió en exponer la solución a 90 °C durante 10 m para una buena disolución de la vainillina y posteriormente incrementar la temperatura en 5 m a 200 °C y 15 bar y mantenerla durante los tiempos indicados en los tratamientos.

Tabla 1. Tratamientos realizados para el efecto térmico de la vainillina.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Presión (bar)	Tiempo (min)
Control	35	0	0
T1	200	15	90
T2	200	15	180
T3	200	15	270
T4	200	15	360

 ISSN 2007-8102

Construcción de un fotorreactor

Para la evaluación del efecto fotoquímico de la vainillina, se construyó un fotorreactor. Utilizando una caja con medidas de 20 cm de largo x 23 cm de ancho, la cual fue cubierta con papel aluminio en el interior. La fuente de luz fue una lámpara LED blanca de 3000 lumens de la marca Husky, que emitía radiación dentro del campo visible (400-700 nm). Además, se integró un ventilador para evitar que las muestras se calentaran y un termómetro para monitorear la temperatura. El fotorreactor fue colocado arriba de un termoagitador de la marca Prendo para mantener en agitación las soluciones durante la exposición a la luz.

Preparación de soluciones de vainillina para reacción fotoquímica.

Las soluciones de vainillina para el evaluar el efecto fotoquímico se preparon utilizando la solución buffer de fosfatos pH 5 con un volumen de 5 mL a una concentración de 100 mMol/L (la concentración disminuyo debido a que a temperatura ambiente la vainillina precipitaba, afectando el efecto de la luz), en viales de 10 mL. Posteriormente, las soluciones fueron expuestas a una distancia de 2.5 cm a la luz led blanca en el fotorreactor anteriormente mencionado. Siguiendo los tratamientos descritos en la tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos empleados para el efecto fotoquímico de la vainillina.

Tratamiento	Radiación	T (°C)	Tiempo (días)
Control	0	35	0
V1	Luz LED blanca	30-35	1
V2	Luz LED blanca	30-35	4
V3	Luz LED blanca	30-35	7
V4	Luz LED blanca	30-35	14
V5	Luz LED blanca	30-35	21
V6	Luz LED blanca	30-35	28

Análisis por Resonancia Magnética Nuclear (RMN)

Los sólidos secos obtenidos de las soluciones de vainillina después de los diferentes efectos fueron analizados por resonancia magnética nuclear de protón y carbono (^{1}H y ^{13}C) para la obtención de espectros de 1 dimensión. Todos los espectros fueron obtenidos utilizando tubos de RMN de 5 mm con cloroformo deuterado ($CDCl_3$) y dimetilsulfoxido deuterado (DMSO-d_6) en un equipo de RMN de la marca JEOL modelo ECA-500 observando a 500.15 MHz a hidrógeno y 125.76 MHz al carbono 13. Además, se efectuaron experimentos de RMN de 2 dimensiones: Correlación única (COSY), Coherencia cuántica única heteronuclear (HSQC) y Correlación de enlaces múltiples heteronucleares (HMBC).

Análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)

Se prepararon extractos orgánicos con cloruro de metileno de las soluciones de vainillina después de la exposición a los diferentes efectos y fueron analizados por GC-MS, utilizando un cromatógrafo (GC System 7890) acoplado a un detector de espectrometría de masas (MSD 5975C) de la marca Agilent Technologies. Se utilizó como fase móvil helio (99.99%) a una velocidad de flujo de 1.5 mL/min, con una columna capilar de sílice fundida de fase estacionaria HP5MS de dimensiones de 30 m de largo x 0.25 mm de diámetro y 0.25 µL de espesor de la película. La temperatura inicial de la columna fue de 40 °C durante 3 min y aumentó 8 °C/min hasta una temperatura de 168 °C por 1 min. Posteriormente aumentó 3 °C/min hasta 213 °C por 1 m y aumentó 8 °C/min hasta una temperatura final de 288 °C por 20 min. La temperatura del inyector fue de 220°C y del detector de 250 °C. El volumen de inyección de la muestra fue de 1 µL, utilizando el modo de inyección splitless. Los compuestos en las soluciones fueron identificados por comparación de sus espectros de masas con los reportados por la base datos de la librería NIST08 L.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Cambios físicos en las soluciones de vainillina

Las soluciones de vainillina después de ser sometidas a los diferentes efectos presentaron cambios físicos como se observa en la figura 1. El cambio de color fue evidente en los tres efectos, enzimático (figura 1A), químico (figura 1B) y fotoquímico (figura 1C,), presentando colores con tonalidades más oscuras después de la actividad enzimática y según aumentaba el tiempo de exposición a la temperatura y a la luz LED blanca. Estos cambios de color son similares a los que ocurren con las vainas de vainilla durante su beneficiado, pasando de un color verde a marrón chocolate. Esto puede demostrar que los cambios de color en las vainas de vainilla, no solo son ocasionados por actividad enzimática [Odoux, 2006; Dunphy y col., 2009], también por reacciones químicas inducidas por la temperatura y radiación solar cuando son expuestas al secado al sol durante el beneficiado tradicional. Por otra parte, las soluciones de vainillina expuestas al efecto térmico presentaron formación de precipitados que aumentaba conforme transcurría el tiempo de exposición, indicando la formación de polímeros de vainillina.

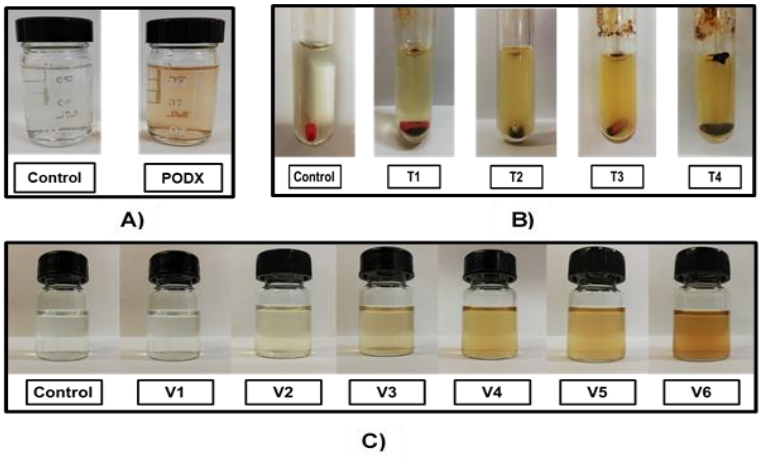


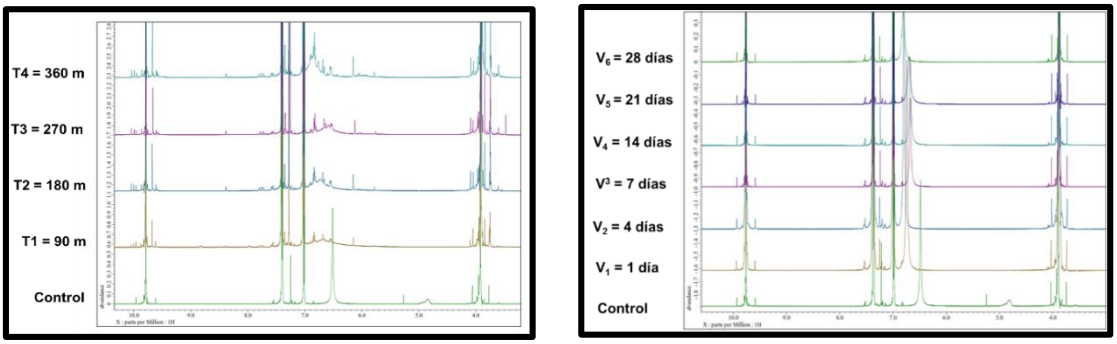
Figura 1. Cambios físicos en las soluciones de la vainillina después del efecto: A) Enzimático, B) Térmico y C) Fotoquímico.

Análisis de espectros de RMN de ^{1}H del efecto térmico y fotoquímico

Los espectros de RMN de ^{1}H de las soluciones de vainillina fueron analizados mediante el programa DELTA RMN (figura 2). El análisis consistió en comparar cada espectro de los tratamientos utilizados en los efectos térmico y fotoquímico con un espectro control de vainillina al 99%, con la finalidad de encontrar nuevas señales que demostraran la formación de nuevos compuestos. Para el efecto térmico se identificó la presencia de nuevas señales en los espectros desde el tratamiento 1 hasta el tratamiento 4 como se muestra en la figura 2A. Las nuevas señales se encontraban en la parte del aldehído con los siguientes desplazamientos químicos δ ^{1}H: 10.019, 9.9681 y 9.649 ppm, en la parte aromática se identificaron señales dobles (δ ^{1}H: 8.3612, 7.7409, 7.7068, 7.5674, 7.7773, 7.5485, 7.327, 6.6568 y 6.6302 ppm) y doble de doble (δ 1H: 6.521 ppm). Y para la parte del metoxilo δ ^{1}H: 4.072, 3.94, 3.812 y 3.724 ppm. Aunque estas señales se identificaban en los espectros de los cuatro tratamientos, cabe destacar que en los espectros de los tratamientos T2, T3 y T4 se observaban nuevas señales que presentaban una menor intensidad en la parte aromática del espectro. Las nuevas señales identificadas en los espectros demostraban la presencia de nuevos compuestos de los cuales su estructura aún no era elucidada. Sin embargo, en la conversión fotoquímica, mediante el análisis de los espectros (figura 2B) se observó que no existía la presencia de nuevas señales que indicara la formación de nuevos compuestos. Por lo cual, se podría deducir que no se logró demostrar la conversión fotoquímica de la vainillina cuando es expuesta a la radiación emitida por luz LED blanca durante 28 días debido a la pequeña cantidad de los compuestos y solo se tiene como evidencia el cambio de color como se observa en la figura 1C. La estabilidad de la vainillina a la radiación emitida por la luz LED blanca, podría estar bien justificada. Debido a que se han establecido patentes del uso de la vainillina como protectores solares en productos cosméticos, al tener una buena estabilidad a la

 ISSN 2007-8102

radiación UV [Chatelin y col., 2000; Zhao y col., 2003]. Además, se han realizado investigaciones donde se propone su uso para la protección de cambios de color en alimentos por exposición a la luz [Lei, 2009].



A) B)

Figura 2. Análisis de los espectros de RMN de ^{1}H de las soluciones de vainillina por el programa delta RMN: A) Efecto térmico y B) Efecto fotoquímico.

Porcentajes de conversión de la vainillina

Los porcentajes de conversión de vainillina en el efecto térmico fueron calculados mediante la relación entre las integrales determinadas por el programa DELTA RMN de las señales correspondientes a los grupos metoxilos en los espectros de RMN de ^{1}H de los tratamientos del efecto térmico y la señal del metoxilo de la vainillina en el espectro control. En la tabla 3 se observan los porcentajes obtenidos de la conversión de la vainillina en los tratamientos del efecto térmico. Encontrando que conforme transcurría el tiempo de exposición de las soluciones de vainillina a la temperatura, el porcentaje de conversión de la vainillina aumentaba, obteniendo hasta un 11.15% de conversión de la vainillina en el tratamiento 4. Hernández-Ramos, (2009) reportó que, mediante reacciones de transformación química inducidas por temperatura de 80°C durante 29 días, la vainillina podía convertirse hasta un 8.33%. Estos porcentajes de conversión de la vainillina por efecto térmico, podrían ayudar a entender lo que ocurre con las pérdidas de vainillina reportadas durante el beneficiado de la vainilla, que van del 50-60% [Odoux, 2006; Pérez-Silva y col., 2011; Zhang y col., 2014]. Sin embargo, el porcentaje de conversión por efecto térmico, se encuentra por debajo del porcentaje obtenido por efecto enzimático de la peroxidasa que fue del 97%. Lo que indica que la mayor parte de la conversión de la vainillina en las vainas durante el beneficiado es atribuida al efecto enzimático de las peroxidasas, como se había esperado anteriormente por Gatfield y col. (2006) y Pardío y col. (2018). Mediante el efecto fotoquímico no se demostró la conversión de la vainillina, debido a que como se observó anteriormente la vainillina no sufría cambios químicos.

Tabla 3. Porcentajes de conversión de la vainillina por efecto térmico en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Conversión de vainillina (%)
T1	2.45
T2	4.80
T3	8.26
T4	11.15

Identificación de los nuevos compuestos después de los efectos

El precipitado obtenido en la solución de vainillina después de la reacción enzimática por peroxidasa fue analizado mediante RMN ^{1}H y ^{13}C. En base a los espectros obtenidos se elucidó la estructura química. El compuesto identificado en el precipitado fue divainillina ($C_{16}H_{14}O_6$) como se observa en el espectro de ^{1}H de la figura 3.

 ISSN 2007-8102

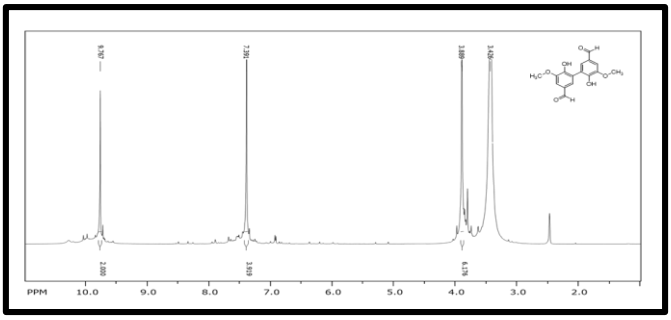


Figura 3. Espectro de ^{1}H del precipitado obtenido de la reacción enzimática de la vainillina.

Mediante el análisis de RMN de las soluciones después de los tratamientos del efecto térmico se logró la elucidación de la estructura de 7 moléculas encontradas en los cuatro tratamientos, mostradas en el espectro de 2 dimensiones de correlación unica protón-protón (COSY) (figura 4). Los compuestos presentaron 2 sistemas de anillos aromáticos, de 2H (anillo tetrasustituido) y 3H (anillo trisustituido). Para los anillos aromáticos de 2H los compuestos identificados fueron la divainillina ($C_{16}H_{14}O_6$) y otros tres fragmentos que fueron denominados como fragmentos 4, 5 y 6. Los compuestos que presentaban un anillo aromático de 3H fueron la vainillina ($C_8H_8O_3$), el 3,3'-dimetoxibifenil-4,4'-diol ($C_{14}H_{14}O_4$) y el fragmento 7. La divainillina y el 3,3'-dimetoxibifenil-4,4'-diol ya han sido identificados anteriormente como productos de la transformación química de la vainillina por efecto térmico a temperatura menores (80°C) pero mayores tiempos de exposición (29 días) [Hernández-Ramos, 2009]. Además, también se ha reportado su presencia en extractos alcohólicos de vainas de vainilla beneficiada [Gatfield y col., 2006; Hernández-Ramos, 2009].

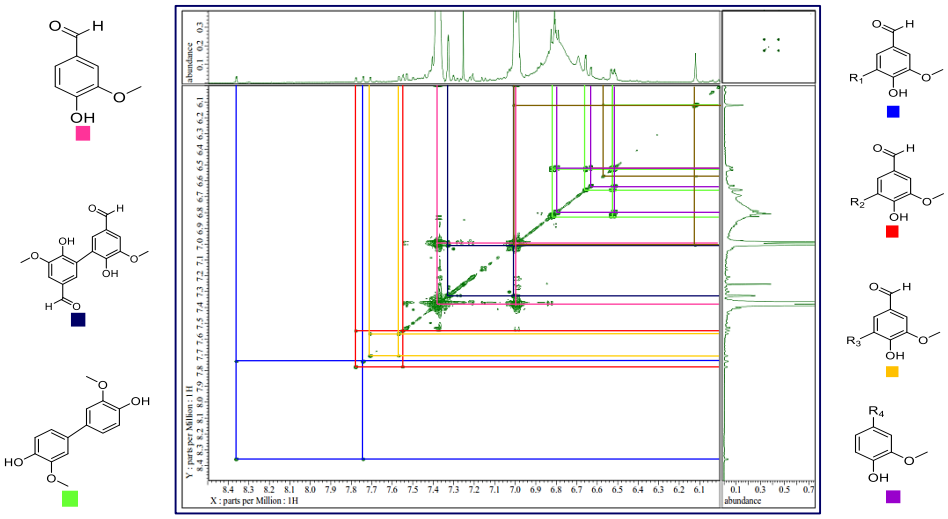


Figura 4. Espectro de RMN de ^{1}H (Eje X y Y). El COSY RMN dos-dimensional muestra las interacciones H-H correspondientes a la vainillina (■), dehidrodivainillina (■), 3,3'-dimetoxibifenil-4,4'-diol (■), fragmento 4 (■), fragmento 5 (■), fragmento 6 (■) y fragmento 7 (■).

Análisis por CG-MS de las soluciones después del efecto enzimático y térmico

Los cromatogramas de la solución de vainillina antes y después de la reacción enzimática se muestran en la figura 5. El análisis de CG-MS de la solución de vainillina después de la reacción enzimática no mostró la

formación de nuevos compuestos, sin embargo, se puede observar una considerable disminución en el contenido de vainillina entre la solución antes y después de la reacción enzimática. Lo que nos indica que la mayor parte de la vainillina reaccionó con la peroxidasa aun cuando no fueron identificados nuevos productos en estas condiciones cromatografías.

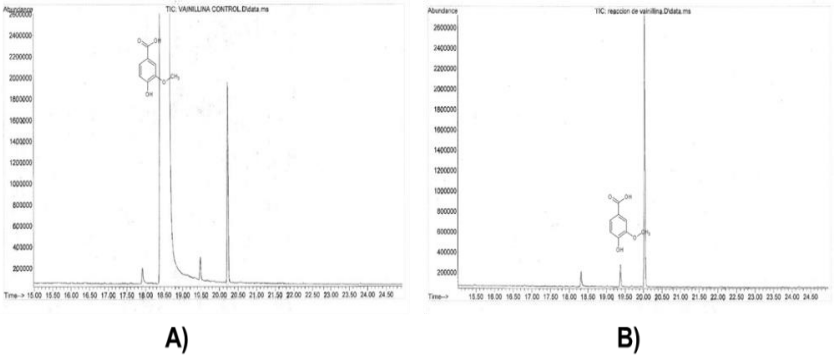


Figura 5. Cromatogramas obtenidos de las soluciones de vainillina: A) Antes de la reacción enzimática B) Después de la reacción enzimática.

Los resultados obtenidos del analisis por GC-MS de las soluciones de vainillina después de los tratamientos del efecto térmico indicaron la presencia de guayacol en las soluciones, observando que su contenido aumentaba conforme transcurría el tiempo de exposición a la temperatura. El guayacol ha sido identicado en las vainas de vainilla en el beneficiado, formandose durante los primero días del proceso y disminuyendo su contenido en las ultimas etapas [Pérez-Silva y col., 2011]. Altas concentraciones de guayacol en las vainas beneficiadas no es deseable, debido a que está relacionado con una mala calidad aromática en las vainas, por su aroma y bajo umbral de percepción. La identificación de guayacol en las soluciones de vainillina después del efecto térmico, podría proporcionar una idea de la vía de formación de este compuesto en las vainas durante el beneficiado de la vainilla. Esto indica que el guayacol no se gerenera a partir de un precursor glucosilado, confirmando lo reportado por Pérez Silva y col. (2011). Los resultados obtenidos permiten deducir que largos tiempo de exposición de las vainas al calor, puede favorecer la formación de este compuesto por reacciones de transformación de la vainillina.

Trabajo a futuro

Continuar con la cuantificación de la disminución de la concentración de la vainillina en las soluciones después de los diferentes efectos estudiados mediante cromatografía líquida de alta resolución acoplada a un detector de diodos (HPLC-DAD) y el análisis de color de las soluciones por un colorímetro.

Conclusión

El análisis de las soluciones de vainillina sometidas a efecto enzimático, térmico y fotoquímico demostró que la principal vía de transformación de la vainillina es mediante la actividad enzimática de la peroxidasa, produciendo hasta un 97% de divainillina. Sin embargo, la temperatura también juega un papel importante al generar una variedad de productos provenientes de reacciones de transformación. La formación de nuevos compuestos por efecto térmico y enzimático indican que la temperatura y la actividad de la peroxidasa son puntos clave en las pérdidas de vainillina reportadas en las vainas durante el beneficiado. Además, los cambios de color en las soluciones de vainillina por los tres efectos demuestran que los cambios de color generados en las vainas durante

su beneficiado no solo son generados por actividad enzimática, también por efecto de la temperatura y radiación solar.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado en el proyecto “Estudio de la transformación química y enzimática de la vainillina en un sistema modelo y durante el beneficiado de la vainilla” (Clave 6839.18-P) y al CONACYT por la beca otorgada al estudiante Eduardo Peña Mojica durante sus estudios de Maestría y su estancia en Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IPN) en la ciudad de México.

Referencias

1. Dunphy, P., & Bala, K. (2009). Vanilla curing: the senescent decline of a ripe vanilla bean and the birth of vanillin. Perfumer & Flavorist, 34(10), 34-40.
2. Gallage, N. J., & Møller, B. L. (2015). Vanillin–bioconversion and bioengineering of the most popular plant flavor and its de novo biosynthesis in the vanilla orchid. Molecular plant, 8(1), 40-57.
3. Gatfield, I., Reib, I., Krammer, G., Oliver. S.C., Kindel, G., Jurgen, H. (2006). Divanillin: Novel Taste-Active Component of Fermented Vanilla Beans-The elucidation of the fate of vanillin during the traditional curing process. Perfumer and Flavorist, 31(8), 18-21.
4. Hassan, S., Araceli, P. S., Denis, B., María de los Ángeles, V. V., Mayra, N. G., & Delfino, R. L. (2016). Identification of volatile compounds in cured Mexican vanilla (Vanilla planifolia G. Jackson) beans using headspace solid-phase microextraction with gas chromatography-mass spectrometry. Fruits, 71(6), 407-418.
5. Hernández-Ramos, D. (2009). Estudio de la degradación química de la vainillina. Tesis de maestría en ciencias de los alimentos. Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Tuxtepec. Oaxaca.
6. Lei, H. A. N., Dong, B. C., Yang, X. J., Huang, C. B., Wang, X. D., & Wu, X. J. (2009). Effect of light on flavonoids biosynthesis in red rice Rdh. *Agricultural Sciences in China*, *8*(6), 746-752.
7. Nishimura, R. T., Giammanco, C. H., & Vosburg, D. A. (2010). Green, enzymatic syntheses of divanillin and diapocynin for the organic, biochemistry, or advanced general chemistry laboratory. Journal of Chemical Education, 87(5), 526-527.
8. Odoux, É. (2006). Glucosylated aroma precursors and glucosidase(s) in vanilla bean (Vanilla planifolia G. Jackson). Fruits, 61(3), 171-184.
9. Pardío, V. T., Flores, A., López, K. M., Martínez, D. I., Márquez, O., & Waliszewski, K. N. (2018). Effect of endogenous and exogenous enzymatic treatment of green vanilla beans on extraction of vanillin and main aromatic compounds. Journal of food science and technology, 55(6), 2059-2067.
10. Pérez-Silva, A., Odoux, E., Brat, P., Ribeyre, F., Rodriguez-Jimenes, G., Robles-Olvera, V., García-Alvarado, M.A., & Günata, Z. (2006). GC–MS and GC–olfactometry analysis of aroma compounds in a representative organic aroma extract from cured vanilla (Vanilla planifolia G. Jackson) beans. Food chemistry, 99(4), 728-735.
11. Pérez-Silva, A., Gunata, Z., Lepoutre, J. P., & Odoux, E. (2011). New insight on the genesis and fate of odor-active compounds in vanilla beans (Vanilla planifolia G. Jackson) during traditional curing. Food research international, 44(9), 2930-2937.
12. Ramachandra Rao, S., & Ravishankar, G. A. (2000). Vanilla flavour: production by conventional and biotechnological routes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80(3), 289-304.
13. Chatelin, R., Gavet, L., Bourgeots, M., Caramaro, L., Debras, J. P., & Couvret, D. (2000). *E.S. Patent No. 2,138,616.* Madrid, España: Spanish Office of Patents and Marks.
14. Zhang, Y., Mo, L., Chen, F., Lu, M., Dong, W., Wang, Q., Xu, F. & Gu, F. (2014). Optimized production of vanillin from green vanilla pods by enzyme-assisted extraction combined with pre-freezing and thawing. Molecules, 19(2), 2181-2198.
15. Zhao, X. E., Mason, M. E., & Xia, J. (2003). *U.S. Patent No. 6,596,795*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Evaluación de la eficiencia antimicrobiana del extracto de cornezuelo (*Acacia cornígera*)

G. G. Bárcena-Vicuña[1], J. Ramírez-Hernández[1], P. Piscil-Guzmán[1], L. Nava-Montiel[2], A. García-Ceja[2],*
[1]Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, Prol. Heliotropo 1201, Vista Hermosa, Atlixco, Puebla, México
[2]Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Av. Tecnológico, Col. El Huasteco Cd. Lázaro Cárdenas C.P. 73049, Puebla, México
**baviga@yahoo.com.mx*
***Área de participación**: Ingeniería química*

Resumen

Las plantas producen compuestos con propiedades antimicrobianas que pueden ser empleadas en el control de diversas enfermedades. La obtención de los extractos vegetales y el estudio de sus compuestos activos propician su empleo contra diferentes bacterias. México cuenta con una extensa variedad de plantas que son usadas con fines medicinales, una de ellas es el cornezuelo (*Acacia cornígera*), el cual ha sido ocupado como remedio para tratar enfermedades infecciosas, como la gastroenteritis, disentería, disípela, entre otras. En el presente proyecto se obtuvo y evaluó la eficacia del extracto etanólico de cornezuelo a diferentes concentraciones en cepas de bacterias patógenas, con el propósito de ampliar la gama de antimicrobianos a los ya existentes, y en un futuro se utilice como tratamiento en padecimientos infecciosos.

***Palabras clave**: Acacia cornígera, Escherichia coli, Pseudomona aeruginosa, bacterias patógenas.*

Abstract

Plants produce compounds with antimicrobial properties that can be used in the control of gastrointestinal diseases. Obtaining plant extracts and studying their active compounds favor their use against different bacteria. Mexico has an extensive variety of plants that are used for medicinal purposes, one of which is ergot (Acacia cornigera), which has been used as a remedy to treat infectious diseases, such as gastroenteritis, dysentery, excuse it, among others. In the present project, the efficacy of ergot extract at different concentrations in strains of pathogenic bacteria was obtained and evaluated, with the purpose of expanding the range of antimicrobials to those already existing, and in the future it will be used as a treatment in infectious diseases.

***Key words**: Acacia cornice, ergot, pathogenic bacteria.*

Introducción

Las bacterias son agentes etiológicos de numerosas enfermedades, al inicio del siglo XX las enfermedades infecciosas eran una de las causas de muerte más frecuentes y aunque se ha conseguido su control sobre muchas de ellas con la siguiente disminución de la mortalidad, aún hoy constituyen una de las principales causas de muerte en países subdesarrollados. Así el número de personas que mueren por enfermedades microbianas tan extendidas como la malaria, la tuberculosis, el cólera, la gripe, la neumonía, la gastroenteritis, entre otras, es elevado. Además, los microorganismos todavía constituyen una amenaza grave para enfermos cuyo sistema inmunológico se ha dañado, por las complicaciones resultantes de infecciones oportunistas, o cuando se produce una infección por un patógeno con resistencia múltiple. Todo ello hace que el control de enfermedades infecciosas sea un tema de actualidad, habiéndose alcanzado éxitos tan importantes para la medicina como la erradicación de la viruela [Lizarbe, 2009].

Los antimicrobianos naturales que más se destacan en los últimos años son los de hierbas y plantas y su actividad antimicrobiana se atribuye a los compuestos fenólicos presentes en sus extractos o aceites esenciales [Suárez, 2006]. En las últimas décadas se han estudiado múltiples familias del reino vegetal con el fin de establecer su composición química y sus efectos antimicrobianos, destacando las *familias Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae*

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

y *Euphorbiaceae*, en cuanto a los microorganismos de mayor interés se encuentran *Staphylococcus aureus, Mycobacterium tuberculosis, Escherichia coli y Pseudomona aeruginosa* [Sharma, 2017]. Por lo anterior el presente documento tiene como objetivo evaluar la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de la espina de cornezuelo a diferentes concentraciones en cepas de bacterias patógenas de importancia clínica como son *Escherichia coli* 11229*, Escherichia coli* 10536, *Escherichia coli* 27853 y *Pseudomona aeruginosa* 27853; con el propósito de ampliar la gama de antimicrobianos a los ya existentes, y en un futuro pueda ser utilizado como tratamiento en padecimientos infecciosos.

Metodología

Materiales. Campana de flujo laminar vertical “SEV PRENDO”, autoclave vertical “PROLAB”, espectrofotómetro “GÉNESYS 20”, Incubadora “SEV PRENDO”, Glicerol (99.99% de pureza), alcohol absoluto grado reactivo, medio de cultivo agar Müller Hinton “DIBICO”, y caldo de cultivo Müller Hinton “DIBICO”. Se emplearon las siguientes cepas bacterianas Cepa de *Escherichia coli* (*E. coli*) ATCC 11229, cepa de *Escherichia coli* (*E. coli*) ATCC 10536, cepa de *Escherichia coli* (*E. coli*) ATCC 25922, *cepa de Pseudomona aeruginosa* (*P. aeruginosa*) ATTC 27853.

.

Diluciones del extracto a diferentes concentraciones

Preparación de medio de cultivo líquido e inoculación de cepas bacterianas de *E. coli* ATCC 11229, *E. coli* ATCC 10536*, E. coli* ATCC 25922 *y P. aeruginosa* ATCC 27853

Para la realización del siguiente trabajo se utilizó el método de difusión por disco (Kirby Bauer) en agar Müeller Hinton el cual es uno de los métodos que la National Committe for clinical Laboratory Standards (NCCLS) recomienda para la determinación de la sensibilidad bacteriana a los antimicrobianos.

Para la preparación del medio de cultivo líquido se utilizó el caldo de cultivo Müeller Hinton de acuerdo las instrucciones del envase, una vez preparado el medio se procedió a verterlo en tubos de cultivo (10 mL en cada tubo), para posteriormente esterilizar en un autoclave vertical con dimensiones de 30 x 60 cm, modelo EV – 30. Una vez esterilizado el medio, se inoculó cada tubo con 100 µL de la cepa bacteriana, esto se realizó dentro de una campana de flujo laminar vertical modelo CFLV – 101. Todos estos procedimientos fueron realizados bajo condiciones de esterilidad, al terminar la inoculación los tubos se incubaron en agitación dentro de una estufa de cultivo modelo FE13AD, a una temperatura de 37 °C, por un lapso de 16 a 18 h.

Inoculación por estría en placas Petri.

Se preparó el medio de cultivo agar Müeller Hinton de acuerdo las instrucciones del envase, una vez preparado el medio se metió a esterilizar en el autoclave con los parámetros requeridos. Dentro de una campana de flujo laminar se procedió a verter el medio en placas Petri llenando aproximadamente hasta ¾ partes de la capacidad de la placa. Al haber terminado de llenar todas las placas, se dejó enfriar hasta que se solidificara el agar. Posteriormente se inoculó por estría y se incubó a 37 °C por 16 a 18 h.

Preparación del inóculo.

Para la preparación del inóculo se utilizó el caldo de cultivo Müeller Hinton, una vez preparado el medio se vertió en tubos de cultivo (10 mL para cada tubo), a continuación, se esterilizaron los tubos y posteriormente se procedió a inocular una cepa para cada tubo tomando cuatro colonias de la previa inoculación por estría. El siguiente paso fue incubar con agitación a los tubos a una temperatura de 37 °C por aproximadamente 3 h.

Inoculación por hisopo en placa Petri.

 ISSN 2007-8102

Una vez alcanzando la densidad óptica deseada, se preparó el medio de cultivo agar Müeller Hinton, se esterilizó y se vertió en placas Petri. Posteriormente se ocuparon hisopos estériles para inocular, una placa para cada cepa y todo se realizó por triplicado.

Realización de antibiograma (método de Kirby Bauer).

En la figura 1 se muestran los sensidiscos utilizados previamente esterilizados, posteriormente se sumergió cada uno de los sensidiscos en cada una de las diluciones del extracto. Cada sensidisco se colocó en la placa que previamente se había inoculado, para cada cepa bacteriana se probaron las cinco diluciones colocando en todas las placas un control negativo (etanol) y otro positivo (antibiótico), teniendo como máximo un total de cinco sensidiscos en cada placa y realizando las pruebas por triplicado. Las placas, se incubaron de 16 a 18 h a 37 °C, para la posterior lectura de los halos de inhibición.

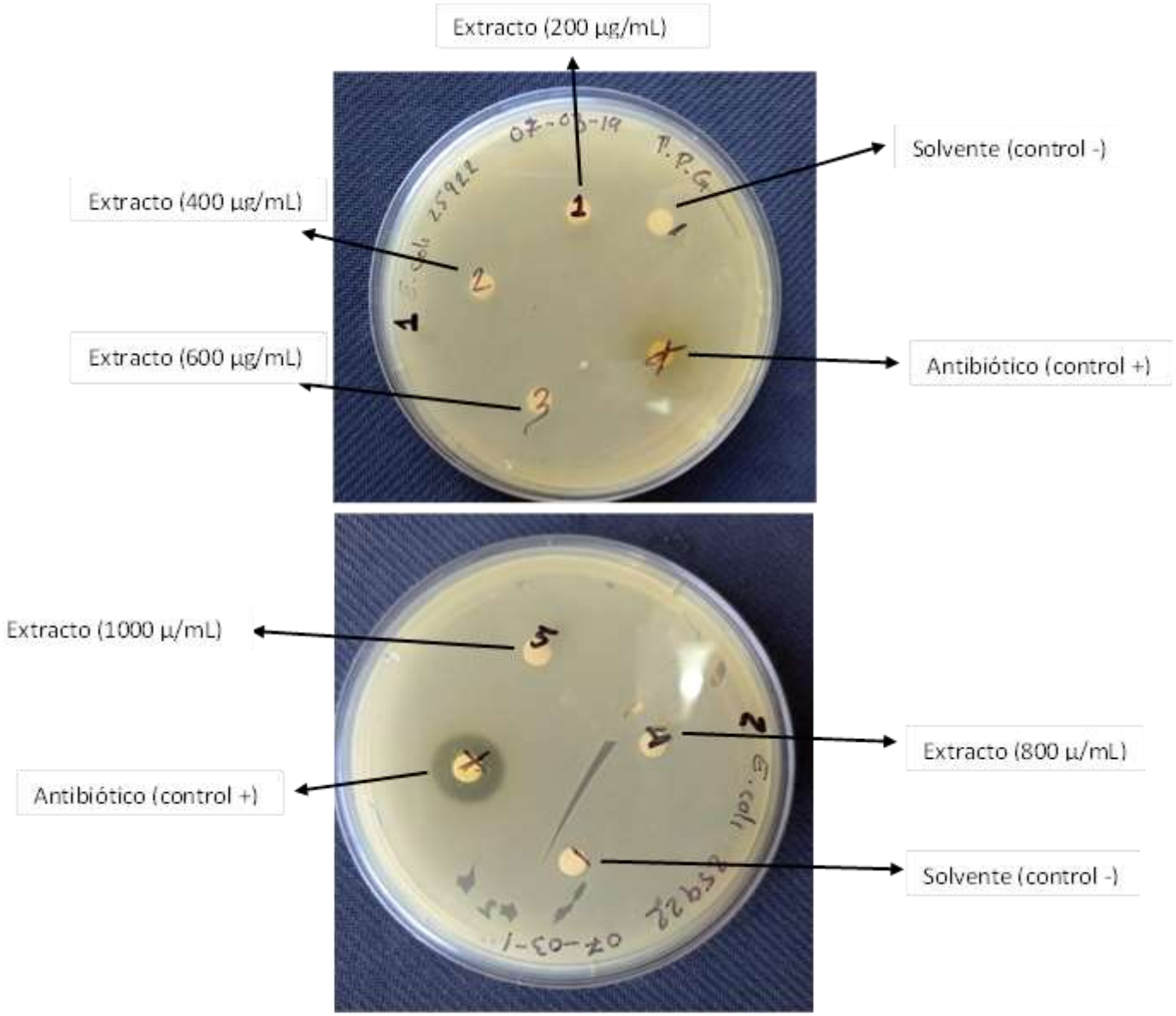


Figura 1. Antibiograma por el método Kirby Bauer.

Medición de halos de inhibición

 ISSN 2007-8102

En la figura 2 se muestra la medición de los halos de inhibición con un un vernier digital, las medidas se efectuaron midiendo desde el perímetro del sensidisco hasta donde termina el halo de inhibición, es decir solo el radio del halo.



Figura 2. Medición de halos de inhibición.

Antibióticos utilizados en las pruebas biológicas

Los antibióticos utilizados en las pruebas biológicas fueron seleccionados con base al tipo de bacteria que se utilizó, los cuales son de uso común en la población para el tratamiento de las enfermedades infecciosas.

- Bencilpenicilina (Marca: Penipot; Lote: 118T686).
- Nitrofurantoína (Marca: American Generics; Lote 116S592).
- Amoxicilina con ácido clavulánico (Marca: Farmacia del Ahorro; Lote: 151803).

Resultados y discusión

En las tabla 1 podemos apreciar las cepas microbiológicas utilizadas en el proyecto, así como las diferentes concentraciones a las cuales se probó el extracto.

Tabla 1. Efecto del extracto de *Acacia cornígera* sobre las diferentes cepas bacterianas.

Bacteria	Concentración 1	Concentración 2	Concentración 3	Concentración 4	Concentración 5	Antibiótico	Etanol
E. Coli 11229	1.143	0.656	1.895	1.966	2.166	2.721	1.491
E. Coli 25922	2.178	2.301	2.268	0.648	1.723	3.688	2.508
E. Coli 10536	1.666	1.34	1.386	2.195	2.448	3.472	1.811
Pseudomona aeruginosa	1.743	1.715	1.8	2.391	3.608	3.414	2.053

Como puede observarse en la tabla 1 todas las concentraciones tuvieron efectos diferentes entre sí, los correspondientes a la concentración 5, fueron los que obtuvieron un efecto inhibitorio sobre las diferentes cepas, en el caso del control positivo, el porcentaje de inhibición fue mayor para las diferentes cepas de *Escherichia coli.*

 ISSN 2007-8102

Actividad antibacteriana.

La figura 3 nos muestra los resultados obtenidos del efecto del extracto sobre la cepa *E. coli* 11229**.**

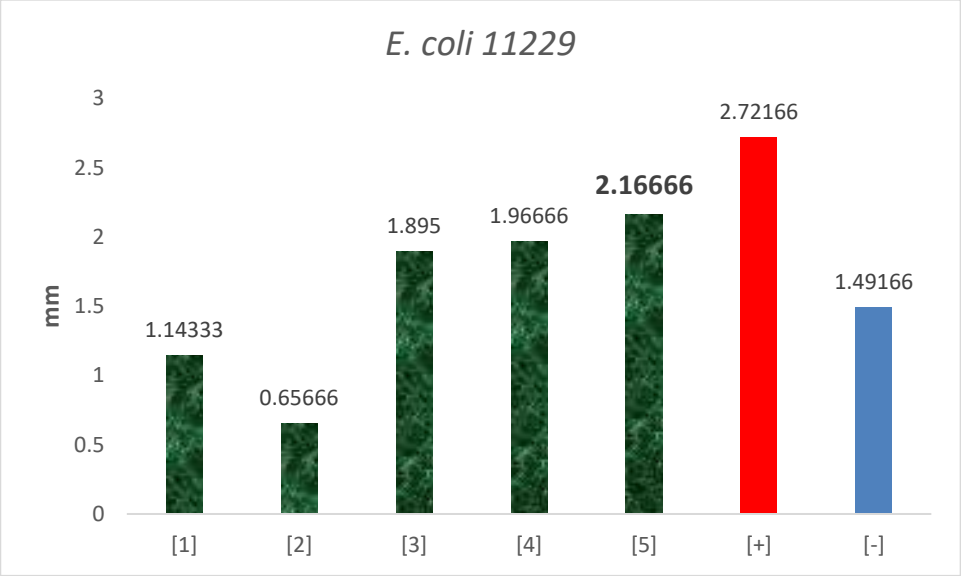


Figura 3. Comparación del efecto antimicrobiano del extracto, contra control positivo y negativo en *E. coli* 11229. En la gráfica podemos observar que para *E. coli* 11229 la mejor concentración es la 5 mostrando en promedio una medida de 2.1 mm, aproximándose a la medida del antibiótico de 2.7 mm.

Como se puede observar en la figura 3, la concentración 5 (1000 µg/mL), fue la que presentó mayor inhibición para los tres ensayos, obteniendo un promedio de 2.16 mm de inhibición acercándose al promedio del antibiótico que fue de 2.7, y con una desviación estándar de 0.24 mm, el cual es el valor más bajo en comparación con las otras concentraciones.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 4 se puede apreciar los efectos que tienen las diferentes diluciones del extracto, sobre la cepa *E. coli* 25922.

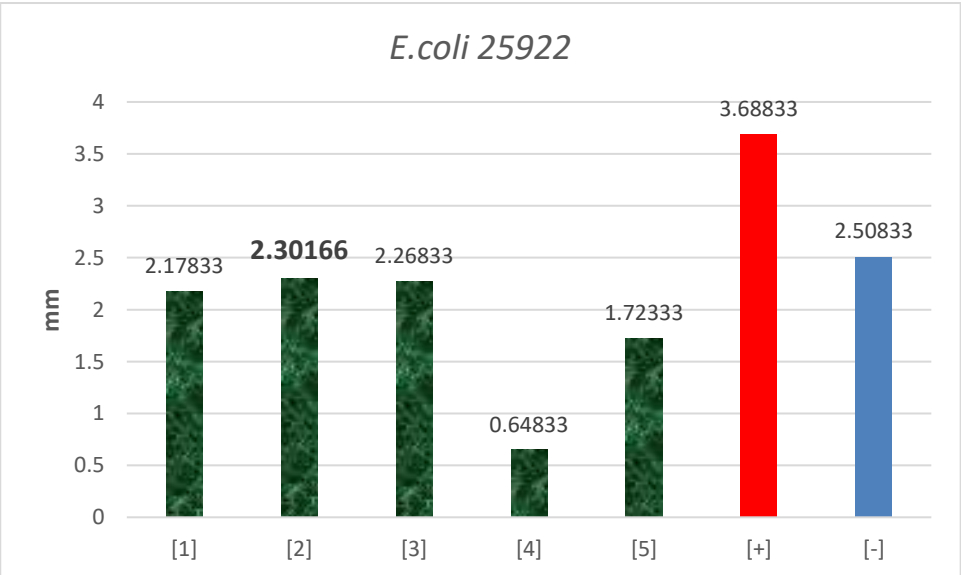


Figura 4. Comparación del efecto antimicrobiano del extracto contra el control positivo y negativo en *E. coli* 25922. En la gráfica podemos observar que para *E. coli* 25922 la mejor concentración es la 2 mostrando en promedio una medida de 2.3 mm, a diferencia del antibiótico que fue de 3.6 mm.

 ISSN 2007-8102

En la figura 4 podemos apreciar que la concentración 2 (400 µg/mL), fue la que presentó mayor inhibición en los ensayos por triplicado, con un promedio de 2.3 mm de inhibición en comparación con el promedio del halo de inhibición del antibiótico, que fue de 3.6 mm y con una desviación estándar de 0.45 mm.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 5 podemos observar el resultado del extracto ejercido sobre la cepa *E. coli* 10536.

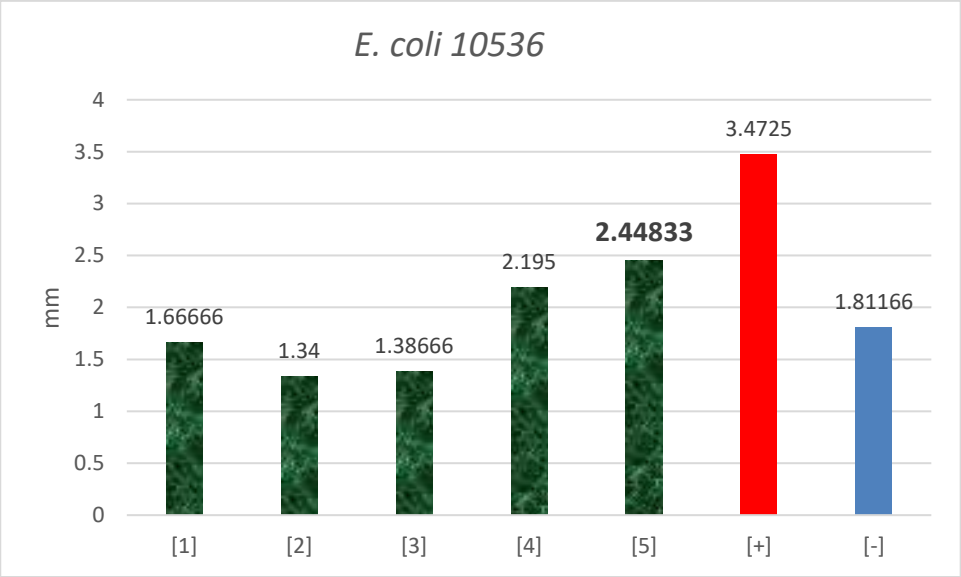


Figura 5 Comparación del efecto antimicrobiano del extracto contra control positivo y negativo en *E. coli* 10536.

Se puede apreciar en la figura 5 que la cepa más sensible a la concentración 5 (1000 µg/mL) del extracto, ya que mostró en promedio una medida de 2.4 mm la cual, únicamente 1 mm por debajo al halo de inhibición formado por el antibiótica que fue de 3.4 mm aproximadamente.

En lo mostrado en la figura 6 podemos apreciar que prácticamente existe poca diferentes entre el efecto causado por la dilución 5 y el control positivo.

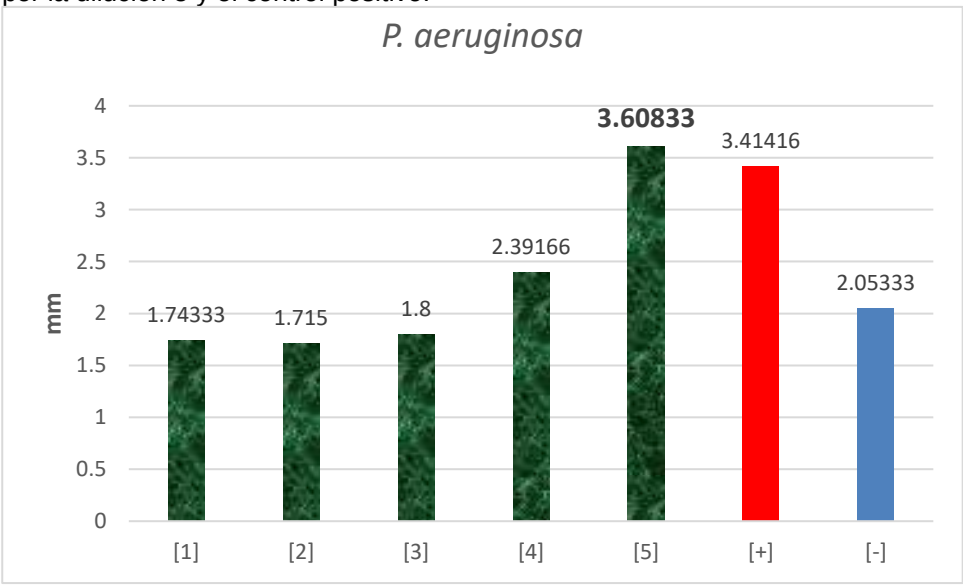


Figura 6. Comparación del efecto antimicrobiano del extracto de *Acacia cornígera* sobre la cepa *P. aeruginosa* y los controles, positivo y negativo.
Se aprecia que la concentración 5 (1000 µg/mL), es la de mayor efecto inhibitorio, con un promedio de 3.6 mm, comparado con el control positivo que fue de 3.4, con una desviación estándar de 0.04 mm.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las cepas *E. coli* 11229 y *E. coli* 10536 la concentración 5 (1000 µg/mL) obtuvo un promedios de 2.16 y 2.4 mm respectivamente; para *E. coli* 11229 se obtuvo una desviación estándar de 0.24 mm, el cual es el valor más bajo en comparación con las otras concentraciones. Éstos resultados pueden ser comparados con los obtenidos del extracto de *Buddeja officinalis* que presentó un efecto antibacteriano leve en contra de *E. coli*. Un comportamiento similar a la borraja, lo mostraron los extractos de *Coriandrum sativum* y *Moringa oleífera (M. oleífera)*, actividad antibacteriana leve [Azuero, 2016].

La cepa de *E. coli* 25922 resultó ser la más resistente al extracto, con un media de 2.3 mm la cual está muy por debajo a la media del control positivo de 3.6 mm. Además según el ANOVA y Tukey efectuado, la media de la concentración 4 (800 µg/mL) fue de 0.6 mm significativamente es diferente al promedio de 3.6 mm del antibiótico. Esto puede justificarse de acuerdo a lo reportado por [Lizcano y Vergara 2007], en donde mencionan que los mecanismos de resistencia de *E. coli* pueden presentarse como alteración del blanco antimicrobiano o disminución de la permeabilidad de la pared por poseer una pequeña capa de peptidoglicano.

Se han realizado otras investigaciones con diferentes extractos, donde se muestra poca actividad antibacteriana, como con *Cymbopogon citratus (C. citratus)*, su extracto mostró un efecto antibacteriano significativo en contra de las cepas como *Staphylococcus aureus (S. aureus), Shigella flexneri, Salmonella typhi, Salmonella enteritidis, Vibrio cholerae*, y baja actividad frente a *P. aeruginosa*, similar al resultado hallado por [Azuero, 2016] donde ésta cepa se muestra un poco resistente, indicando que *C. citratus* (hierba luisa) puede utilizarse para tratamientos de afecciones intestinales como la salmonelosis y el cólera, así como también en el tratamiento de procesos respiratorios causados por la bacteria *S. aureus*, pero no así para *P. aeruginosa* [Alzamora y col., 2001].

En los resultados obtenidos en éste proyecto a diferencia de lo reportados anteriormente [Azuero, 2016 y Alzamora 2001], para la cepa de *P. aeruginosa* se identificó que todas las concentraciones mostraron inhibición, con dosis dependiente, como lo muestra la tabla 1 y figura 6, contrariamente a lo reportado en otros trabajos como en el extracto de *Lippia citriodora* el cual mostró un efecto antibacteriano contra *E. coli* y *S. aureus*, pero no presentó acción inhibitoria contra *P. aeruginosa* [Sánchez y col., 2012]. Igualmente a lo reportado en el extracto de *Taraxacum officinale* el cual no demostró tener actividad inhibitoria frente a *E. coli, P. aeruginosa, Bacillus cereus* y *S. aureus* [Ramos, 2013].

La cepa bacteriana más sensible al extracto de *Acacia cornígera* fue *Pseudomona eruginosa* ya que los halos de inhibición formados por la concentración 5 (1000 µg/mL) en dos de las pruebas mostraron mayor diámetro con medidas de 3.6 mm en comparación con las medidas de los halos formados por el antibiótico que mostraron un promedio de 3.4 mm. Resultados muy similares se reportaron hace dos décadas donde se confirma la acción antibacteriana de *M. oleífera* al inhibir el crecimiento de *P. aeruginosa* y *S. aureus* [Cáceres y col., 1991].
También se registró que el extracto de *Momordica charantia* (achochilla) ejerció un efecto antibacteriano moderado contra las cepas Gram (-) *P. aeruginosa* y *E. coli*, y leve contra *S. aureus*. Estos resultados están en concordancia con lo reportado por [Lagarto y col., 2008], cuya investigación demuestra que el extracto etanólico de *Momordica charantia* exhibió actividad antibacteriana sobre Shigella, *P. aeruginosa*, Salmonella, *E. coli* y *S. aureus*.
[Guerra y col., 2001] realizaron un estudio con el extracto fluido etanólico al 70% de *Artemisia absinthium* y el mismo mostró tanto actividad antigiardiósica como antimicrobiana, contra *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *P aeruginosa, Klebsiella pneumoniae, S. aureus, Bacillus subtilis* y *Candida albicans*, lo que justifica el uso de algunos extractos en la medicina tradicional.

Trabajo a futuro

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se recomienda evaluar el extracto de *Acacia cornígera* en otras cepas patógenas, al igual que para *P. aeruginosa*, pero para esta cepa hacer una evaluación a concentraciones mayores, a las realizadas en este trabajo, ya que de acuerdo a este proyecto es la cepa más sensible al extracto.

Conclusiones

Se obtuvo el extracto etanólico de la espina de *Acacia cornígera*, del cual se hicieron 5 diluciones que fueron desde 200 hasta 1000 µg/mL, de los cuales se muestra evidencia que a diferentes concentraciones el extracto tiene efectos antimicrobianos, se destaca que los resultados que evidenciaron mayor resistencia al extracto fue para la cepa *E. coli* 25922, con un media de 2.3 mm la cual está muy por debajo a la media del control positivo de 3.6 mm. Y los resultados más prometedores fueron los realizados en la cepa *P. aeruginosa* 27853 con medidas de 3.6 mm en comparación con las medidas de los halos formados por el antibiótico que mostraron un promedio de 3.4 mm.

Agradecimientos

Agradezco al Cuerpo Académico ITSA-PRONASAT (Productos Naturales y Sintéticos con Aplicaciones Tecnológicas) por la ayuda brindada para la realización de este proyecto y por sus oportunos y objetivos comentarios. Agradezco al Instituto Tecnológicos Superior de Atlixco por permitir hacer uso de sus instalaciones e infraestructura para el desarrollo de éste trabajo.

Referencias

1.- Alzamora, L.; Morales, L.; Armas, L.; Fernández, G. (2001). Actividad antimicrobiana In vitro de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas arométicas. Anales de la facultad de medicina. **(62)** 156-161.
2.- Azuero, A.; Jaramillo, J-C.; San Martin, D. D.; Armas, H. (2016). Analisis del efecto antimicrobiano de doce plantas. Analysis of antimicrobial effect. **(9)** 8-11.
3.- Cáceres, A.; Cabrera, O.; Morales, O.; Mollinedo, P.; Mendia, P. (1991). Pharmacological properties of *Moringa oleifera*. Preliminary screening for antimicrobial activity. Journal of Ethnopharmacology. **(3)** 213-216.
4.- Guerra, M.; Torres, D.; Martínez, L. (2001). Validación de uso tradicional de plantas medicinales. Rev Cubana Plant Med. **(6)** 48-51.
5.- Lagarto, A.; Couret, M.; Guerra, I.; López, R. (2008). Toxicidad aguda oral y ensayos de irritacion de extractos acuoso e hidroalcohólico de *Momordica charantia* L. Cubana plant med **(13)** 1-9.
6.- Lizarbe, M. (2009). Bacterias y virus ¿Cómo nos defendemos?. Acad. Cienc. Exac Fis. Nat. **(103)** 115-172.
7.- Lizcano, A. y Vergara, J. (2007). Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos y/o aceites esenciales de las especies vegetales *Valeriana pilosa, Hesperomeles ferruginea, Myrcianthes rhopaloides* y *Passiflora manicata* frente a microorganismos patógenos y fotopatógenos. Bogotá: Facultad de ciencias basicas Pontificia.
8.- Ramos, A. (2013). Evaluación de actividad antimicrobiana de aceites e hidrosoles de *Rosmarinus officinalis* y *Taraxacum officinale* frente a microorganismos patógenos. Bogotá: Universidad Javeriana.
9.- Sánchez, C., Bedoya, J., y Acosta, E. (2012). Estudio del Efecto Antimicrobiano del Aceite esencial *de Aloysia triphylla* sobre cepas *S. aureus y B. cereus, E. coli, Salmonella sp, Listeria monocytogenes* y *Pseudomona aeruginosa.* Memorias del XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Química. Recuperado de http://aiquruguay.org/congreso/ download/TL18.pdf.
10.- Sharma, A.; Flores, R.; Cardoso, A.; Villareal, L. (2017). Antibacterial activities of medicinal plants used in Mexican traditional medicine. Journal of Ethnopharmacology. (**208**) 264-329.
11.- Suárez, E; Vargas, C; López, M, Capel, C, Moreno, J. (2006). Antagonistics activity of bacteria and fungi from horticultural dcompost against *Fusarium oxysporun* f. sp. melonis. Crop protection. (**26**) 264-329.

Evaluación del crecimiento de *Aspergillus niger* en un medio de cultivo líquido

M. P. Marin Cortez[1], A. Robledo Olivo[1], A. V. Charles Rodríguez[1], S. González Morales[2], N. Camposeco Montejo[3].*
[1]Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, calzada Antonio narro 1923, Buena vista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila.
[2]Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, calzada Antonio narro 1923, Buena vista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila.
[3]Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, calzada Antonio narro 1923, Buena vista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila.
**armando.robledo@outlook.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En la presente investigación se utilizó suero lácteo como alternativa e implementación de medio en una fermentación liquida, con el fin que *Aspergillus niger* metabolice los carbohidratos y nitrógeno existentes en este residuo agroindustrial. Se realizó una fermentación liquida por 240 h, posteriormente las cuantificaciones realizadas fueron biomasa, azucares totales [Dubois *y col.,* 1956], azucares reductores [Miller, 1959] y proteína soluble [Bradford, 1976]. La biomasa fue aumentando conforme las horas transcurridas con un valor máximo de crecimiento con 1.99 g, los AT decrecieron pasando las horas, lo contrario a los AR y la proteína soluble que fue variable su comportamiento en la fermentación. Por lo que este medio de cultivo con este microorganismo, se permite utilizar y aplicar en industrias relacionadas.

***Palabras clave**: fermentación liquida, azucares fermentables, proteína soluble, Aspegillus niger.*

Abstract

In the present investigation, whey was used as an alternative and implementation of medium in a liquid fermentation, in order that Aspergillus niger metabolize the carbohydrates and nitrogen existing in this agroindustrial residue. A liquid fermentation was carried out for 240 h, subsequently the quantifications were biomass, total sugars [Dubois y col., 1956], reducing sugars [Miller, 1959] and soluble protein [Bradford, 1976]. The biomass was increasing according to the hours elapsed with a maximum value of growth with 1.99 g, the ATs decreased passing the hours, the opposite to the AR and the soluble protein that was variable in its fermentation behavior. So this culture medium with this microorganism, is allowed to use and apply in related industries.

***Key words**: liquid fermentation, fermentable sugars, soluble protein, Aspergillus niger.*

Introducción

Los hongos filamentosos conforman uno de los grupos biológicos de mayor abundancia en la biosfera y tienen un importante impacto para el hombre, ya sea como patógenos de plantas y/o animales, o en aplicaciones en diferentes ámbitos: farmacéutico, industrial, alimentario, agrícola, entre otros. [Riquelme, 2013]. Las especies del género Aspergillus se diferencian por la estructura del conidióforo y la disposición de los conidios, tales como el color, la forma y textura de las esporas, lo que han permitido agruparlos en secciones o grupos. Su morfología y el color son características macroscópicas de las colonias a tomar en cuenta para la descripción de las diferentes especies de Aspergillus. Presentan distintos tonos de verde, pardo, amarillo, blanco, gris y negro [Samsom y Varga, 2007]. Microscópicamente el género se caracteriza por cadenas de conidios pequeños u ovales a esféricas sostenidas en cadenas en las puntas de fiálides radialmente ubicadas sobre la superficie del ápice dilatado del conidióforo, que se denominan vesículas [Araujo y *col.,* 2019.]. *Aspergillus niger* es un microorganismo muy utilizado en biotecnología [Pel y *col.,* 2007], dada su amplio espectro de enzimas para la degradación de

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

polisacáridos, proteínas y lípidos [Vries y Visser, 2001]. Celulasas, hemicelulasas, pectinasas, amilasas, inulinasas, lipasas y proteasas, por lo que tiene una larga tradición de uso seguro en la producción de enzimas y ácidos orgánicos [Pandey y *col.,* 1999; Berka y *col.,* 1992].

La fermentación líquida o sumergida es una técnica de crecimiento de microorganismos en un medio líquido, donde todos los nutrientes se encuentran disueltos en el medio de cultivo y el proceso se lleva a cabo bajo condiciones fisicoquímicas controladas, este es el método más usado por la industria biotecnológica. En comparación con la fermentación sólida, presenta la ventaja de mantener mayor homogeneidad, mayor facilidad de controlar los factores de la fermentación (temperatura, aireación, agitación y pH), presenta mejor distribución del oxígeno y del calor suministrado al sistema y se puede llevar a cabo la medición directa de la biomasa [Crueger y Crueger, 1989]. La fermentación líquida es muy compleja por su composición y propiedades, principalmente por las cepas de hongos inoculadas, además de otros factores como la temperatura de fermentación, el pH inicial del medio, la velocidad de agitación y el volumen del líquido envasado, tiempo de fermentación, etc [Li y Wan, 2012].

La implementación y uso de residuos agroindustriales como fuentes de carbono, ayudan a minimizar la contaminación ambiental y mejoran la rentabilidad de productos biotecnológicos. El suero de leche es una alternativa de sustrato, es el principal desecho de la industria láctea al realizar la precipitación de la caseina, el suero está generalmente compuesto de agua (93-94%) en la que hay lactosa (4.5-6%, p / v), proteínas solubles (0.6-1.1% p / v), grasa (0.06-0.5% p / v), ácidos orgánicos, grasas, vitaminas y minerales. Por lo tanto tiene potencial para su utilización en procesos. Actualmente es necesaria la producción de una variedad de productos biológicos [Kourkoutas y *col.,* 2002; Panesar *y col.,* 2007; Bekatorou *y col.,* 2006]. Por lo que es viable para ser utilizado como medio de cultivo para producir azúcares reductores que pueden utilizarse para la fermentación y producir productos de valor agregado.

Metodología

Cultivo de microorganismo

Se empleó la cepa *Aspergillus niger* de la colección del DCTA, para su crecimiento se preparó agar papa dextrosa (PDA) de la marca MCD LAB®, la siembra fue por estriado y se incubó a una temperatura de 30°C durante 96 h. Las esporas fueron cosechadas añadiendo una solución de Tween 80 al 0.1% bajo agitación y se contó en una cámara Neubauer.

Obtención y tratamiento de medios de cultivo

Se recolecto suero de leche en un rancho de General Cepeda perteneciente al estado de Coahuila. El cual se filtró y esterilizo por calor húmedo a 121°C por 15 min a una presión de 6.80 kg.

Preparación de medios de cultivo y fermentación

Se enriqueció el suero de leche con medio Czapek-Dox: Extracto de levadura BD Bioxon® (7.63 g/L); fosfato de potasio J.T. Baker® (3.04 g/L); Sulfato de magnesio J.T. Baker® (1.52 g/L); cloruro de potasio Jalmek® (1.52 g/L), se midieron 50 ml y se colocó en matraz Erlenmeyer de 250 ml. Se colocó una concentración de $1x10^6$ esporas por mililitro de medio de cultivo. Consecutivamente los matraces se taparon con tapones de algodón y gasa, se metieron a un incubador sheker Innova®44 a 150 rpm a una temperatura de 30°C por 240 h. Para la fermentación en líquido se realizaron tres repeticiones, las cuales se tomaron cada 24 horas hasta la culminación de 240 h.

Determinación de biomasa

Para la filtración de biomasa se utilizó una bomba de vacío de diafragma BIOBASE®, conectando a un embudo de porcelana con papel filtro y se vertió la fermentación liquida, recibiendo el extracto liquito en un matraz de Kitasoto. Posteriormente el papel filtro con biomasa se puso en una estufa e incubadora BIOBASE® por 48 h, posteriormente por diferencia de pesos se realizó la cinética de biomasa.

Tratamiento del extracto liquido

Después de la filtración a vacío se colocó en tubos falcón y se centrifugaron a 400 rpm por 15 min. Posteriormente se tomó con una jeringa el sobrenadante para pasarlos por filtros CELLTREAT® PTFE con un poro de 0.22µm con un diámetro 20mm y se congelaron para hacer posteriormente las determinaciones correspondientes.

 ISSN 2007-8102

Determinación de azucares totales

Se utilizó la metodología de Dubois y *col.,* en 1956 por lo que se tomaron 0.500 ml de extracto filtrado y se vació en un tubo de ensaye. Después se añadieron 0.500 ml de Fenol al 5%, se homogenizó y se dejó en un baño de agua con hielo por 5 minutos. Culminado el tiempo se añadió 1 ml de Ácido Sulfúrico Jalmek® concentrado vertiendo por las paredes del tubo de ensaye. Cuidadosamente se agito y se dejó en un baño de ebullición por 5 minutos. A continuación, se dejó enfriar a temperatura ambiente por otros 5 minutos. Luego con el equipo BIOBASE-EL10A Elisa Reader se procedió a leer a una absorbancia de 470 nm. La curva de calibración se realizó con glucosa al 0.1%.

Determinación de azucares reductores

Para esta cuantificación se utilizó la técnica de Miller en 1959, se preparó la solución DNS: Acido 3,5 dinitro salicílico SIGMA® (10.0 g/L), Hidróxido de Sodio Jalmek® (10.0 g/L), Tartrato de Sodio y Potasio Jalmek® (200.0 g/L), Fenol Jalmek® (2.0 g/L) y el Sulfito de Sodio Jalmek®(0.5 g/L). Posteriormente con una micropipeta se tomó 1 ml de extracto líquido filtrado colocándolo en un tubo de ensaye. Después se le añadió 1 ml del reactivo preparado (DNS), sometiéndolo en un baño María de ebullición durante unos 5 min, posteriormente la reacción se detuvo en un baño de hielo por otros 5 min, al terminar ese tiempo se le adiciono 5 ml de agua destilada, luego se dejó reposar por 5 min a temperatura ambiente, luego con el equipo BIOBASE-EL10A Elisa Reader se procedió a leer a 546 nm de longitud de onda. La curva de calibración se realizó con sacarosa al 0.1%.

Determinación de proteína soluble

Se utilizó la metodología de Bradford 1976, por lo que se preparó reactivo bradford: colorante Azul de Comassie G-250 Aldrich® 0.100g/L, etanol al 95 % Jalmek® 50ml/L y ácido fosfórico al 85 % Jalmek® 100ml/L. para el ensayo se agregó 0.100 ml de extracto filtrado, luego se adiciono 5 ml de reactivo de Bradford y se homogenizo, se dejó reposar 5 min a temperatura ambiente y se leyó absorbancia a 595 nm. La curva patrón se utilizó Albúmina de huevo a 1000 ppm.

Resultado y discusión

Crecimiento de *Aspergillus niger* en suero de leche

De acuerdo a lo observado en la Figura 1 se aprecia cómo va incrementando uniformemente la biomasa de *Aspergillus niger* de manera exponencial respecto al tiempo de fermentación en suero de leche, asimilando posibles fuentes de carbono y nitrógeno, como la lactosa y la proteína, la cinética empieza con cero horas en donde se indica nula cantidad de gramos de biomasa, como va transcurriendo el tiempo se observa una tendencia positiva y en aumento de biomasa, viéndose un mayor crecimiento a las 216 horas con 1.99 g.

Por el contrario Bazán y *col.,* 2017 menciona que en paja de trigo en fermentación inoculando una cepa obtuvo un valor alto de biomasa con 0.97 g, sin embargó Pérez y *col.,* 2017 obtuvo crecimiento fúngico a los 288 h de inoculado el medio caldo peptona, alcanzándose valores máximos de biomasa seca de 1.38 y 0.40 g para *Trametes maxima* y *Pleurotus ostreatus*, respectivamente. Por lo tanto cada microorganismo en su desarrollo en cada medio de cultivo, tiene su velocidad de crecimiento asimismo incrementando la biomasa fúngica.

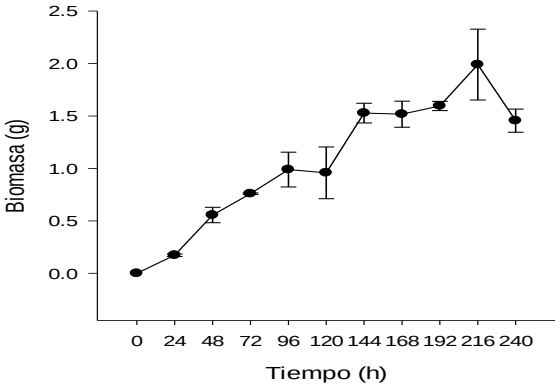


Figura 1. Curva de crecimiento de *Aspergillus niger* en fermentación liquida en función del peso seco de la biomasa.

 ISSN 2007-8102

Cinética de carbohidratos en la fermentación liquida.

Se muestra como *Aspergillus niger* va hidrolizando los disacáridos a través del tiempo, ya que necesita monosacáridos disponibles, como se observa en la figura 2, se inicia con un contenido de 3.09 mg/ml de AT, a partir de esta cantidad de se empieza la degradación de carbohidratos, a las 120 h con 2.54 mg/ml se aprecia un mayor porcentaje con respecto al tiempo transcurrido de fer AT con 82%, con respecto al contenido iniciado y a las 240 h con 0.14 mg/ml de AT, es el porcentaje mínimo con 5% de AT presentado en la fermentación.

El microorganismo *Aspergillus niger,* va consumiendo los monosacáridos disponibles presentes en el sustrato, ya que principalmente se alimenta de glucosa, como se observa en la figura 2, se inicia con un contenido de 2.40 mg/ml de AR empezando su consumo de monosacáridos, también en ocasiones se aprecia el aumento porque se acumula los monosacáridos aun no consumidos por el microorganismo, a las 168 h con 1.15 mg/ml es el mayor porcentaje de AR con 48% con respecto al valor iniciado, el porcentaje mínimo es de 4% a las 120 h con 0.09 mg/ml de AR.

Comparando los resultados de AR con los obtenidos con cepas etanolicas en residuos de mango con 1.39 mg/ml, mora con 1.80 mg/ml y la mezcla de limón-lulo con 2.08 mg/ml [Malagón y *col.,* 2017], son menores a los obtenidos en el suero de leche ya que contiene un mayor contenido al inicio de la fermentación, con lo que favorece la producción de AR. También cabe comparar el valor de cáscara de naranja empleando *Aspergillus niger* a las 30 h se obtuvo un rendimiento 3.36 mg/ml de AR [Ahmed y *col.,* 2016], por lo que dependiendo el tipo de residuo utilizado ya que es variable el porcentaje de contenido polisacárido o disacárido, para la conversión de glucosa.

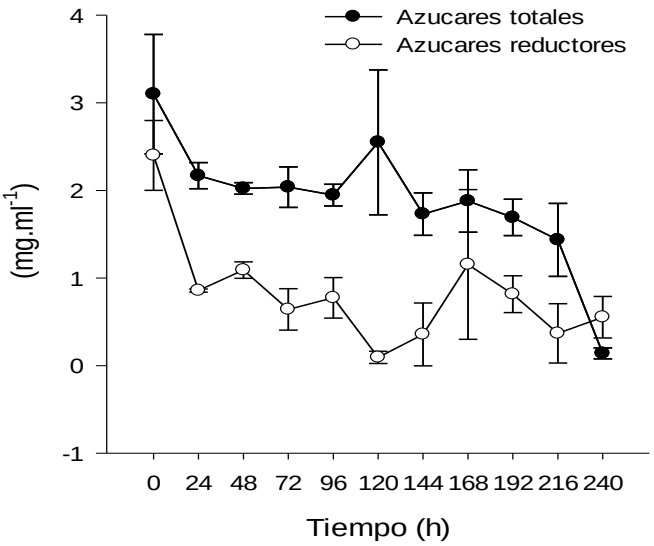


Figura 2. Descomposición de azucares totales y consumo de azucares reductores a través del tiempo de fermentación.

Degradación de proteínas solubles a través la fermentación

La figura 3 muestra la acción de degradación de proteínas solubles por *Aspergillus niger* va hidrolizando los proteínas a aminoácidos para la obtención de nitrógeno disponible, se inicia con un contenido de 0.18 mg/ml de proteína, a partir de esta cantidad se empieza la degradación de proteínas, a las 72 h con 0.08 mg/ml y a las 240 h con 0.09 mg/ml de proteína, se aprecian los porcentajes máximos obtenidos en la fermentación con 44% con respecto al valor iniciado, el valor mínimo presentado en la fermentación fue a las 120 h con 0.03 mg/ml de proteína con un 17%.

Por otra parte Riveros y *col.,* 2017 menciona que en fermentación con una levadura utilizando residuos de cascara de naranja y cascara de papa obtuvo 2.12 y 4.25 mg/ml de proteína respectivamente, asimismo Espinal

y *col.,* 2019 en fermentación con la bacteria Geobacillus theroparaffinivorans a las 48 h reporta un contenido de 0.197 mg/ml de proteína. Entonces en una fermentación la proteína difiere del origen del residuo, el contenido porcentual de proteína del medio de cultivo y la asimilación de nitrógeno del microorganismo.

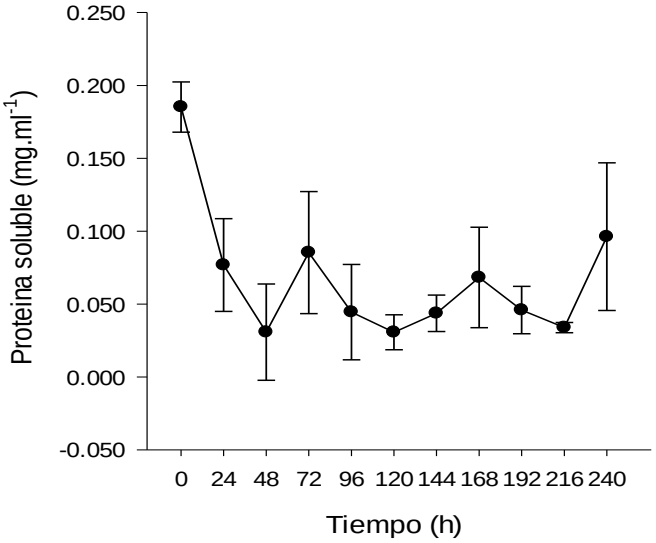


Figura 3. Descomposición de proteínas a través de la fermentación.

Trabajo a futuro

Este trabajo presentado es un preliminar para la selección de un microorganismo, productor de enzimas degradadoras de proteínas provenientes del suero láctico.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos del presente estudio, se puede concluir que el hongo *Aspergillus niger* con las condiciones aplicadas tiene la capacidad de utilizar el suero de leche para su crecimiento. El microorganismo es capaz de sintetizar los carbohidratos y proteínas para su asimilación de nutrientes. Se puede emplear el suero de leche como medio de cultivo, para darle un valor agregado al residuo de la industria láctea, lo que permite el uso y aplicación en bioprocesos en industrias relacionadas.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el otorgamiento de la beca y a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por su apoyo y patrocinio para la realización del presente trabajo científico.

Referencias

1. Araujo J., Yegres F., Barreto G., Antequera A., Depool B.,Rojas Y. 2016. Fungal hidrocarbonoclastic biocatalysts of the genere Aspergillus for water descontamination with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons(PAHs). Revista Cubana de Química. 28:2:703-735.
2. Bazán E., Álvarez C., Totosaus S. 2017. Efecto del pretratamiento de la paja de trigo sobre el rendimiento de biomasa y la producción de un extracto con actividad celulolítica empleando Pseudomonas aeruginosa. Acta Universitaria. 27:5: 26-33.
3. Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein

4. utilizing the principle of protein–dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.
5. Bekatorou C., Sarianos P., Koutinas A. 2006. Producción de levaduras de grado alimenticio Tecnologia de los alimentos. Biotecnol. 44:3:407 - 415.
6. Berka R., Dunn-Coleman N., Ward M. 1992. Industrial Enzymes from Aspergillus species. Biotecnhology. 23:155-202.
7. Castellanos A., Vargas T., Golda M. 2017. Cellular protein in yeast biomass produced from residues of both orange and potato shells for use in animal feeding. REVISTA CITECSA. 8:13:24-49.
8. Crueger W., Crueger A. 1989. Biotecnologia: manual de microbiologia industrial: Acríbia S.A. Zaragoza-España.
9. Dubois M., Gilles K., Hamilton J., Rebers P., Smith F. 1956. Colorime tric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Anal Chem. 28: 3: 350–356.
10. Espinal D., Zuñiga A., Castillo D., Castellanos R. 2019. Producción de amilasas de Geobacillus themoparaffinivorans (CB-13) aisladas de los Géiseres de Candarave, Tacna. Ciencia & Desarrollo.24: 38-44.
11. Ishtiaq A., Muhammad A., Zain A., Muhammad T., Azin N. 2016. Bioprocessing of citrus waste peel for induced pectinase production by Aspergillus niger; its purification and characterization, Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 9:2: 148-154.
12. Kourkoutas Y., Dimitropoulou S., Kanellaki M., Marchant R., Nigam P., Banat I., Koutinas A. 2002. Fermentación alcohólica a alta temperatura de suero de leche con Kluyveromyces marxianus IMB3 levadura inmovilizada en material celulósico deslignificado. Bioresour. Tecnol. 82:2: 177 – 181.
13. Li Y., Yang S., Wan D.2012. Advances and existed problems in studies on liquid fermentation of medicinal
14. fungi, Chinese Traditional and Herbal Drugs. 43:1:2066 – 2070.
15. Miller G., Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. 1959. Anal. Chem. 31:426-428.
16. Pandey A., Selvakumar P., Soccol C., Nigam P. 1999. Solid state fermentation for the production of industrial enzymes. Cur. Science. 77:149-162
17. Panesar P., Kennedy F., Gandhi D., Bunko K. 2007. Bioutilización de suero para la producción de ácido láctico
18. Food Chem. , 105: 1: 1 – 14.
19. Pel H., de Winde J., Archer D., Dyer P., Hofmann G., Schaap P. 2007. Genome sequencing and analysis of the versatile cell factory Aspergillus niger CBS 513.88. Nat Biotechnol. 25:221–31.
20. Riquelme M. Tip growth in filamentous fungi: A road trip to the apex. 2013. Annu Rev Microbiol. 67:587–609.
21. Rodríguez S., Crescencia M., Soria J., Aguilera I., Serrat M. 2017. Determinación de biomasa fúngica y su utilidad en procesos biotecnológicos.74: 577.
22. Samson R., Varga J. 2007. Aspergillus systematics in the genomic era, CBS Fungal Utrecht: Biodiversity Centre, ISBN: 978-90-70351-69-4
23. Vries R., Visser J. 2001. Aspergillus enzymes involved in degradation of plant cell wall polysaccharides, Microbiol. Mol. Biol. Rev. 65:497-522.

Estudio cinético y estequiométrico de la fermentación de jugo de cacao con levadura autóctona ML1

E. J. Melgar-Urbina[1], Y. Córdova-Bautista[1], A.L. Severo Domínguez[1],* M. *E. Ojeda-Morales[1], M. A. Hernández-Rivera[1]*
[1]Laboratorio de Biotecnología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa Km 1. Colonia La Esmeralda CP 86400 Cunduacán, México.
**yolanda.cordova@ujat.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El uso de frutas tropicales como el cacao (*Theobroma cacao L.)* para la producción de vino es una alternativa viable que permite el uso de excedentes de cosecha en la generación de productos de valor agregado. El propósito de este trabajo fue evaluar la capacidad de fermentación mediante la cinética de crecimiento y consumo de sustrato para la levadura autóctona ML1, así como el rendimiento del etanol mediante la reacción metabólica en condiciones anaerobias. En sistema batch se realizó la fermentación del jugo natural de cacao y como fuente de nitrógeno se usó nitrato de amonio. La estimación de la tasa específica máxima de crecimiento (μ_{max}) y la constante de saturación de sustrato (K_S) se obtuvieron utilizando el modelo de Monod. El rendimiento real respecto al rendimiento teórico fue del 16.5% con una tasa específica máxima de crecimiento de 0.295/h y con K_s de sustrato de 3.686 g/L, respectivamente.

***Palabras clave**: Theobroma, cinética, levaduras,vino*

Abstract

The use of tropical fruits such as cocoa (Theobroma cacao L.) to produce wine fruit is a viable alternative that allows the use of crops surpluses in value added products generation. The main aim of this work was to evaluate the fermentation capacity through growth kinetics and substrate uptake for native yeast and ethanol yield through metabolic reaction in anaerobes conditions. Fermentation of cocoa natural juice by yeasts ML1 for production ethanol in a bath system was conducted and ammonium nitrate was used as nitrogen source. The kinetic parameters were estimated using Monod model. The real yield with respect to maximum possible yield was 16.5% with maximum growth velocity of 0.295/h and Ks of 3.686 g/L, respectively.

***Key words**: Theobroma, kinetic, yeasts, wine*

Introducción

El cacao (Theobroma cacao L.) es un árbol perenne ampliamente cultivado en América, Asia y África, cuyos granos se extraen para producir chocolate. América Central y Centro América representan alrededor del 14 % de la producción mundial [FAOSTAT, 2018]. En México uno de los productos agrícolas con mayor potencial de cultivo en las regiones tropicales es el cacao. De hecho, se cultiva en un área de aproximadamente 60,000 hectáreas con volumen de producción de 27,000 toneladas, distribuidas principalmente en los estados de Tabasco y Chiapas [Hernández-Hernández y col., 2018; SAGARPA, 2015]. El fruto está compuesto por la vaina y en su interior los granos de cacao y la pulpa. Los granos de cacao son los más utilizados principalmente para la producción de alimentos derivados del chocolate (pasta de cacao, mantequilla, cocoa y el licor). La vaina y la pulpa representan entre el 70 y 80% del peso seco de la fruta [Vásquez y col., 2019].

En el proceso de fermentación del cacao el mucilago o la pulpa es considerada como desecho, ya que sólo el 10% es aprovechado debido a que es precursor del aroma del cacao durante la fermentación [Fernández y col., 2016].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

La pulpa del fruto del cacao es un sustrato rico en nutrientes y principalmente contiene fructosa y glucosa (40 - 80 mg/g) que puede utilizarse en la producción de vinos, además Hernández-Hernández y col. [2018] reportaron que después de la fermentación las especies de cacao mexicano tienen altas concentraciones de compuestos bioactivos benéficos para la salud. Así que este remanente de pulpa es una alternativa viable para la generación de subproductos de alto valor agregado. En México no hay estudios relacionados con la producción de vino a partir de remanentes de pulpa de cacao. Por lo tanto, el propósito de este estudio es evaluar la fermentación de la pulpa de cacao usando una levadura autóctona ML1 mediante la cinética de Monod y el rendimiento en la producción del etanol por estequiometría.

Metodología

Materiales

Reactivación de cepa de levadura ML1

La cepa se tomó del cepario del Laboratorio de Biotecnología y se reactivó en jugo de cacao. Mazorcas de cacao Forastero (*Theobroma cacao L*.) se recolectaron de una hacienda cacaotera ubicada en el Poblado Coronel Gregorio Méndez Magaña de Cárdenas, Tabasco, México (18°01'36.09"N y -93°30'22.39"W). De las mazorcas se extrajeron las semillas para preparar el jugo. Por triplicado en un matraz Erlenmeyer esterilizado se agregaron 100 g de semillas de cacao fresco con 300 mL de agua destilada estéril. Cada matraz se selló herméticamente y se mantuvo la fermentación durante 8 días a 30 °C. Para detectar la fase exponencial del crecimiento cada 24 h se tomaron muestras con el fin de determinar el número de levaduras totales viables por el método en placa utilizando diluciones seriadas [Madigan y col., 2017]. Estas células fueron sembradas en medio PDA (15 g/L de agar, 20 g/L de dextrosa y 4.0 g/L de infusión de papa). Posteriormente, las levaduras obtenidas durante la fase del crecimiento exponencial fueron aisladas y preservadas en solución fisiológica al 0.9 % para utilizarlas en los siguientes experimentos.

Construcción y operación del biorreactor

Por triplicado se construyó un biorreactor de acrílico de 30 cm de alto por 10 cm de diámetro, el volumen de trabajo del biorreactor fue de 500 mL (Figura 1). Cada reactor contenía jugo de cacao pasteurizado más 5 g/L de NH_4NO_3 como fuente de nitrógeno y se adicionaron 50 mL de solución fisiológica que contenía la levadura ML1. La densidad óptica inicial de operación a 600nm (DO_{600}) fue de 0.3. Posteriormente para medir el crecimiento de las levaduras se tomaron muestras cada hora hasta alcanzar el inicio de la fase estacionaria del crecimiento. La fermentación se llevó a cabo en sistema batch a 30°C y en condiciones anaerobias.

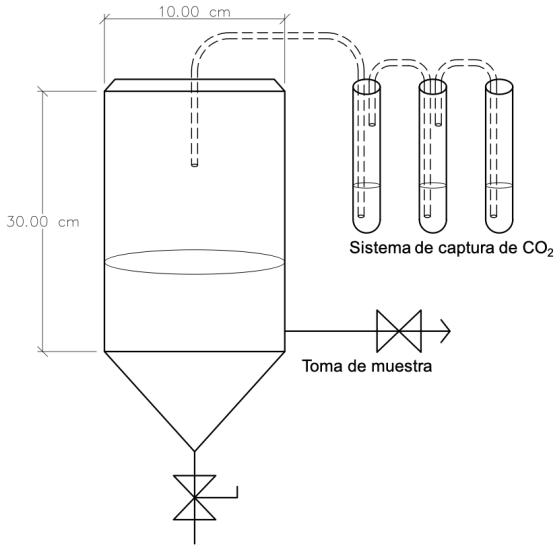


Figura 1. Esquema de biorreactor para la fermentación del jugo de cacao.

Métodos analíticos

El crecimiento de la levadura se midió por DO a 600 nm mediante un espectrofotómetro UV-vis Thermo Spectronic GENESYS 20 [Fujiwara y col., 2016]. La biomasa de las levaduras es transformada a concentración en sólidos volátiles suspendidos: SVS(mg/L) = (DO_{600} - 0.019)/0.945. Los azúcares totales se determinaron por el método fenol-ácido sulfúrico usando glucosa como estándar [Dubios y col., 1956]. Y la determinación de CO_2 se realizó por el método de incubación en medio cerrado con 10 mL de NaOH 2N [Guerrero-Ortiz y col., 2012].

Modelo cinético para la fermentación

El monitoreo del crecimiento de la levadura y la concentración de azúcares se realizó cada hora por DO_{600} y DO_{490} respectivamente, y finalizó cuando se obtuvieron valores constantes de concentración de biomasa y de azúcares. Con los datos obtenidos se calcularon los coeficientes cinéticos usando la ecuación 1 que corresponde a la ecuación de Monod linealizada de acuerdo al método de Lineweaver-Burk.

$$\frac{1}{\mu} = \frac{K_S}{\mu_{max}} \left(\frac{1}{S}\right) + \frac{1}{\mu_{max}} \quad (1)$$

Donde, μ es la tasa específica de crecimiento (1/h), K_S es el coeficiente de saturación media de sustrato (g/L), μ_{max} es la tasa específica máxima de crecimiento (1/h) y S es la concentración de sustrato (g/L). Trazando los valores de 1/μ *vs* 1/S se obtuvieron las constantes cinéticas μ_{max} y K_S.

Determinación del rendimiento del producto por reacción metabólica

El rendimiento del etanol fue determinado mediante el balance elemental de la reacción estequiométrica siguiente, establecida por Doran [2012]. La producción de etanol a partir de glucosa se consideró sin aceptores externos de electrones (condiciones anaerobias).

$$\underset{\text{(Glucosa)}}{C_6H_{12}O_6} + \boldsymbol{b}NH_3 \rightarrow \underset{\text{(Biomasa)}}{\boldsymbol{c}CH_{1.8}O_{0.5}N_{0.2}} + \boldsymbol{d}CO_2 + \boldsymbol{e}H_2O + \underset{\text{(Etanol)}}{\boldsymbol{f}C_2H_6O}$$

El rendimiento del etanol fue determinado por estequiometría usando el balance elemental, balance de electrones y por la ecuación de rendimiento (2 y 3) para la producción de CO_2. de la reacción estequiométrica siguiente, establecida por Doran [2012].

$$Y_{CO_2S} = \frac{\text{m } CO_2}{\text{msustrato}} \quad (2)$$

$$Y_{CO_2S} = \text{d}\frac{\text{M } CO_2}{\text{M sustrato}} \quad (3)$$

Donde, Y_{CO_2S} es el rendimiento del CO_2 con respecto al sustrato consumido, *m* es la concentración (g/L), *M* es el peso molecular (g/mol), *S* es la concentración de sustrato (g/L) y *d* es el coeficiente estequiométrico del CO_2 (mol).

Resultados y discusión

μ_{max} y K_S en la fermentación batch

Los valores de μ en la fermentación a partir de jugo de cacao se determinaron para concentraciones de azúcares totales desde 3.5 hasta 0.5 g/L. Los valores de μ se usaron para calcular μ_{max} y K_S mediante el método gráfico de Lineweaver –Burk (Figura 2). El valor de μ_{max} fue de 0.295/h, el cual se encuentra dentro del rango (0.259-0.463/h) reportado por estudios en los que usaron la levadura *S. Cerevisiae* y sacarosa-glucosa como sustrato [Ariyajaroenwong y col., 2016; Jin y col., 2012]. K_S fue de 3.686 g/L el cual es menor que los reportados por Felix y col. [2014] (K_S= 25 g/L) y Ariyajaroenwong y col. [2016] (K_S= 47.51 g/L). Tervasmäki y col. [2014] menciona que entre menor es el valor de K_S mayor es la afinidad del microorganismo por el sustrato. Pero K_S depende de muchos factores tales como; la concentración del sustrato, la temperatura, el pH y la condición metabólica del microorganismo.

 ISSN 2007-8102

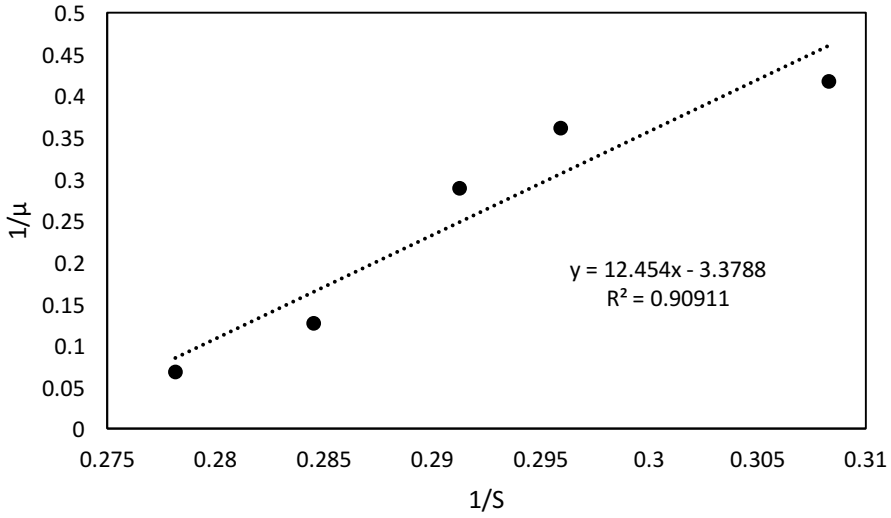


Figura 2. Método gráfico Lineweaver-Burk para estimar μ_{max} y K_S en la fermentación de jugo de cacao.

Estequiometria del rendimiento del producto

La concentración de CO_2 producida en el punto máximo de la fase exponencial fue de 0.332 g/L con respecto a 2.383 g/L de fuente de carbono (glucosa). Con tal información y tomando en cuenta la reacción metabólica se estableció el sistema de ecuaciones para calcular los coeficientes estequiométricos y el rendimiento del etanol.

$$\text{Carbono: } 6 = c + d + 2f \quad (4)$$
$$\text{Hidrógeno: } 12 + 3b = 1.8c + 2e + 6f \quad (5)$$
$$\text{Oxígeno: } 6 = 0.5c + 2d + e + f \quad (6)$$
$$\text{Nitrógeno: } b = 0.2c \quad (7)$$

Calculando el rendimiento del CO_2 producido por glucosa consumida se tiene:

$$Y_{CO_2S} = \frac{\text{m } CO_2}{\text{msustrato}} = \frac{0.332 \text{ g/L}}{2.383 \text{ g/L}} = 0.139$$

Calculo del coeficiente ***d***:

$$Y_{CO_2S} = d\frac{\text{M } CO_2}{\text{M sustrato}}, \qquad d = \frac{\text{M sustrato}}{\text{M } CO_2}\left(Y_{CO_2S}\right)$$

$$d = \frac{180 \frac{g}{mol}}{44.01 \frac{g}{mol}}(0.139) = 0.568$$

Sustituyendo el valor de "***d***" en ecuación 4 y 6:

$$6 = c + (0.568) + 2f \quad \rightarrow \quad 6 - 0.568 = c + 2f \quad \rightarrow \quad f = \frac{5.431 - c}{2}$$

$$6 = 0.5c + 2(0.568) + e + f \rightarrow \quad 6 - 1.136 = 0.5c + e + f \rightarrow \quad e = 4.864 - 0.5c - f$$

Sustituyendo las ecuaciones (4), (6) y (7) en (5):

$$12 + 3b = 1.8c + 2e + 6f => 12 + 3b = 1.8c + 2(4.864 - 0.5c - f) + 6\left(\frac{5.431 - c}{2}\right)$$

$$12 = 1.8c + 9.728 - c - 2\left(\frac{5.431 - c}{2}\right) + 16.293 - 3c - 3b$$

$$12 = 1.8c + 9.728 - c - 5.431 + c + 16.293 - 3c - 3(0.2c)$$

 ISSN 2007-8102

$$12 - 9.728 + 5.431 - 16.293 = 1.8c - c + c - 3c - 0.6c$$
$$-8.59 = -1.8c$$
$$c = -\frac{8.59}{1.8} = 4.77$$
$$b = 0.2c = 0.2(4.77) = 0.95$$
$$f = \frac{5.431 - c}{2} = \frac{5.431 - (4.77)}{2} = 0.33$$
$$e = 4.864 - 0.5c - f = e = 4.864 - 0.5(4.77) - (0.33) = 2.149$$

Por lo que la ecuación metabólica queda como:

$$C_6H_{12}O_6 + 0.9\mathbf{5}NH_3 \rightarrow 4.\mathbf{7}7CH_{1.8}O_{0.5}N_{0.2} + 0.5\mathbf{6}8CO_2 + 2.\mathbf{149}H_2O + 0.\mathbf{33}CH_3CH_2OH$$

Calculando el rendimiento del producto:

$$Y_{PS} = f\frac{\text{M alcohol}}{\text{M sustrato}} = (0.33)\frac{46\frac{g}{mol}}{180\frac{g}{mol}} = 0.084$$

Calculando rendimiento máximo del producto:

$$f_{max} = \frac{w\gamma_S}{j\gamma_P} = \frac{(6)(4.0)}{(2)(6.0)} = 2$$

Esto quiere decir que:

$$\frac{f}{f_{max}}x * 100 = \frac{0.33}{2} * 100 = 16.5\ \%$$

El rendimiento real de 0.33 representa el 16.5% del máximo teórico. La concentración de etanol real siempre será menor que el valor teórico porque la transformación de azúcares a etanol no es total. Ariyajaroenwong y col. [2016] mencionan que durante la fermentación alcohólica se forman otros compuestos debido al metabolismo de las levaduras y posiblemente a la difusión del oxígeno al medio.

Trabajo a futuro

Evaluar el efecto de factores como el pH, la temperatura y la exposición del sistema a un campo magnético para mejorar el rendimiento en la producción de etanol para la producción de vinos con propiedades organolépticas.

Conclusiones

Durante la fermentación del jugo de cacao el crecimiento de la levadura ML1 y la producción de etanol presentaron una relación lineal ya que los datos experimentales se ajustaron al modelo de Monod. Los resultados indicaron que la levadura es afín a los azúcares del jugo de cacao ya que μ_{max} fue de 0.295/h y la K_S fue de 3.686 g/L. aunque el rendimiento del etanol fue bajo, este pudiera mejorarse al aumentar la concentración de azúcares y modificando otros factores como el pH y la temperatura.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por facilitar el uso de equipos y materiales para la realización de este trabajo.

Referencias

1. FAOSTAT (2018). Food and agriculture organization. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QD.
2. Hernández, C.; Viera, I.; Morales, A.; Fernández, J. and Rodríguez, G. (2018). Bioactive compounds in Mexican genotypes of cocoa cotyledon and husk. *Food. Chem.* **(240)** 831-839.
3. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Gobierno de México. (2015). Comunicado de Prensa 395/15. Press release 395/15. http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/2015/junio/Documents/2015B395.pdf.
4. Vásquez, Z.; Carvalho, D.; Pereira, G.; Vandenberghe, L.; Oliveira, P.; Tiburcio, P.; Rogez, H.; Góes, A. and Soccol, C. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management. *Wast. Manag.* **(90)** 72-83.
5. Fernández, M.; Balzarini, T.; Clapé, P.; Evrard, P. and Vuyst, L. (2016). The environmental and intrinsic yeast diversity of Cuban cocoa bean heap fermentation. *Int. J. Food. Microbiol.*) **(233)** 34-43.
6. Madigan, M.; Martinko, M.; Dunlap, P. and Clark, D. (2017). Brock Biology of Microorganisms.15 *ed. Pearson*, San Francisco.
7. Fujiwara, H.; Soda, S.; Fujita, M. and Ike, M. (2016). Kinetics of bisphenol A degradation by Sphingomonas paucimobilis FJ-4. *J. Biosci. Bioeng.* (**122**) 341-344.
8. Dubios, M.; Gilles, K.; Hamilton, J.; Rebers, P. and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* (**28**) 350-356.
9. Guerrero, P.; Quintero, R.; Espinoza, V.; Benedicto, G. and Sánchez, M. (2012). Respiración de CO2 como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus. *Terr. Latin.* **(30)** 355-362.
10. Doran, P. (2013). Bioprocess Engineering Principles. 2 ed. *Academic Press*. 87-137.
11. Ariyajaroenwong, P.; Laopaiboon, P.; Salakkam, A.; Srinophakun, P. and Laopaiboon, L. (2016). Kinetic models for batch and continuous etanol fermentation from sweet sorghum juice by yeast immobilized on sweet sorghum stalks. *J. Tai. Chem. Eng.* **(66)** 210-2016.
12. Jin, H. and Liu, R. (2012). Kinetics of batch fermentations for etanol production with immobilized Saccharomyces cerevisiae growing on sweet sorghum stalk juice. *Proc. Environ. Sci.* **(12)** 137-45.
13. Felix, E.; Clara, O. and Vincent, A. (2014). A kinetic study of the fermentation of cane sugar using *Saccharomyces cerevisiae* . *J. Phys. Chem.* **(4)** 26–31.
14. Tervasmäki, P.; Latva, M.; Taskila, S. and Tanskanen, J. (2018). Effect of oxygen transfer on yeast growth-growth kinetic and reactor model to estimate scale-up effects in bioreactors. *Food. Bioprod. Process.* **(111)** 129-140.

Evaluación de textura y color de un producto de panificación libre de gluten

M. Rivera Rivera[1], M. P. Valencia Perez[1*], M. A. Godínez Ruiz[1*], R. G Tejeda[1*], M. G Lozano Aguirre[1]*
*[*1]Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Tuxtepec.Tecnológico Nacional México. Avenida Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n. Col. 5 de Mayo. C.P. 68350. Tuxtepec, Oaxaca, México.*
**monica_ri_ri@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue la evaluación de textura y color de un producto de panificación libre de gluten específicamente galletas, las cuales se elaboraron de acuerdo a la formulación 60%-40% de harina de maíz y harina de arroz respectivamente, adicionando 8 g de polvo de cáscara de piña. Se determinó su químico proximal. Los valores de textura oscilaron entre 6.70 - 8.29 N, el incremento de su valor puede deberse a la retrogradación de almidones. El valor promedio de los parámentros de color fueron **L*** 53.23, **a*** 8.91, **b*** 9.15 y ΔE 53.84. El color obscuro se puede atribuir al polvo de cáscara de piña y a una reacción de Maillard durante el horneado. Con los resultados obtenidos se pretende ofrecer un producto de calidad al consumidor que responda a las necesidades de salud como la celiaca y al aprovechamiento de los residuos agroindustriales de la piña.

***Palabras clave**: Celiaca, Gluten, Textura, Color .*

Abstract

The objective of the present work was the evaluation of texture and color of a gluten-free bakery product specifically biscuits, which were prepared according to the formulation 60% -40% cornmeal and rice flour respectively, adding 8 g pineapple peel powder. Its proximal chemist was determined. Texture values ranged from 6.70 - 8.29 N, the increase in their value may be due to starch re-creation. The average value of the color parameters were L* 53.23, a* 8.91, b* 9.15 and ΔE 53.84. The dark color can be attributed to pineapple peel powder and a Maillard reaction during baking. With the results obtained, it is intended to offer a quality product to the consumer that responds to health needs such as celiac and the use of pineapple agroindustrial waste.

***Key words**: Celiac, Gluten,Texture, Color.*

Introducción

La enfermedad celiaca consiste en una intolerancia a las proteínas del gluten que causa una atrofia severa de la mucosa del intestino delgado superior. Esta intolerancia es de carácter permanente y se mantiene a lo largo de toda la vida. Esta enfermedad se manifiesta en personas genéticamente predispuestas, puede presentarse a cualquier edad, desde la niñez hasta la edad adulta. Su prevalencia media es el 1% en la población general [Rodrigo L. y col. 2008].

El gluten, es una glucoproteína compuesta a su vez por dos glucoproteínas, la gliadina y la glutenina. El cual se encuentra en algunos cereales de consumo habitual como el trigo, la cebada, el centeno y posiblemente la avena, y en otros cereales de consumo menos frecuente como la espelta (también llamada trigo salvaje) o el triticale (híbrido de trigo y centeno). Además de estar presente principalmente en el pan tradicional y derivados de cereales, el gluten se usa en la industria alimentaria por sus propiedades tecnológicas. Se obtiene principalmente a partir de harina de trigo y es utilizado como aditivo para dar viscosidad, espesor o volumen a

una gran cantidad de productos alimenticios. Además el gluten es el principal causante de enfermedades gastrointestinales antes mencionada.

Hasta hoy el único tratamiento para la enfermedad celiaca es la dieta libre de gluten (DLG), que para ser efectiva debe ser estricta, permanente y durante toda la vida. Considerando la dieta de la población mexicana, las enfermedades asociadas a los hábitos alimenticios, la ingesta de alimentos de consumo rápido y práctico debido a las actividades diarias, se determina que una opción muy viable para la adherencia a la dieta libre de gluten, son las galletas.

Las galletas son actualmente uno de los productos de gran demanda y de bajo costo de producción, que por ser un alimento que permite saciar el hambre, se consideran un buen vehículo para hacer llegar a la población una propuesta alimenticia de alto valor nutritivo, convirtiéndolas así en un alimento funcional, ya que aporta efectos saludables específicos, además de los componentes nutricionales básicos [García y col. 2007]. Son elaboradas partir de harina, azúcar y grasas en su formulación, tienen variedad de sabores, larga vida útil y permiten la incorporación de alto contenido de fibra [Román-Valencia, 2006].

El maíz es uno de los cereales más cultivados en México, en mayo del 2019 la producción obtenida fue de 3,228,751 toneladas, destacando entre ellos los estados más productivos: Sinaloa, Veracruz, Sonora y Oaxaca con 154,837 toneladas [SIAP, 2019]. El maíz al ser un cereal ampliamente utilizado en el mundo para consumo humano, uno de sus usos son la obtención de harinas de maíz, aceite de germen, productos para desayunos, entre otros alimentos. Debido a su alto contenido de almidón, las harinas y sémolas son una fuente importante de calorías en la dieta de países de América Central y del Sur, donde este cereal es su alimento básico.

La harina de maíz, al no contener gluten, sirve de base de harinas panificadoras para enfermos celiacos, al igual que la harina de arroz, quínoa, soya y mandioca [Vega y col. 2006].

En México anualmente se producen más de 236 mil toneladas anuales de arroz, el consumo de este cereal ocupa el cuarto lugar en los granos básicos en la ingesta de personas, debido a que no contiene fructosa, es altamente digerible y contiene un bajo contenido de grasas, rico en carbohidratos, vitaminas B, calcio, fosforo, hierro, sodio y potasio. Un uso para consumir este alimento es procesarlo para obtener harina, que puede implementarse en procesos de panificación [SAGARPA, 2018].

La piña es un fruto tropical con alto valor en el mercado internacional y con potencial en la fabricación de productos agroindustriales. En el periodo 2003-2016 la producción de piña creció 29.06%, además de que las exportaciones crecieron a un ritmo acelerado en el mismo periodo pues pesaron de 20.8 mil toneladas [SAGARPA, 2017].

La piña ocupa el tercer lugar en frutas tropicales de importancia económica en el mundo, después del banano y el melón. El crecimiento en la producción y en las ventas de esta fruta, se ha presentado un incremento en la cantidad de subproducto que se obtiene del cultivo e industrialización, en este caso hablamos de su cáscara, en cuanto a su composición nutricional, la mayoría de los subproductos de la piña se caracterizan por su alto contenido de energía, es importante valorar los altos contenidos de fibra que esta presenta. La fibra contenida en la cáscara de la piña puede ser procesada y utilizada en productos de panificación [López, 2014].

Debido a las grandes exigencias y la competitividad en la industria alimentaria, se ha visto en la necesidad no solo de crear nuevos productos funcionales, sino de también satisfacer gustos y preferencias, con el propósito de lograr la aceptación del consumidor, tal es el caso del aspecto, color, aroma, textura de los alimentos.

La textura, relacionada principalmente a la suavidad, el color al aspecto visual, son importantes atributos para la aceptación de alimentos, siendo por tanto la evaluación de tales características, una forma de garantizar la satisfacción del consumidor en cuanto a sus expectativas sensoriales, en especial en preparaciones como panes, tartas, pasteles, galletas y bizcochos. La textura suele ser la de mayor importancia como indicador de la estabilidad comercial del producto. En este sentido, la textura permite al consumidor de productos horneados, establecer algunos descriptores sensoriales para definir la preferencia por una galleta, tales como desmoronarle, masticoso, pastoso, crujiente, harinoso, quebradizo, grumoso, cohesivo, seco, blando (suave) o duro [García y col. 2007]..

El método más utilizado en la industria de alimentos para medición de color es el de colorimetría de triestímulos. El colorímetro de triestímulos consiste en luz blanca proveniente de una fuente-patrón de la CIE (Internacional Comisión on Illumination), que incide sobre la muestra bajo un ángulo de 0º y es reflejada a un ángulo de 45º (reflexión difusa), o viceversa. La luz reflejada pasa a través de filtros, siendo medida por una fotocelda. En 1905, se identificó los tres atributos básicos del color: tono, valor y croma. Tono es el nombre del color, la cualidad por la cual se distingue una familia de otra, de colores cromáticos, como el rojo del amarillo. Valor es la luminosidad del color, cualidad a través de la cual se distinguen los colores claros de los oscuros. Croma es la fuerza del color o la intensidad de un tono distinto. En el sistema de colores CIE-Lab, los valores de luminosidad L* van de cero (negro) a 100 (blanco), a* indica el ángulo hue (tono) en una escala de verde (-60) a rojo (+60); b* indica el ángulo hue (tono) en una escala de azul (-60) a amarillo (+60) [Delgado et al., 2013]. A fin de garantizar el consumo adecuado de nutrientes en individuos con dietas restringidas, asociadas a la escasa disponibilidad de productos industrializados modificados, se torna importante estimular el interés en asegurar la calidad de las preparaciones domésticas. Para eso es necesario el conocimiento del comportamiento de los diversos ingredientes para la creación de esas preparaciones [Von y col. 2005].

El objetivo del presente trabajo es evaluar la textura y el color de un producto de panificación especificamente de una galleta libre de gluten.

Materiales y Métodos

Obtención de harinas

Harina de maíz

Los granos de mejor calidad se sometieron a un secado por 24 horas en una estufa de charolas a 60 ºC. Se realizó una molienda gradual en un molino de mano marca Estrella y la harina se obtuvo a través de un tamizado con un tamiz marca Wstyler Sieve Designation malla número 40 con tamaño de partícula de 425 μm.

Harina de arroz

Los granos de arroz se molieron gradualmente en un molino de mano marca Estrella, la molienda obtenida fue tamizada en un tamiz marca Wstyler Sieve Designation malla número 40 con tamaño de partícula de 425 μm.

Polvo de la cáscara de piña

Se realizó un lavado de las cáscaras de piñas en solución de cloro al 1% por 5 min y se cortaron en tamaños de 2x2 cm. Para retirar el exceso de humedad se exprimió en tela pañalina y se colocaron uniformemente en charolas de acero inoxidable, las cuales se sometieron a un proceso de secado por 36 hr a 80°C. Las muestras secas se molieron en un mini-vaso ahorrador Rosan con cuchilla marca Oster y la molienda se tamizó en un tamiz marca Wstyler Sieve Designation malla número 40 con tamaño de partícula de 425 μm.

Las harinas se conservaron en bolsas de polietileno Ziploc para su posterior uso.

Elaboración de galletas libres de gluten

Materiales para elaboración de galleta libre de gluten

Harina de arroz, harina de maíz, polvo de cascara de piña, sal, saborizante, margarina, azúcar, polvo para hornear, charolas, espátulas, moldes, horno, báscula y bolsas de polietileno.

Elaboración de galletas libres de gluten

Las galletas se elaboraron en base a la formulación (40-60) porcentaje de harina de arroz y harina de maíz. Para calcular el porcentaje del polvo de cáscara de piña (8%) se tomó como base de la suma de las harinas de

arroz y maíz como el 100%. Se amasaron todos los ingredientes, se pesaron de 5 gramos de la mezcla, con la ayuda de un cortador de galletas se obtuvieron uniformidad en las galletas y se colocaron en charolas de acero inoxidable. Posteriormente el proceso de horneado se realizó a una temperatura de 120 ºC durante 20 minutos. Las galletas se dejaron enfriar para después proceder al empaquetado.

Empaquetado de las galletas

Se elaboraron en total 45 galletas y se empaquetaron en 9 bolsas polietileno Ziploc con 5 piezas cada una, divididas en tres secciones D_0 (X1, X2 y X3); D_{15} (Y1, Y2 y Y3) D_{30} (Z1, Z2 y Z3). Las cuales muestras se guardaron a temperatura ambiente (30 ºC) por un periodo de 30 días.

Análisis químico proximal de galletas libres de gluten

La composición química proximal de la galleta libre de gluten se determinó por triplicado de acuerdo a los métodos de la AOAC [2005]: humedad (925.10), cenizas (923.03), grasas (920.39) y proteínas (920.87). El contenido de fibra cruda se determinó por digestión ácido-alcalina (925.08) y el contenido de carbohidratos se calculó por diferencia siguiendo el método utilizado por Ho [2016].

Determinación de color

El color de las galletas se determinó mediante un colorímetro (HunterLab, UltraScan® Vis, Estados Unidos de América). El equipo instrumental fue calibrado con un estándar blanco.
Además se utilizó el Software EasyRGB para convertir los datos de color de los estandares L* a* b* que se obtuvieron en el equipo de colorimetría.

Determinación de Textura

La determinación de la textura de las galletas libre de gluten se realizó mediante un Texturómetro universal Texture Analyser TA-XTplus (Texture Technologies Corp., Sacrsdale NY / stable Microsystems, Haslemere, Surrey, UK), mediante la fuerza de corte mediante ensayo de fractura en forma de cruz (centro y bordes de las muestras), con una distancia entre los puntos de apoyo de 2 cm, una velocidad de bajada del cabezal de 100 mm/min y una fuerza de 0.19 N

Análisis estadístico

Todos los resultados obtenidos se analizaron mediante un Análisis de Varianza de una vía de comparación de medias de diferencia mínima significativa LSD de Fisher, utilizando el programa estadístico Statistica V.10

Resultados

Los resultados obtenidos del químico proximal realizado por triplicado en diferentes tiempos (T_0, T_{15},T_{30}) a las galletas libres de gluten se puede apreciar en la Tabla 1, donde no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en la composiion química a excepción del contenido de humedad.
Los resultados obtenidos en el análisis químico proximal realizado a las galletas libres de gluten cumplen de manera general con lo que establece la norma NMX-F-006-1983 para contenido de humedad, carbohidratos, cenizas y grasas, en tanto el contenido de fibra supera lo que marca la norma que es un máximo de 0.05%, debido a que es un producto adicionado de fibra, En el caso del contenido de proteinas está ligeramente por debajo del 6% que marca la norma, esto debido a que es una galleta libre de gluten.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Composición químico proximal de las galletas en diferentes periodos (T_0, T_{15} y T_{30}).

% Componente	Día 0	Día 15	Día 30
Humedad	4.04±0.4 **a**	4.08±0.01 **b**	4.10±.034 **c**
Cenizas	0.78±0.03 **a**	0.78±0.005 **a**	0.78±0.003 **a**
Grasas	21.95±0.13 **a**	21.71±0.5 **a**	21.51± 0.75 **a**
Proteínas	6.63±0.16 **a**	5.58±0.12 **a**	5.50±0.21 **a**
Fibra cruda	1.14±0.3 **a**	1.16±0.01 **a**	1.16±0.02 **a**
Carbohidratos	66.1±0.07 **a**	66.67±0.07**a**	66.95±0.42 **a**

Valores promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila muestran diferencia significativa ($p \leq 0.05$). T_1= día 1, T_2= día 15 y T_3= día 30

Los resultados de los parámetros de color (L*, a*, b* y ΔE), obtenidos en las muestras de galletas libres de gluten se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2**.** Determinación de color de las galletas libres de gluten

Periodo	Parámetros de color			
	L*	**a***	**b***	**ΔE**
Estándar blanco	98.31	-0.13	0.05	**ND**
Día 0	53.00 ± 0.34 **a**	9.195± 0.49 **b**	28.225 ± 0.30 **a**	**54.16**
Día 15	53.35 ± 0.99 **a**	8.62 ± 0.12 **a**	27.698 ± 0.31 **b**	**53.50**
Día 30	53.36 ± 0.005 **a**	9.06 ± 0.011 **ab**	28.56 ± 0.54 **c**	**53.82**

Valores promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. ND= no determina. Letras distintas indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

El valor promedio de los paramentros de color de las galletas libres de gluten en el caso de **L*** es 53.23 para **a*** 8.91, **b*** 9.15 y ΔE 53.84. Tambien es importante mencionar que en la luminosidad no se observan cambios significativos a diferencia de los parametros de a* y b* donde si se observan cambios significativos, razón por la cual las tonalidades de color obtenidas son diferentes.

Los colores de las galletas al hacer la conversión de datos arrojo los siguientes colores: #9D784E (T_0), #9D7950 (T_{15}) y #9E794F (T_{30}), como se puede observar es un color café y la diferencia entre los tres colores es prácticamente imperceptible a simple vista.

El color obtenido se puede deber a dos razones a la cocción que se modula por el nivel de azúcar reductor disuelto y a la cantidad de agua de acuerdo a Van der Sman, 2018 y a las harinas utilizadas especialmente al polvo de fibra de piña.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Color de galletas libres de gluten en diferentes tiempos

$T_1 = 0$	$T_2 = 15$	$T_3 = 30$
		
#9D784E	#9D7950	#9E794

Los valores de textura obtenidos se pueden observar en la Tabla 4 que van desde 6.70. hasta 8.29 N, esta variación que se tuvo con respecto al tiempo se pudo deber a la retrogradación de los almidones. Es importante mencionar tambien que los resultados obtenidos son semejantes a los que obtuvo [Chauhan y col. 2016] de textura de 7.33-8.0 N en galletas sustituyendo diferentes porcentajes de harina de trigo por harina de amaranto.

Tabla 4. Análisis de textura de las galletas libre de gluten.

Muestra	Fuerza máxima (Dureza) (N)
Galleta T_0	**6.70 ± 0.41 a**
Galleta T_{15}	**7.80 ± 0.71 ab**
Galleta T_{30}	**8.29 ± 0.97 b**

Valores promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. Letras iguales en la misma indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

Trabajo futuro

Realizar una comparación en sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales con una galleta comercial libre de gluten.

Conclusiones

De los resultados que se obtuvieron en el análisis químico proximal realizado a la galletas libres de gluten se puede destacar que de manera general cumplen con la norma NMX-F-006-1983, excepto el contenido de fibra que esta por arriba del 0.05% y las proteinas que se encuentran ligeramente por debajo del 6% que marca la norma. Además no existen cambios significativos en la composición química de la galleta, excepto en la humedad la cual va aumentando conforme aumenta el periodo de almacenamiento debiendose a factores como

manejo de la muestra y al tipo de empaque. El valor promedio de los paramentros de color obtenidos fueron **L*** 53.23, **a*** 8.91, **b*** 9.15 y ΔE 53.84. Con respecto a la luminosidad no se observan cambios significativos a diferencia de los parametros de a* y b* donde si se observan cambios significativos, razón por la cual las tonalidades de color obtenidas son diferentes. Los colores de las galletas al hacer la conversión de datos fueron los siguientes colores: #9D784E (T_0), #9D7950 (T_{15}) y #9E794F (T_{30}), como se puede observar es un color café y la diferencia entre los tres colores es prácticamente imperceptible a simple vista. El color obtenido se puede deber a dos razones a la cocción que se modula por el nivel de azúcar reductor disuelto y a la cantidad de agua de acuerdo a Van der Sman, 2018 y a las harinas utilizadas especialmente al polvo de fibra de piña. Los valores de textura obtenidos fueron desde 6.70 hasta 8.29 N, esta variación que se tuvo con respecto al tiempo se pudo deber a la retrogradación de los almidones.

Referencias

1. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gathersburg, MD, USA.
2. Chauhan A., Saxena D. C., Singh S. & Yildiz F. (2016). Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies, Cogent Food & Agriculture, 2(1), 1-8.
3. Delgado Vidal, F. K., Ramírez Rivera, E. D. J., Rodríguez Miranda, J., & Martínez López, R. E. (2013). Elaboración de galletas enriquecidas con barrilete negro (Euthynnus lineatus): Caracterización química, instrumental y sensorial. Universidad y Ciencia, 29(3), 287-300.
4. Elizondo, J. A., & Campos, C. M. (2014). Características nutricionales de la cáscara de piña ensilada con cantidades crecientes de urea y heno. Nutrición Animal Tropical, 8(2), 51-71.
5. García, A. D., & Pacheco, E. (2007). Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (Arracacia xanthorrhiza B.). Facultad Nacional de Agronomía, 60, pp.4195-4212.
6. Ho L. H. & Abdul Latif N. W. (2016). Nutritional composition, physical properties, and sensory evaluation of cookies prepared from wheat flour and pitaya (Hylocereus undatus) peel flour blends, Cogent Food & Agriculture, 2:1, 1-10.
7. López, M., WingChing, R., Rojas, A. (2014). Meta-Análisis de los subproductos de piña (Ananas comosus) para la alimentación animal. Agronomia Mesoamaericana , 25(2), 383-392.
8. NMX-F-006-1983. Alimentos. Galletas. Food. Cookie. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
9. Ramírez, A., & De Delahaye, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. Interciencia, 34(4), 293-298.
10. Rodrigo, L.,Garrote J.A. & Vivas, S. Enfermedad celíaca. Med Clin (Barc). 2008;131(7):264-270.
11. Román M., María O., & Valencia G., Francia E.. (2006). Evaluación de galletas con fibra de cereales como alimento funcional. *Vitae*, *13*(2), 36-43.
12. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2017). Planeación Agrícola 2017-2030. Primera edición 2017. México.
13. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2018). Planeación Agrícola 2018-2030. Primera edición 2018. México.
14. Servicio de Información Agrolimentaria y Pesquera (2019). Avance de Siembras y Cosechas (Resumen por estado). Primera edición 2019. México.
15. Vega Gálvez, A., Lara Aravena, E., & Lemus Mondaca, R. (2006). Isotermas de adsorción en harina de maíz (Zea mays L.). Ciencia e Tecnología de Alimentos, 26 (4), 821-827.
16. Von Atzingen, M., & Machado Pinto, M. (2005). Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten. Ciencia y Tecnología Alimentaria, 4 (5), 319-323.

Efecto del beneficiado en la calidad aromática de la vainilla (*Vanilla planifolia)*

P. Jose Marcelino[1], Ma. A. Vivar Vera[1], E. Paz Gamboa[1], F. B. Tavares González[1], A. Pérez Silva[1]*

[1]Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Av. DR. Víctor Bravo Ahuja, S/N. Col. 5 de Mayo. CP. 68350, Tuxtepec, Oaxaca, México. Tel. +52(012878751044)

[*]apsilva@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo del proyecto fue evaluar el efecto del beneficiado en la calidad aromática de la vainilla. Cuatro lotes de frutos de vainilla con 36 semanas de madurez fueron analizados. La longitud promedio de los frutos fue de 20.7 ± 0.0 cm y una humedad inicial de 82.9 ± 1.2% .Estos se sometieron a 4 procesos de beneficiado: tradicional, bourbon (dos temperaturas) y tecnificado. Los frutos presentaron una actividad enzimática inicial de β-glucosidasas y peroxidasas de 975 nKatal/g y 9.25 U/mg peso fresco, respectivamente. La actividad de la β-glucosidasas no pudo ser medida después del primer tratamiento térmico. La actividad final de las peroxidasas para el beneficiado tradicional, Bourbon a 80 ˚C/15 seg, Bourbon 60 ˚C/3 min y tecnificado fue de 9.71, 10.0, 10.21 y 9.23 U/mg p.f, respectivamente. Los mayores contenido de vainillina en las vainas fueron de 5.05 y 4.03 g/100g ms, provenientes de los beneficiados tecnificado y tradicional, respectivamente.

Palabras clave: Vainilla, Beneficiado, Vainillina

Abstrac

The objective of the project was to evaluate the effect of the curing on the aromatic quality of vanilla. Four batches of vanilla fruit with 36 weeks of ripening were analyzed. The average length of the fruits was 20.7 ± 0.0 cm, there is a humidity of 82.9 ± 1.2%. There must be 4 beneficiary processes: traditional, bourbon (two temperatures) and technified. The present fruits have an initial enzymatic activity of β-glucosides and peroxides of 975 nKatal/g and 9.25 U/mg fresh weight, respectively. The activity of β-glucosides could not be measured after the first heat treatment. The final activity of peroxidases for the traditional beneficiary, Bourbon has 80 ºC/15 secs, Bourbon 60 ºC/3 min and technified was 9.71, 10.0, 10.21 and 9.23 U/mg pf, respectively. The mayors containing vanillin in the pods were 5.05 and 4.03 g/100g m.s, they come from the technified and traditional beneficiaries, respectively.

Key words: Vanilla, Curing, Vanillin

Introducción

La *Vainilla planifolia* es una orquídea tropical nativa de México sus frutos son comercializados alrededor del mundo por su apreciable aroma. Su uso es extenso debido a que es empleada en la industria alimenticia e industria de perfumes como ingrediente de fragancias. Además la vainilla no solo posee cualidades de aroma, también presenta propiedades bioactivas, al actuar como un agente antimicrobiano, antimutagénico y antioxidante [Ramachandra y Ravishankar, 2000] y [Shyamala y col., 2007]. La vainilla para su venta y exportación necesita de cuidados minuciosos durante el proceso de beneficiado ya que de esto depende una buena calidad, teniendo en cuenta su humedad, tamaño y el contenido de vainillina [NMX-FF-074-SCFI-2009]. Para que los frutos verdes de vainilla desarrollen su aroma característico deben ser sometidos a un proceso llamado beneficiado, en el cual los β-glucósidos entran en contacto con las enzimas hidróliticas (β-glucosidasas) que se encargan de la liberación del principal fenol volátil (vainillina) responsable del aroma a vainilla y enzimas oxidativas (polifenoloxidasas y peroxidasas) que participan en los cambios de color. Existen diferentes métodos de beneficiado (Mexicano, Bourbon, Tecnificado, entre otros) de acuerdo al país productor de vainilla, pero este en general consta de consta de 4 etapas: marchitamiento, sudado, secado y acondicionamiento. Durante las etapas del beneficiado existe la pérdida de más del 60 % del principal fenol volátil, que puede ser explicado por reacciones de transformación de la vainillina a otros compuestos fenólicos, que podrían conferirle una importante actividad antioxidante a la vainilla. El objetivo del proyecto fue evaluar el efecto del beneficiado en la calidad aromática de la vainilla, con la finalidad de proponer una mejora de este proceso al sector productivo.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Metodología

Se usaron 4 lotes de 5 kg cada uno de frutos maduros de vainilla (*Vanilla planifolia*) recolectados en la región de la Chinantla. Estas muestras fueron trasladadas al Instituto Tecnológico de Tuxtepec donde fueron despezonadas, seleccionadas y clasificadas de acuerdo a su tamaño.

Determinación de humedad

La determinación del contenido de humedad de los frutos y de las vainas recolectadas en las diferentes etapas Se pesó 1 g de vaina en una balanza analítica**,** posteriormente las muestras fueron depositadas en charolas a peso constante en una estufa BINDER a 110 °C durante 24 h.

Beneficiado tradicional de las vainas y método bourbon

Los vainas (frutos maduros) fueron colocadas en bolsas de polietileno, puestos sobre un plástico negro y expuestas a los rayos del sol para generar su marchitamiento, a una temperatura de 30–45 °C, en un periodo de 4-5 h durante 3 días. Posteriormente las bolsas con las vainas fueron guardadas en un cajón sudador en un periodo de 18 h, para empezar el proceso de sudado. Una vez pasado el marchitado, las vainas fueron sacadas de la bolsa exponiéndolas al sol de manera directa a una temperatura ambiente durante 4 h. El sudado y el secado de las vainas se alternó durante 60 días. Finalmente el acondicionamiento se realizó durante 27 días, cubriendo las vainas con mantas a temperatura ambiente y oreándolas periódicamente.

Para el método bourbon se siguió el mismo proceso de beneficiado tradicional, el cual consistió con un marchitado en inmersión en agua caliente a 80 ^{o}C/15 segundos y 60 ^{o}C/3 minutos.

Beneficiado tecnificado

El beneficio controlado consistió de tres partes, la primera etapa del marchitamiento fue por congelación en nitrógeno líquido /1 min. La segunda etapa del proceso, las vainas fueron colocadas en cámaras controladas de temperatura y humedad relativa (40° C y 85 % HR) durante 7 días, dicha etapa representó la etapa de sudado del beneficio tradicional. Por último en la tercera etapa las vainas se colocaron a 40° C y 75 % HR hasta que alcanzaron humedades de 35 - 40 % aproximadamente. Esta condición representó la etapa del secado. Las vainas que terminaron el proceso del beneficio se colocaran en bolsas de celofán a temperatura ambiente (25 °C) para su almacenamiento.

Determinación de la actividad enzimática de la β-glucosidasa y peroxidasa (PER)

Se tomaron 15 g de vainas verdes, se diluyó y mezcló en una licuadora por 1 minuto con 150 mL de buffer de fosfato de sodio 0.1 M pH 7, posteriormente se filtró con papel filtró Whatman No. 4, se tomaron 50 µL de esta solución para diluir en 10 mL de buffer de fosfato de sodio. La actividad de la enzima se determinó incubando 0.2 mL de *p*-nitrofenil-β-glucopiranósido (*p*NPG) 4 mM en solución de fosfato de sodio 0.1 M a pH 7 con 0.2 mL de la solución enzimática diluida durante un tiempo de 20 minutos a 40 °C. Después de este tiempo la reacción se detuvo por adición de una solución de NaOH 0.5 M y la absorbancia fue evaluada a 400 nm en un espectrofotómetro.

La actividad de la Peroxidasa: Se determinó mediante una mezcla de reacción que consistió de 100 µL de extracto enzimático, buffer de fosfato pH 6.8, peróxido de hidrógeno al 1% más guayacol al 4%. Y posteriormente realizar la lectura en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 470 nm para que finalmente los resultados de la actividad enzimática sean expresados como: U/mg p.f (peso fresco)

Cuantificación de vainillina y principales fenoles volátiles por cromatografía liquida de alta resolución (HPLC)

Se pesaron 300 mg de polvo de vainilla, los cuales fueron extraídos con una mezcla de solventes metanol−agua, la mezcla fue sometida a efectos ultrasónicos en el equipo Elmasonic P, modelo D78224 a temperatura ambiente con una frecuencia de 34 Khz durante 10 minutos, los extractos fueron pasados a través de un filtro de 120 mm y 0.45 µm de diámetro [Pérez-Silva y col., 2011]. Cada extracción fue realizada por triplicado, y posteriormente fueron analizadas en un (HPLC-DAD).

Resultados y discusión

Características físicas de las vainas de vainilla verde

Los frutos de vainilla tuvieron una longitud promedio de 20.7 ± 0.0 cm, un diámetro de 4.6 ± 0.0 cm y un peso de 23.2 ± 0.0 g (Figura1). Estudios realizados indican que estas cifras pueden variar dependiendo de factores genéticos, la fisiología de la planta y las condiciones ambientales [Lapeyre y col., 2010].



Figura 1: Lote y longitud de los frutos (*Vanilla planifolia)*

Evolución del contenido de humedad de las vainas de vainilla durante su beneficiado

El contenido de humedad inicial de las vainas verdes maduras recolectadas de la región de la Chinantla fue de 82.9 ± 1.26 %. Las vainas de vainilla fueron sometidas a un proceso de beneficiado. Durante la primera semana del beneficiado se observa una diferencia en el contenido de humedad para el lote de inmersión en nitrógeno líquido que disminuyó a un 63% mientras los otros lotes es menor la pérdida de humedad (Figura 2). Sin embargo, el contenido de humedad a partir de la semana 8 disminuyó significativamente para el lote escaldado a 80 °C, las vainas alcanzaron temperaturas de 30-50 °C, cabe mencionar que durante la semana 7 y 8 las vainas de inmersión en nitrógeno ya no continuaron con la etapa del secado y pasaron directo al afinado.

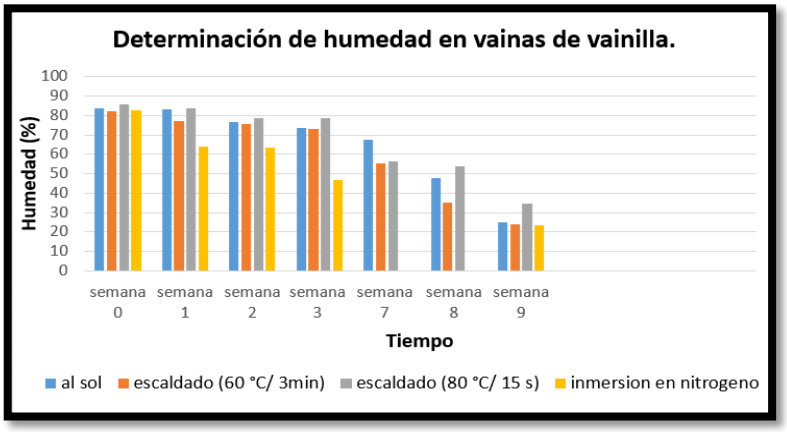


Figura 2: Evolución del contenido de humedad en los diferentes tipos de marchitamiento

Beneficiado de las vainas de vainilla

Los primeros cambios observado en las vainas sometidas a diferentes tratamientos de marchitado fueron en aroma y en el color. En la Figura 3 se puede observar un color café oscuro en las vainas ya que esto se debe a la acción de enzimas oxidativas (polifenoloxidasa) que actúan mediante dos reacciones: 1) hidroxilando a los fenoles a o-difenoles y 2) oxidando a los difenoles para formar o-quinonas, las cuales son muy reactivas y originan pigmentos de color café.

 ISSN 2007-8102



Figura 3: Cambios físicos de las vainas de vainilla durante el proceso de beneficiado

Determinación de la actividad enzimática de la β-Glucosidasas

La actividad de la *β*-glucosidasa juega un papel importante en la vaina debido a que participa en la hidrólisis de los glucósidos. La actividad de la β-glucosidasa es medida utilizando como sustratos el *p*-nitrofenil-β-D-glucopiranósido [Oduox y col., 2003b]. Los frutos maduros presentaron una actividad enzimática de 975 nKatal/g. Este resultado tuvo tendencia similar a los reportados por Odoux y col. [2006], quienes reportaron una actividad de β-glucosidasa de 900 nKatal/g en frutos maduros procedentes de Madagascar y a los reportados por Pérez-Silva y col. [2006] en vainas maduras de México, ambos estudios utilizaron como sustrato *p*-NPG. Lo que permite reafirmar que la actividad de la β-glucosidasa debe ser considerada como un parámetro de calidad importante durante la cosecha de los frutos, debido a su participación en la hidrólisis de los glucósidos (precursores aromáticos) en las primeras etapas del beneficiado. Cabe mencionar que durante el beneficiado de las vainas, la actividad de las *β*-glucosidasa es inhibida completamente por las temperaturas que se alcanzan y la actividad residual no puede ser medida con el método establecido.

Actividad enzimática de la peroxidasas

La actividad enzimática de las peroxidasas es importante ya que ésta es una enzima que cataliza la reacción de óxido-reducción entre peróxido de hidrógeno y una gran variedad de donadores de hidrógeno como los fenoles, aminas aromáticas y otros. También interviene de manera eficiente en reacciones de dimerización de algunos compuestos volátiles qué están presentes en la vainilla, como es el caso de la dimerización de la vainillina para formar divainillina [Gatfield y col. 2006; Dunphy y col. 2010]. Los frutos verdes presentaron una actividad enzimática inicial de 9.25 U/mg peso fresco. Sin embrago, en la semana 1 la actividad de las peroxidasas disminuyó drásticamente debido al tratamiento térmico aplicado (marchitado) (Figura 4), en las semanas 2 y 3 se observó un aumento que fue constante durante todo el beneficiado, hasta la semana 8. Esto puede deberse a la temperatura adecuada y al contenido de humedad presente que permitieron generar condiciones apropiadas para mejorar la actividad enzimática de las peroxidasas [Márquez y col., 2008].

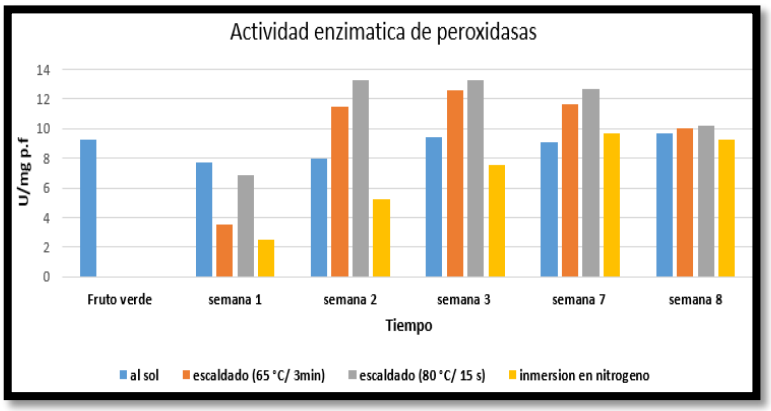


Figura 4: Actividad enzimática de las peroxidasas durante el proceso de beneficiado

 ISSN 2007-8102

Potencial y perfil aromático de los frutos y vainas por cromatografía liquida de alta resolución (HPLC-DAD)

Los frutos obtenidos presentaron un potencial máximo en vainillina de 6.53%. Las vainas con los dos mayores contenidos de vainilla fueron las vainas sometidas a los beneficiado tradicional y tecnificado, 4.03 y 5.05 g/100 g m.s, respectivamente (Figura 5).

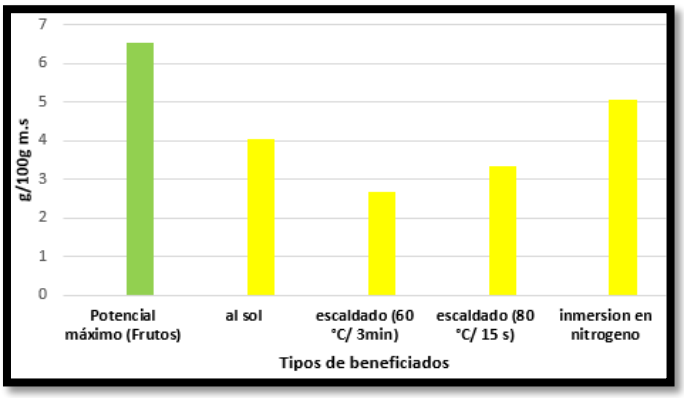


Figura 5. Potencial de vainillina en frutos y contenido de vainillina en las vainas sometidas en diferentes procesos de beneficiado.

El vainillil alcohol (V-OH) fue el segundo compuesto en importancia cuantitativa, siendo mayor en el beneficiado a 60 °C/3min y en el tecnificado. El mayor contenido de ácido vainillinico (Ac.V) fue identificado en el beneficiado tradicional. El ρ-hidroxibenzaldehído (PHB) fue mayor en las vainas provenientes del beneficiado a 60 °C/3min y en el tecnificado, El ácido ρ-hidrocibenzoico (Ac.PHB) fue identificado en concentraciones similares en todas las vainas. Sin embargo, el ρ-hidroxibencil alcohol (PHB-OH) solo fue cuantificado en las vainas de los beneficiados bourbon y tecnificado. Sin embargo, el anisil alcohol (Anis-OH) no fue detectado en el beneficiado tradicional, la mayor concentración fue detectada en el beneficiado a 60 °C/3min. Se detectaron restos de glucovainillina en los tratamientos, a excepción en las vainas provenientes del beneficiado bourbon a 60 °C/3min (Figura 6).

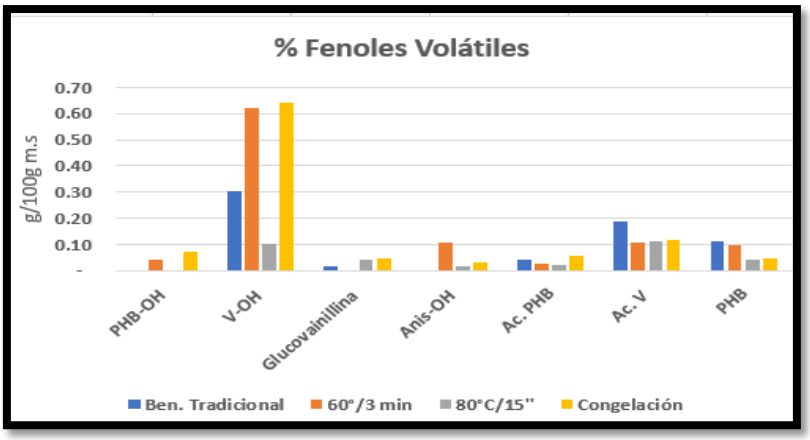


Figura 6: Relación de los compuestos aromáticos encontrados en vainas sometidas a diferentes tipos de beneficiados

El aroma natural de la vainilla es muy complejo y se debe a una mezcla de diferentes compuestos volátiles y no solos a la presencia de la vainillina, como lo reportan Pérez-Silva y col. [2006] y Zhang y Mueller [2012]. Estos compuestos en las vainas beneficiadas se utilizan como un indicador de la calidad para fines comerciales [Pérez-Silva y col., 2006]. Es evidente que el perfil aromático de las vainas depende de las condiciones del beneficiado al cual son sometidas las vainas.

Trabajo a futuro

Es pertinente realizar la cuantificación de polifenoles solubles totales, perfil aromático por GM-MS y la evaluación sensorial de las vainas mediante un perfil Flash.

Conclusiones

El tipo de marchitado de los frutos maduros de vainilla tiene efecto sobre la hidrólisis de sus precursores aromáticos. Los tratamientos de marchitamiento (congelación y al sol) son los que producen mayores concentraciones de vainillina durante el proceso de beneficio. Trabajar en condiciones controladas de humedad relativa y temperatura, combinado con un tipo de marchitado efectivo, permite obtener contenidos de vainillina mayores a los observados en un beneficio tradicional y bourbon.

Agradecimientos

Al FORDECYT por el financiamiento otorgado en el proyecto de “Estrategias para la adaptación y mitigación al cambio climático necesarias para el rescate del cultivo de vainilla en México” con número de registro 297884 y al CONACYT por la beca otorgada al estudiante Pedro José Marcelino durante sus estudios de Maestría.

Referencias

1. Dunphy P., Bala K. (2010). Review: A Flavor of Vanilla Aroma, taste and mouthfeel. *Perfumer & Flavorist*. (35) 42-49.
2. Gatfield, I., Reiss, I., Krammer, G., Schmidt, C. O., Kindel, G., & Bertram, H. J. (2006). Novel taste-active component of fermented vanilla beans. *Perfumer & Flavorist*, (31) 18–20.
3. Norma Oficial Mexicana NMX-FF-074-SCFI-2009. Productos No Industrializados para Uso Humano– Vainilla– [Vanila fragans (Salisbury) Ames Especificaciones y Métodos de Prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de Federación el 13 de noviembre de 2009.
4. Odoux, E., Chauwin, A., & Brillouet, J. M. (2003). Purification and characterization of vanilla bean (Vanilla planifolia Andrews) β-D-glucosidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(10), 3168-3173.
5. Odoux, É. (2006). Glucosylated aroma precursors and glucosidase (s) in vanilla bean (Vanilla planifolia G. Jackson). *Fruits*, 61(3), 171-184.
6. Pérez-Silva, A., Odoux, E., Brat, P., Ribeyre, F., Rodriguez-Jimenez, G., Robles-Olvera, V., et al. 2006. GC–MS and GC–Olfactometry analysis of aroma compounds in a representative organic aroma extract from cured vanilla (*Vanilla planifolia G. Jackson*) beans. *Food Chemistry*, (99) 728–735.
7. Perez-Silva, A., Gunata, Z., Lepoutre, J. P., Odoux, E. (2011). New insight on the genesis of odor active compounds in vanilla beans (*Vanilla planifolia G. Jackson*) during traditional curing. *Food Research International*. (44) 2930-2937.
8. Ramachandra Rao, S., & Ravishankar, G. A. (2000). Vanilla flavour: production by conventional and biotechnological routes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *80*(3), 289-304.
9. Shyamal B. N., Madhava Naidu A.M., Sulochanamma G., Srinivas P. (2007). Studies on the antioxidant activities of natural vanilla extract and its constituent compounds through *in vitro* models. *J. Agric. Food Chem. (*55) 7738–7743.
10. Zhang, S., Mueller, C., (2012) Comparative Analysis of Volatiles in Traditionally Cured Bourbon and Ugandan Vanilla Bean (Vanilla planifolia) Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (60) 10433−10444.

Estudio de pectina a partir de la cáscara del plátano roatán (*Musa paradisiaca var. cavendish*)

*M.C. Vázquez-Briones, M. Vázquez-Briones, D. Hernández-Ramírez, C. A. Pimienta-Trinidad y M. Mata-García**
[1]Departamento de Ingeniería Químicas, Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Av. Universidad, No. 1, Lote grande, S/C, C.P: 96360. Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río Veracruz, México

moisesmg2000@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El propósito del trabajo fue extraer pectina de cáscara de plátano Roatán (*Musa paradisiaca var. cavendish*) por hidrólisis ácida. Para ello se realizó un proceso de lavado y triturado de la cascara de plátano. Posteriormente se inactivó la enzima péctica, hidrolizando a pH 1.0, 2.0 y 3.0 a temperatura de 80°C, se filtró, se precipitó con etanol y se secó 60°C durante 5h. La pectina obtenida se caracterizó determinando el espectro infrarrojo, contenido de cenizas, humedad y metoxilo. Obteniendo un rendimiento de 3.9, 1.2 y 2.8% a pH 1.0, 2.0 y 3.0 respectivamente. El espectro de la pectina mostró bandas a 3307.72 cm^{-1} (OH), 2923.59 cm^{-1} (CH), 1733.19 cm^{-1} (C=O), 1636.04 cm^{-1} el grupo (COO), entre los 1013.76, y 1075.48 cm^{-1} (C-O) y 886.66 cm^{-1}, valores de humedad de 6.4, 7.0 y 7.3%, cenizas 1.5, 2.03, y 2.1%, metoxilo 6.9, 5.7, 6.1% a pH 1.5, 2.5 y 3.0 respectivamente.

***Palabras clave**: Plátano, pectina, cáscara, hidrólisis ácida*

Abstract

The purpose of the work was to extract Roatán banana pectin (Musa paradisiaca var. Cavendish) by acid hydrolysis. A washing and crushing process of the banana peel was carried out. Subsequently, the pectic enzyme was inactivated, hydrolyzing at pH 1.0, 2.0, 3.0 at a temperature of 80°C. It was filtered, precipitated with ethanol and dried 60°C for 5h. The pectin obtained was characterized by determining the infrared spectrum, ash content, moisture and methoxyl. Obtaining a yield of 3.9, 1.2, 2.8% at pH 1.0, 2.0, 3.0 respectively. The pectin spectrum showed bands at 3307.72 cm^{-1} (OH), 2923.59 cm^{-1} (CH), 1733.19 cm^{-1} (C=O), 1636.04 cm^{-1} the group (COO), between 1013.76, and 1075.48 cm^{-1} (CO) and 886.66 cm^{-1}, moisture values of 6.4, 7.0 and 7.3%, ash content 1.5, 2.03, 2.1%, methoxy 6.9, 5.7, 6.1% at pH 1.5, 2.5, 3.0 respectively.

***Key words**: Banana, pectin, peel, acid hydrolysis*

Introducción

En los últimos años los productos bionaturales han cobrado importancia debido a sus innumerables beneficios para la salud. Uno de estos productos es la pectina, que es un biopolímero constituido principalmente por ácido galacturónico, y debido a sus propiedades gelificante y de absorción se emplea en la industria de los alimentos, cosmética y farmacéutica [Chasquibol, y col., 2008]. Comercialmente las pectinas son clasificadas de acuerdo con su grado de esterificación (metoxilación) siendo las pectinas de mayor calidad aquellas con mayor grado de esterificación [Frede y col., 2009]. Vicens y col., [2009] y Fredes y col., [2009] indicaron que la maduración del plátano baja el contenido y calidad de la pectina o su capacidad de gelificar. La pectina es un coloide perteneciente al grupo de polisacáridos, que tiene la propiedad de absorber grandes cantidades de agua. Constituye un grupo muy importante de sustancias, de gran interés en la industria de los alimentos [Corona y col., 1996]. Tiene un alto peso molecular y contiene largas cadenas formadas por unidades de 1,4-α-D-ácido galacturónico [Fredes, y col., 2009; Chasquibol, y col., 2008].

La pectina se encuentra en la pared celular primaria y media en los tejidos vegetales [Arrellanes y col., 2011] y frutas como cítricos (25%), manzana (15-18%), toronja, naranja, mango y plátano. Los frutos contienen de 0.5 –

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

1.0% de peso fresco de pectina [Chaín y col., 20110; Carbonell y col., 1990]. Los geles de pectina son importantes para crear o modificar la textura de compotas, bocadillos, postre, helados, jaleas, salsas, ketchup, mayonesas, confites; en la industria láctea para la fabricación de yogures frutados y productos lácteos bajos en grasa, en la industria de bebidas dietéticas para la preparación de refrescos, debido a su bajo contenido de carbohidratos, por sus propiedades estabilizantes y por incrementar la viscosidad [Devia, 2003]. Las pectinas se emplean también como agentes absorbentes de lipoproteínas (productos farmacéuticos para bajar de peso) y últimamente se está investigando su aplicación como membranas biopolimericas cicatrizantes. En la industria cosmética, la pectina es empleada en las formulaciones de pastas dentales, ungüentos, aceites, cremas, desodorantes, tónicos capilares, lociones de baño y champú, por sus propiedades suavizantes y estabilizantes, también se usa en la industria farmacéutica como ingrediente en antidiarreico y desintoxicante [Chacín y col., 2010].

El plátano es producido en gran magnitud a nivel nacional, principalmente en la zona del Sur de la Veracruz y Tabasco. La pulpa de plátano es utilizada para la elaboración de una gran variedad de productos tales como postre, jaleas, mermeladas, jarabe, bebidas, yogurt, frituras y harinas. Quedando la cáscara de plátano como un residuo agroindustrial, que está siendo destinada a la elaboración de alimento para el ganado y como materia prima para la elaboración de harina [Vasquez, y col., 2008; Haddad y Borges, 1970]. Sin embargo, es posible la utilización de las cáscaras de plátano como fuente para la extracción de pectina, solucionando el problema ambiental del cúmulo de material de desecho de la actividad agroindustrial. El propósito del trabajo fue extraer pectina de cascara de plátano Roatán (*Musa paradisiaca var. cavendish*) por hidrólisis ácida y caracterizarla mediante propiedades fisicoquímicas, para su posterior aplicación en productos alimentarios.

Metodología

Materiales

La cáscara de plátano Roatán (*Musa paradisiaca var. Cavendish)* fue obtenida de un establecimiento de la ciudad de Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río Veracruz, la recolección de la muestra fue en el periodo de los meses de septiembre-diciembre se tomarán en cuenta solo aquellas cáscaras de plátano libres de contaminantes, sanas, y sin daños mecánicos.

Lavado de cáscara de plátano

Las cáscaras de plátano recolectada fueron lavadas con agua de grifo y, posteriormente sometidas a lavados sucesivos con agua destilada, para remover posibles restos de pulpa e impurezas presentes sobre la superficie. Tras el lavado, el agua excedente del material se escurrió sobre un papel absorbente.

Inactivación enzimática

Para inactivar las enzimas pécticas, se colocó la cáscara de plátano en agua destilada, se procedió a calentar esta mezcla a temperaturas en un rango de 95 a 98ºC durante 15 min. Transcurrido este tiempo, se procedió a triturar 6 kg de cáscara de plátano en una licuadora industrial, con el propósito de aumentar el área superficial de contacto y facilitar así el proceso de extracción de la pectina. Este material triturado se colocó en un colador para lavarlo con agua destilada y seguidamente, se transfirió a una tela de liencillo donde se presionó para extraer la mayor cantidad de agua [Vasquez y col., 2008].

Hidrólisis ácida

Al material sólido 300 g se le agregaron 1000 mL de agua destilada y se le adicionó ácido clorhídrico hasta obtener un pH de 1.0, 2.0 y 3. 0. Posteriormente, se calentó a 60°C durante 60 min. con agitación permanente. [Arellanes y col., 2011].

Precipitación

Para la precipitación se añadió etanol al 95%, con agitación lenta y constante, la mezcla se dejó reposar durante 24 h. Posteriormente la pectina se separó de la solución mediante un proceso de centrifugación. Finalmente, la pectina se extendió en una capsula de vidrio para su secado en estufa a 40ºC hasta peso constante [Ferreira, 1976].

Molienda

Para homogenizar el tamaño de la partícula y mejorar la apariencia de la pectina se redujo el tamaño de partícula en un mortero con pistilo y se pasó por un tamiz de malla 80 [Devia, 2003].

Almacenamiento

La pectina se almacenó en un lugar seco en bolsas tipo “Ziploc” para protegerla de la humedad y evitar la contaminación y modificaciones en su apariencia y su calidad.

Rendimiento en peso

Se determinó por la relación del peso de pectina obtenida (W_2) y el peso inicial de la muestra procesada (W_1), mediante la siguiente ecuación [Camejo y col., 1996, Fredes y col., 2009]:

$$Rendimiento\ \% = \frac{w_1}{w_2} \times 100 \quad (1)$$

Análisis de humedad

La determinación de humedad se realizó aplicando el método establecido en la NMX-F-083-1986. Se colocó 1 g de pectina y una temperatura de 105ºC durante 2 h.
Para determinar el porcentaje de humedad se relacionó la pérdida de peso con relación a la sustancia húmeda. La humedad se expresa en p/p o sea como g de humedad en 100 g de pectina.

Contenido de cenizas

Para la determinación de cenizas se siguió el método establecido en la norma mexicana NMX-F-607-NORMEX-2013.

Espectrofotometría infrarroja

Se utilizó esta prueba para constatar la presencia de grupos funcionales, en las correspondientes bandas, de la pectina: grupo C=O carboxilo; -OH carboxilo; CO-C, usando un espectrofotómetro ONE [Chasquibol y Morales, 2010; Monsoor y col., 2001].

Porcentaje de grupo metoxilo

Se colocó en un vaso de precipitado de 250 mL, 3.0 g de pectina extraída. Se agitó por 10 min. con una mezcla (5:100) de ácido clorhídrico concentrado y etanol 60%. Se filtró con 6 porciones de 15 mL de la mezcla (5:100) de ácido clorhídrico concentrado y etanol 60%. Posteriormente, se lavó con 20 mL de etanol, se secó a 105°C por 60 min. y se enfrió. Se pesaron 250 mg de la muestra obtenida anteriormente, y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se humedeció con 2 mL de etanol. Se agregaron 50 mL de agua libre de CO_2.

 ISSN 2007-8102

Posteriormente, se tapó y agitó hasta disolución completa, se coloraron 3 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con NaOH 0.5 N (valoración inicial). Luego se adicionaron 10.0 mL de NaOH 0.5 N, se agitó vigorosamente y se dejó reposar por 15 min. Se agregaron 10.0 mL de HCl 0.5 N, se agitó hasta desaparición de la coloración rosada. Se colocaron 2 gotas de fenolftaleína y titular con NaOH 0.5 N hasta que la coloración rosada persista. Cada mililitro de NaOH 0.5 N es equivalente a 15.52 mg de Metoxilo (OCH_3) en muestra seca [Royol, 1980; Ranganna, 1986]. El porcentaje de metoxilo fue obtenido con la siguiente ecuación:

$$\% = \frac{volumen\ gastado\ de\ NaOH \times Eq.\ Metoxilo \times 100}{peso\ de\ muestra} \quad (2)$$

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1, donde se observa los rendimientos obtenidos y condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de plátano.

Tabla 1. Rendimiento de pectina

Parámetros (pH,t,T)	Rendimiento (%)
pH 1.0, t = 80 min., T= 80°C	**3.9732**
pH 2.0, t= 80 min., T= 80°C	1.2814
pH 3.0, t = 80 min., T= 80°C	2.8156

El mayor rendimiento de pectina se obtuvo a pH 1 teniendo un valor de 3.9732%, y el menor rendimiento fue a pH 2 con un valor de 1.2814%. Lo cual indica que el pH juega un papel importante en la extracción de pectina. Este valor resultó menor a los reportados por Arellanes y col., [2011] en pectina obtenida de cáscara de cambur a pH 2.0, utilizando ácido sulfúrico. Chacín y col., [2010] encontraron un rendimiento promedio de pectina obtenida de guayaba de 1.65-1.66% y 1.33-1.54% en variedades ovoide y redonda, respectivamente. Otro estudio realizado por Bravo y Condo, [2015] encontraron un rendimiento de 0.5% a pH 1.5 y 0.8% a pH 3.0 en plátano.

Contenido de humedad

El contenido de humedad de la pectina se muestra en la tabla No 2.

Tabla 2. Contenido de humedad.

Parámetros (T, pH, t)	**Contenido de humedad (%)**
T=105°C, pH :1, t=4 h	6.5
T=105°C, pH :2, t=4 h	7.0
T=105°C, pH :3, t=4 h	7.37

El contenido de humedad fue menor para pectinas extraída a menores valores de pH. Ferreira, [1976] reportó valores de humedad de 7.37% en pectina extraída de naranja y de12.82-7.82 en pectina extraída de limón.

 ISSN 2007-8102

Contenido de cenizas

El contenido de pectina extraída mostró un valor a pH 1, pH 2 y pH 3 de 1.55, 2.03 y 2.1% respectivamente. El pH afecto la cantidad de minerales presentes en la pectina extraída, a diferencia de Vásquez y col., [2008], Normah y Hasnah [2000], Von Loesecke [1949], Corona y col., [1996] y D'Addosio, y col., [2005] reportaron valores de cenizas de 3.40% en pectina obtenida en kiwi; 2.23% de plátano; 2.04 y 3.02% de corteza de parchita, respectivamente. El contenido de cenizas depende de las condiciones de extracción y de las propiedades fisicoquímicas del fruto. Vásquez y col., [2008] reportaron un valor de 3.99% en pectina comercial lo cual es mayor al valor obtenido, sin embargo, fue interior a los reportados en este trabajo. Arrelanos y col., [2011] mencionaron que el contenido de cenizas está relacionado con diversos factores como son: región donde se cultiva y la condición genética. Bajo contenido de cenizas benefician la formación de gel [Boonrod y col., 2006].

Espectroscopia infrarroja

El espectro infrarrojo mostró la presencia de los grupos funcionales correspondiente a los grupos $^{-}$OH (3307.72), entre los 2800 – 3000 cm^{-1} el grupo CH (2923.59), entre los 1700 – 1800 cm^{-1} el grupo C=O de los ésteres (1733.19), entre los 1500-1700 cm^{-1} el grupo C=O del ácido (1636.04), entre los 1000-1200 cm^{-1} el grupo C-O (1013.76, 1075.48, 1144.04, 1227.73) y entre los 700 y 900 cm^{-1} los anillos benzoicos (830.81, 886.66). Cabe mencionar que fue similar el espectro de la pectina obtenida del pH 1 y 3.0. Dichas espectro concuerda por el reportado por Barreto y col., [2017] en pectina de mango y el espectro reportado por Chasquibol y Morales, [2010] de pectina de níspero.

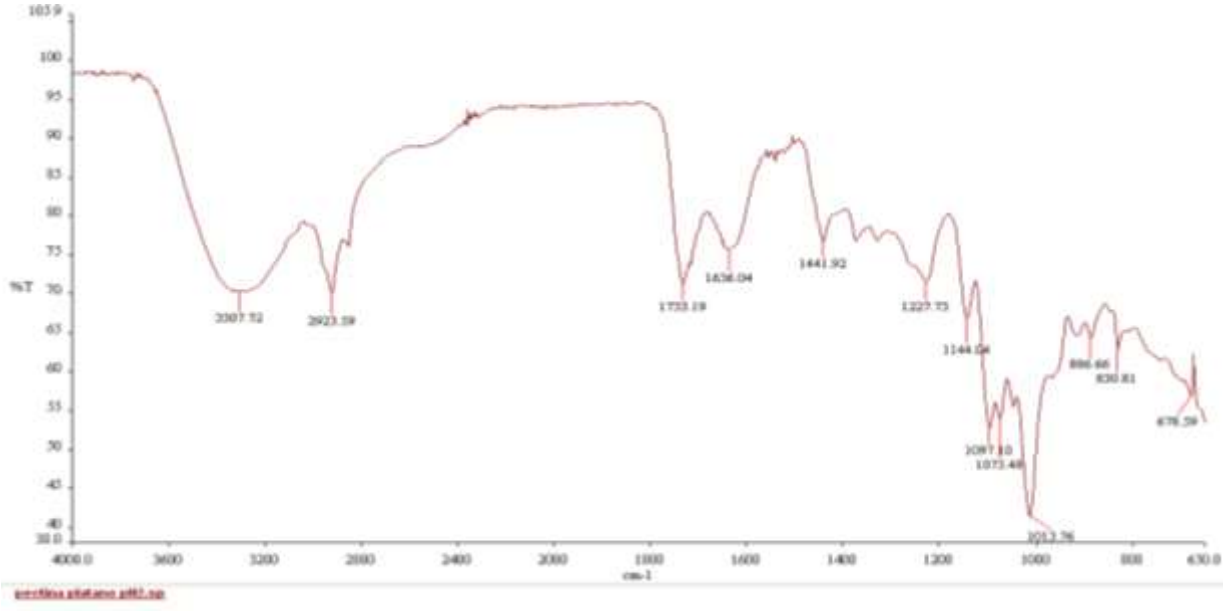


Figura 1. Espectro IR pectina a 2.0 pH.

Contenido de metoxilo

Los valores correspondientes al contenido de metoxilo fueron a pH 1 (6.944%), pH 2 (5.74%) y pH 3 (6.11%). Pectinas que poseen menos del 7% de metoxilo, se consideran como de "bajo metoxilo"; los valores de 8% se consideran como de "alto metoxilo"; por lo cual podemos decir que se tuvo bajo contenido de metoxilo en la pectina obtenida de cáscara de plátano. Podría estar relacionado a la composición química del fruto evaluado y al efecto del agente extractante que posiblemente induce el rompimiento de los ésteres metílicos en consecuencia, causa una disminución del contenido de metoxilo [Haikel y col., 2006; Haikel y col., 2007].

Chacín y col., [2010], reportaron valores diferentes para contenido de metoxilo, los cuales fluctuaron entre 9.20 y 9.40% en frutos de guayaba ovoide y redonda.

Trabajo a futuro

Es necesario buscar condiciones óptimas para la extracción de pectina a partir de plátano y buscar aplicaciones de este biopolímero en la formulación del recubrimiento comestible aplicados en frutos frescos.

Conclusiones

Con este proyecto se logró concluir que se puede lograr extraer pectina de bajo metoxilo a partir de la cáscara de plátano por el método de hidrólisis ácida, y el rendimiento obtenido varió dependiendo de las condiciones de extracción, encontrando que a pH 1 se obtuvo mayor rendimiento. Además, se logró identificar los grupos funcionales de la pectina a través de espectrofotometría infrarroja

Referencias

1. Arellanes, A.; Jaraba, M.; Mármol, Z.; Paéz, G.; Aiello, C. y Rincoón, M. (2011). Obtención y caracterización de pectina de la cascara del cambur manzano (*Musa AAB*). Rev. Fac Agron. LUZ. **(28)** 523-539.
2. Barrero, G. E.; Púa, A. L.; De Alba, D. D. y Pión, M. M. (2017). Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica L*.), Temas agrarios. **(22)** 1, 77-84.
3. Boonrond, D.; Reanma, K. y Niamsup, H. (2006). Extraction and physicochemical characteristics of acid-solublr pectin from raw papaya (*Carica papaya*) peel. Chiang Mai J. Sci. **(33)** 1, 129-135.
4. Bravo, M., A. M. y Condo, F. E. I. (2015). Comparación de la pectina obtenida a partir del aprovechamiento de las cascaras de banana y cacao por el método de hidrolisis ácida. (Tesis) Universidad de Guayaquil, facultad de Ciencias Química.
5. Cabarcas, E.; Guerra, A. y Henao, C. (2012). Extracción y caracterización de pectina a partir de cascara de plátano (hartón Musa AAB simmonds) para desarrollar un diseño general del proceso de producción. Tesis Ingeniero químico, Universidad de Cartagena, Colombia.
6. Camejo de A., C. (1991). Extracción y Caracterización de Pectina en Toronjas de la Región Zuliana. Trabajo de Ascenso. Fc. Experimental de Química. 56.
7. Camejo, C.; Ferrer, A.; Ferrer, B.; Peña, J. y Cedeño, M. (1996). Extracción y Caracterización de pectina en limones Injertados de la Región Zuliana. Rev. Fac. Agron. (LUZ). **(13)** 641-645
8. Carbonell, E.; Costell, E. y Durán, L. (1990) Determinación del contenido de pectinas en productos vegetales, Rev. Agroquím. Tecnol. Alim. **(30)** 1, 1-9.
9. Chacín, J.; Marín, M. y D'Addosio, R. (2010). Evaluación del contenido de pectina en diferentes genotipos de guayaba de la zona sur del Lago de Maracaibo. Revista Multiciencias. **(10)** 1,. 7-12.
10. Chasquibol, S.N y Morales, G. J. C. (2010). Contribución al estudio del proceso de gelación de la pectina del níspero de la sierra. Ing. Ind. **28,** 157-176.
11. Chasquibol, S. N.; Arroyo, B. E. y Morales, G. J.C. (2008). Extracción y caracterización de pectina obtenida a partir de frutos de la biodiversidad peruana. Ingeniería Industrial. **26**, 175-199.
12. Corona, M.; Díaz, A.; Páez, G.; Ferrer, J. R.; Marmol, Z. y Ramone, E. (1996). Extracción y caracterización de pectina de la corteza de parchita, Rev. Fac. Agron. (LUZ). **13**, 785-791.
13. D'Addosio, R.; Páez, G.; Marín, M.; Mármol, Z. y Ferrer, J. (2005). Obtención y caracterización de Pectina a partir de la Cáscara de Parchita (*Pasiflora edulis f. flavicarpa degener*). Rev. Fac. Agron. (UCV) 22.
14. Devia, J. (2003). Proceso para producir pectinas cítricas. Rev. Universidad EAFIT. Colombia. **(129)** 39, 21-29.
15. Ferreira, A. S. (1976). Aislamiento y caracterización de las pectinas de algunas variedades de frutos cítricos colombianos. Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm. **(3)** 1, pp. 5-25.

16. Ferro, R.; M, l. y Castel, B. R. (1969). Extration and characterization of pectin from two varietes of guava. Revista del Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Bogotá. **(11)** 57, 30-42.
17. Fredes, M. C.; Loyola, L. N. y Muñoz, C. J. C. (2009). Extracción de pectina de *vitis labrusca* CV. Concord para producir jaleas. IDESIA (Chile). **(27)** 3, pp. 9-14.
18. Guzmán, P. (1990). Cultivo de la Parchita. Caracas, Venezuela: Editores Espasan. 27-32.
19. Guzmán, R.; Suárez, A. y Castro, C. (1977). Determinación del contenido de pectina en el mango y su aplicación en la elaboración de mermelada. Boletín informativo de la Universidad de Bogotá. Colombia. 25-37.
20. Haddad, O. y Borges, F. (1970). Identificación de clones de bananos (cambures y plátanos) en Venezuela. Agronomía tropical. **(21)** 4, 277-286.
21. Haikel, G.; Mabon N.; Nott K.; Wathelet, B. y Paquot, M. (2006). Kinectic of the hydrolysis of pectin galacturonic acid chains and quantification by ionic chromatography. Food Chem. **(96)** 3, 477-484.
22. Haikel, G.; Mabon, N.; Christelle, R. y Cornet, Ch. (2007). Effect of extraction conditions on the yield and purity of apple pomace pectin precipited but not washed by alcohol. Food Scie. **(72)**, 1-9.
23. Monsoor, M.; Kalapathy, U. y Proctor, A. (2001). Determination of polygalacturonic acid content in pectin ectracts by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. Food Chem. **(12)** 6, 389-396.
24. Normah, O. y Hasnash, K. (2000). Pectin content of select local fruits by products. J. of trop. Agric. And Food Sci. **(28)** 2, 195-201.
25. NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. Foods. Moisture in food products determination. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
26. NMX-F-607-NORMEX-2013. Alimentos-determinación de cenizas en alimentos-método de prueba.
27. Prima, E. (2001). Caracterización gelificantes de la pectina de girasol. Revista de Agronomia y Tecnología de los Alimentos. **(39)** 2, 363-366.
28. Ranganna, S. (1986). Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products. (2Ed). Tata McGraw-Hill Education, 32-34.
29. Romero, P. (1997). Influencia del Estado de madurez en el contenido de Pectina y de minerales en Guayaba (Psidium guajava L.) de la región Zuliana. Trabajo de Tesis. Universi-dad del Zulia. Maracaibo. 1-50.
30. Royol, J. (1980). Preparación de corteza seca de mandarina para la obtención de pectina a partir de variedades cultivadas en España. Rev. Agroquim. Tecnol. Alim. **(20)** 3, 399-402.
31. Vasquez, R.; Ruesga, L.; D´addosio, R.; Páez, G. y Marín, M. (2008). Extracción de pectina a partir de cáscara de plátano (Musa AAB, subgrupo plátano) clon Hartón, Rev. Fac. Agron. LUZ, **(25)**, 318-33.
32. Von Loesecke, H. (1949). Bananas: chemistry, physiology, technology. Interscience publischers. New Cork. USA. 120.

Procesamiento de cáscaras de pitaya como polvos con alto contenido de fibra dietaria: Evaluación tecnofuncional

M. Hinojosa-Gijón[1], M. A. Vivar-Vera[1], G. Vivar-Vera[2*], E. Paz-Gamboa[1], J. A. Del Ángel-Zumaya[2],*

[1]Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Depto. de Ingeniería Química y Bioquímica. Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja S/N. Col. 5 de Mayo. Tuxtepec, Oaxaca, México. C. P. 68350.
[2] Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas-Orizaba. Prolongación Oriente 6, No.1009. Col. Rafael Alvarado. Orizaba, Veracruz, México. [1] Tecnológico Nacional de México.

gvivar@uv.mx

Área de participación: *Ingeniería Química.*

Resumen

Se obtuvieron polvos con alto contenido de fibra dietaria (PACFD) a diferentes tamaños de partícula (420, 177 y 150 µm) de cáscaras de pitaya (*Stenocereus spp)* aplicando secado por convección y liofilización previamente tratadas por vapor saturado a presión y se evaluaron las propiedades tecnofuncionales y composición química proximal. Los resultados demostraron que la aplicación del pretratamiento combinado con la reducción de tamaño de partícula aumentó la capacidad de retención de agua (43.88%), de hinchamiento (36.41%) y solubilidad (65.70%) así como el contenido de cenizas (19.44%) en comparación con el control, mientras que la aplicación de secado por aire caliente favoreció un aumento de 66.94% en la capacidad de absorción de aceite (CAAc) en comparación con las muestras liofilizadas. Se obtuvieron PACFD de pitaya con alto contenido de cenizas, proteínas y valor de CAAc, por lo que podrían ser utilizados como reemplazadores de grasa en productos lácteos, cárnicos u horneados.

Palabras clave*: pitaya, polvos con alto contenido de fibra dietaria, secado por convección, propiedades tecnofuncionales.*

Abstract

High dietary fibre powders (HDFP) at different particle sizes (420, 177 and 150 µm) were obtained from pitaya peels applying hot air-drying and freeze-drying previously treated by steam under pressure. Techno-functional properties and proximated chemical composition were evaluated. Results demonstrated that the application of thermal pretreatment combined with the reduction of particle size increased water retention capacity (43.88%), solubility (65.70%) and swelling capacity (36.41%) as well as ash content (19.44 %) of pitaya HDFPs compared to HDFPs without pre-treatment, while the application of hot air-drying favored the increase up to 66.94% of oil absorption capacity (OAC) compared to freeze-dried samples. Pitaya HDFPs were obtained with high contents of ash and proteins, and high OAC value; therefore pitaya HDFPs could be used as a fat replacer in dairy, meat or baking products.

Key words*: pitaya, high dietary fibre powders, hot air-drying, technofunctional properties.*

Introducción

Las cactáceas son cultivos endémicos de México de importancia para los habitantes de las regiones áridas y semiáridas debido a sus bajos requerimientos de agua y al valor nutritivo principalmente de sus frutos como es la pitaya (*Stenocereus spp.*). La pitaya es una cactácea columnar perteneciente al género *Stenocereus* existiendo alrededor de 24 especies, siendo las de mayor importancia comercial *Stenocereus stellatus* y *Stenocereus pruinosus* [Luna-Morales, 2006; García-Cruz y col., 2016].

Las frutas de esta cactácea son consumidas en fresco o usadas en la elaboración de diversos productos alimenticios tanto a nivel artesanal y semiindustrial en época de cosecha, siendo sus cáscaras desechadas como residuos que corresponden entre el 23-37% de la fruta [Jamilah y col., 2011; Alto-Rojas y col., 2017; Camacho-Morales y col., 2017]. Algunos estudios han sugerido dichos residuos como fuente potencial de fibra dietaria (FD) con diversos propiedades funcionales [Jiménez-Aguilar y col., 2015]. Sin embargo, debido a que

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

estos subproductos presentan contenidos altos de humedad (85-91%) [Chia & Chong, 2015] son altamente perecederos. En este sentido se pueden aprovechar como ingredientes funcionales a través de su transformación, siendo actualmente propuestos procesos tecnológicos para la obtención de polvos con alto contenido de FD (PACFD) aplicando pretratamientos térmicos y deshidratación [Pantaleón-Velasco y col., 2014; Vivar-Vera y col., 2016; Montalvo-González y col., 2018] ya sea solos o en combinación con otro proceso. Asimismo, se ha demostrado que la aplicación de una molienda fina tiene efectos significativos sobre las propiedades tecnofuncionales y características químicas en dichos PACFD [Zhu y col., 2015], habiéndose demostrado que la reducción del tamaño de partícula de cáscaras frescas deshidratadas de pitaya (*Hylocereus undatus*) mejoraba las propiedades tecnofuncionales de los polvos [Zhuang y col., 2012].

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo procesar cáscaras de pitaya (*Stenocereus spp*.) para la obtención de PACFD y evaluar sus propiedades tecnofuncionales así como la composición química proximal.

Metodología

Materia prima

Las cáscaras de pitaya (*Stenocereus spp.*) se recolectaron de procesos artesanales en el municipio de Santiago Chazumba, Oaxaca. Se transportaron a las instalaciones del Tecnológico de Tuxtepec y Universidad Veracruzana en su caso.

Proceso tecnológico para la obtención de polvos con alto contenido de fibra dietaria.

Las cáscaras fueron sometidas a un tratamiento térmico por vapor saturado a presión en una autoclave de laboratorio a una temperatura de 120 °C durante 10 minutos con un consecutivo choque térmico. Posteriormente, las cáscaras pretratadas fueron sometidas a dos procesos de secado por liofilización y secado por aire caliente en un secador de charolas, seguido de una molienda y tamizado secuencial por diferentes números de malla de 40, 80 y 100 (ASTM, Estandar USA) para obtener tamaños de partícula de 420, 177 y 150 µm, respectivamente.

Determinación de las propiedades tecnofuncionales.

La capacidad de retención de agua (CRA), hinchamiento (CH) y solubilidad fueron determinados de acuerdo a Robertson et al. [2000]. La capacidad de absorción de aceite (CAAc) y emulsificante (CE) fueron determinados de acuerdo a Sánchez-Zapata et al. [2009].

Análisis químico proximal.

Se determinó la composición químico proximal de los polvos analizando el contenido de humedad (método 925.10), cenizas (método 942.05), grasas (método 948.22) y proteínas (método 960.52) se utilizó el factor de conversión de 5.7 [AOAC, 2005]. El contenido de carbohidratos se obtuvo por diferencia.

Análisis estadístico.

Todos los resultados se analizaron mediante un análisis estadístico de Tukey, utilizando el software MINITAB versión 17 con un nivel de confianza de 95%.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra la composición química proximal de las cáscaras frescas de pitaya. Donde se puede observar que el mayor componente es el agua, seguido de los carbohidratos, proteínas y cenizas, con un bajo contenido de lípidos.

Tabla 1. Composición química proximal de las cáscaras frescas de pitaya.

Componente	CPF
Humedad (g/100 m.h.)	85.62±0.69
Cenizas (g/100 m.s.)	1.39±0.06
Grasas (g/100 m.s.)	0.94±0.05
Proteínas (g/100 m.s.)	8.70±0.26
Carbohidratos (g/100 m.s.)	88.97±0.35

CPF: Cáscara de pitaya fresca. Los valores son el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($p<0.05$) de acuerdo a Tukey. m.h= muestra húmeda; m.s.=muestra seca.

 ISSN 2007-8102

En base seca se observa que el contenido de proteínas (8.70%) fue el segundo componente en mayor proporción en las cáscaras de pitaya, y es mayor a lo reportado para subproductos agroindustriales bagazo de piña (1.98 g/100g) y cáscaras de pitahaya (6.39 g/100g) [Pantaleón-Velasco y col., 2014; Chia & Chong, 2015].

En la Figura 1 se muestran los resultados de las propiedades tecnofuncionales de los polvos de las cáscaras de pitaya fresca y escaldada. Se puede observar que el tratamiento térmico combinado con la reducción de tamaño de partícula provocó aumentos significativos en la CRA, solubilidad y CH (60.66, 38.10 y 67.00%, respectivamente) debido probablemente a cambios en la estructura de los polvos provocados por una molienda intensa así como la porosidad y la naturaleza hidrófoba de la fibra presente en los polvos [Chia & Chong, 2015].

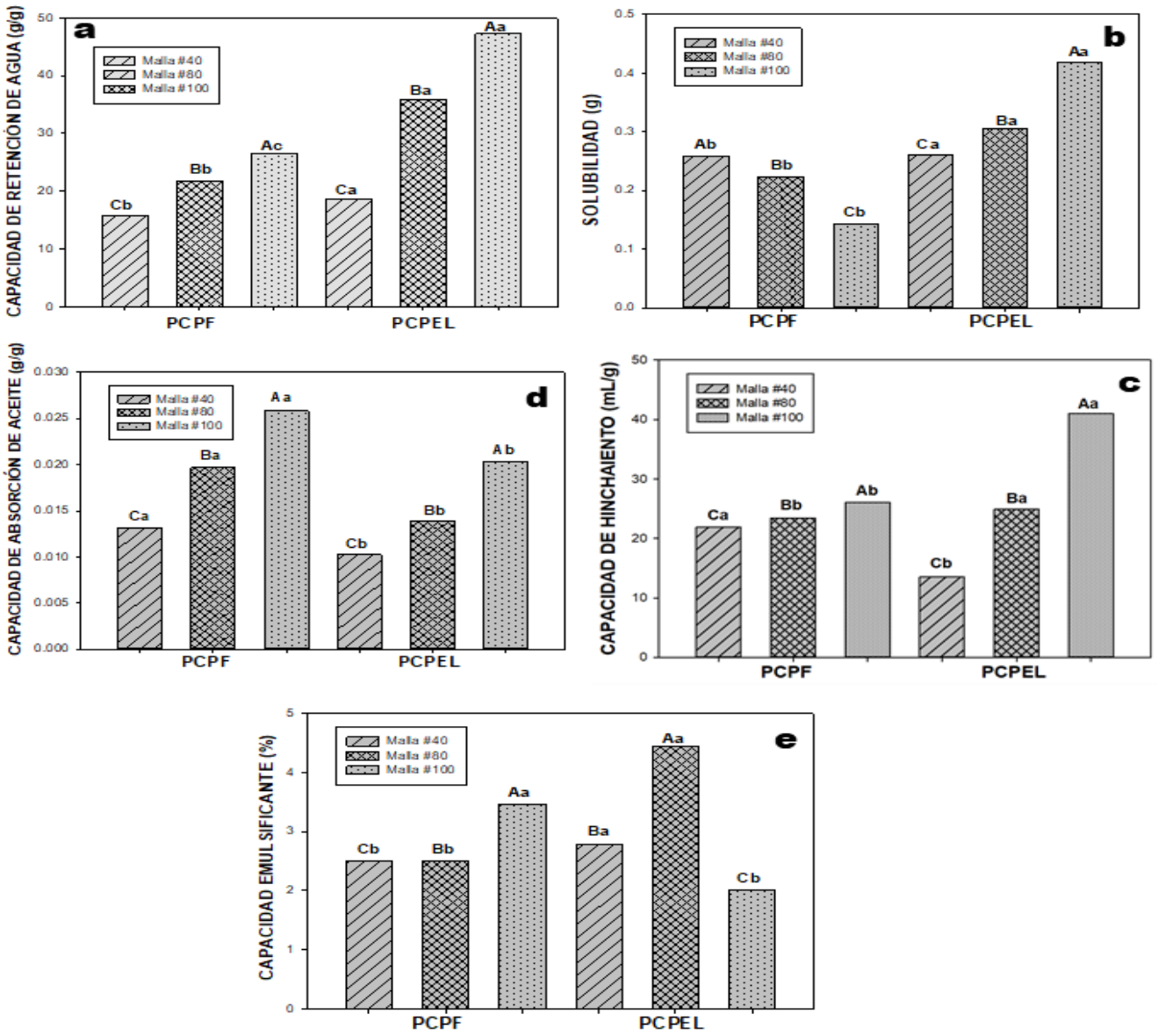


Figura 1. Propiedades tecnofuncionales de cáscaras de pitaya fresca y escaldada.
PCPF: Polvo de cáscara de pitaya fresca; **PCPEL**: Polvo de cáscara de pitaya escaldada liofilizada **CRA**: Capacidad de retención de agua; **CH**: Capacidad de hinchamiento; **CAAc**: Capacidad de absorción de aceite; **CE**: Capacidad emulsificante. Los valores son el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras mayúsculas diferentes indican diferencia mínima significativa ($p<0.05$) entre la misma muestra con diferente tamaño de partícula, de acuerdo a Tukey. Letras minúsculas diferentes indican diferencia mínima significativa ($p<0.05$) entre muestras con mismo tamaño de partícula, de acuerdo a Tukey.

 ISSN 2007-8102

La Figura 1e muestra la capacidad emulsificante de los polvos de cáscaras de pitaya escaldada, donde se puede observar que la reducción de las partículas de 420 a 177 µm provocó un aumento de 37.24% sobre dicha propiedad; sin embargo, al reducir el tamaño de partícula a 150 µm, el efecto fue negativo provocando una disminución de 54.63%, lo puede ser atribuido a que en estos polvos se encuentran concentraciones bajas (4.97%) de partículas de mayor tamaño (177 µm correspondiente a malla #80).

En la Figura 2 se muestran los resultados del análisis de las propiedades tecnofuncionales de las cáscaras de pitaya escaldada liofilizada y secada en charola.

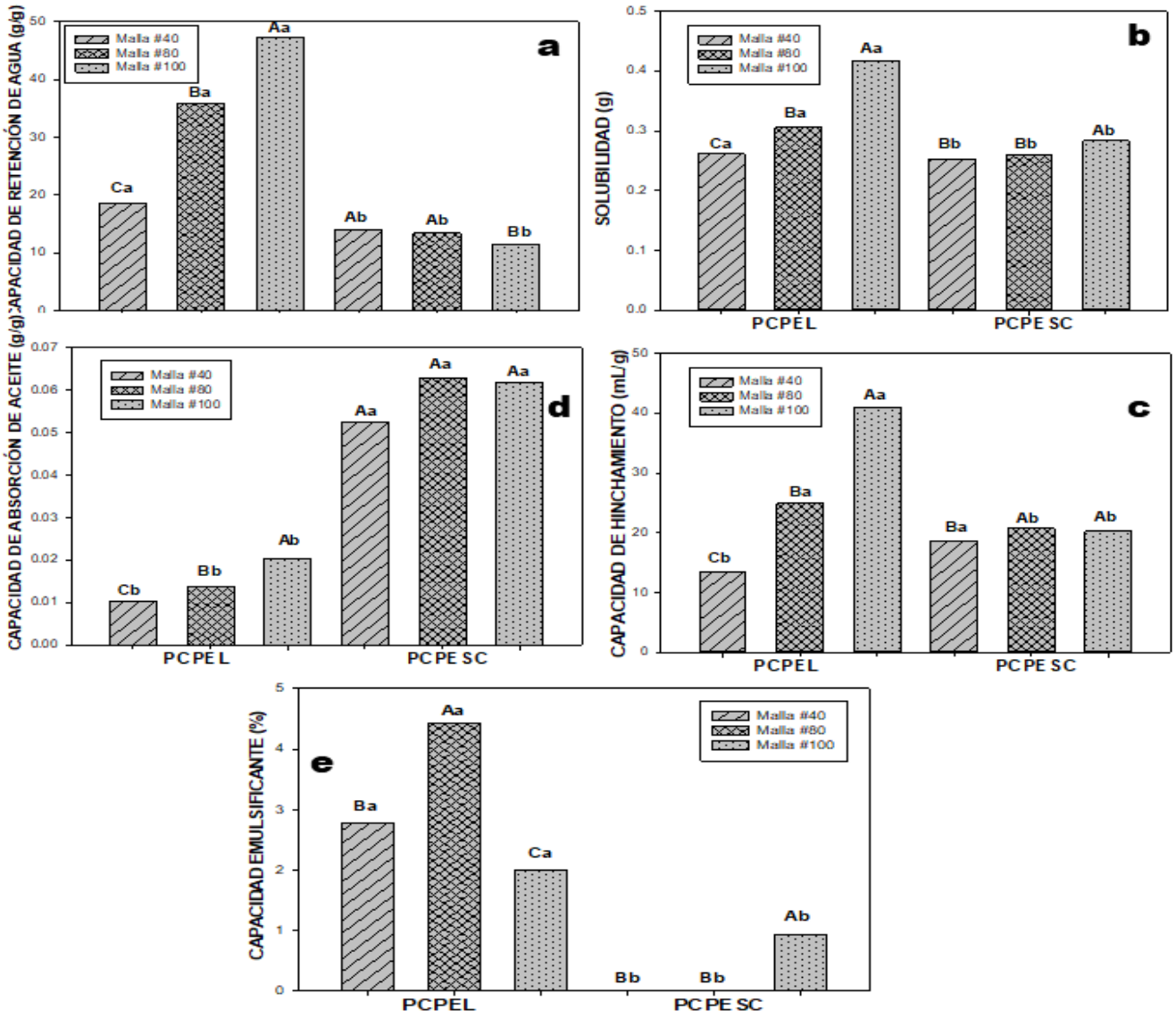


Figura 2. Propiedades tecnofuncionales de cáscaras de pitaya escaldada y secada en charola.
PCPEL: Polvo de cáscara de pitaya escaldada liofilizada; **PCPESC:** Polvo de cáscara de pitaya secada en charola. **CRA**: Capacidad de retención de agua; **CH**: Capacidad de hinchamiento; **CAAc**: Capacidad de absorción de aceite; **CE**: Capacidad emulsificante. Los valores son el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras mayúsculas diferentes indican diferencia mínima significativa ($p<0.05$) entre la misma muestra con diferente tamaño de partícula, de acuerdo a Tukey. Letras minúsculas diferentes indican diferencia mínima significativa ($p<0.05$) entre muestras con mismo tamaño de partícula, de acuerdo a Tukey.

Se puede observar que la reducción de tamaño de partícula tuvo un efecto negativo sobre la CRA de los PCPESC disminuyendo hasta un 18.67% en comparación con las muestras liofilizadas. Esto puede ser debido a

 ISSN 2007-8102

que las partículas pequeñas experimentan una molienda intensa, donde los vínculos entre los polisacáridos en los polvos se desnaturalizan, asimismo la aplicación de pretratamiento previo así como el método de secado utilizado contribuyen a una reducción de esta propiedad tecnofuncional [Zhu y col., 2015].
Respecto a la solubilidad y CAAc, la reducción de tamaño de partícula tuvo un efecto positivo tanto en los polvos liofilizados como secados en charola. Asimismo, se presenció el mismo efecto en la capacidad emulsificante de los polvos de cáscaras de pitaya escaldada secada en charola.

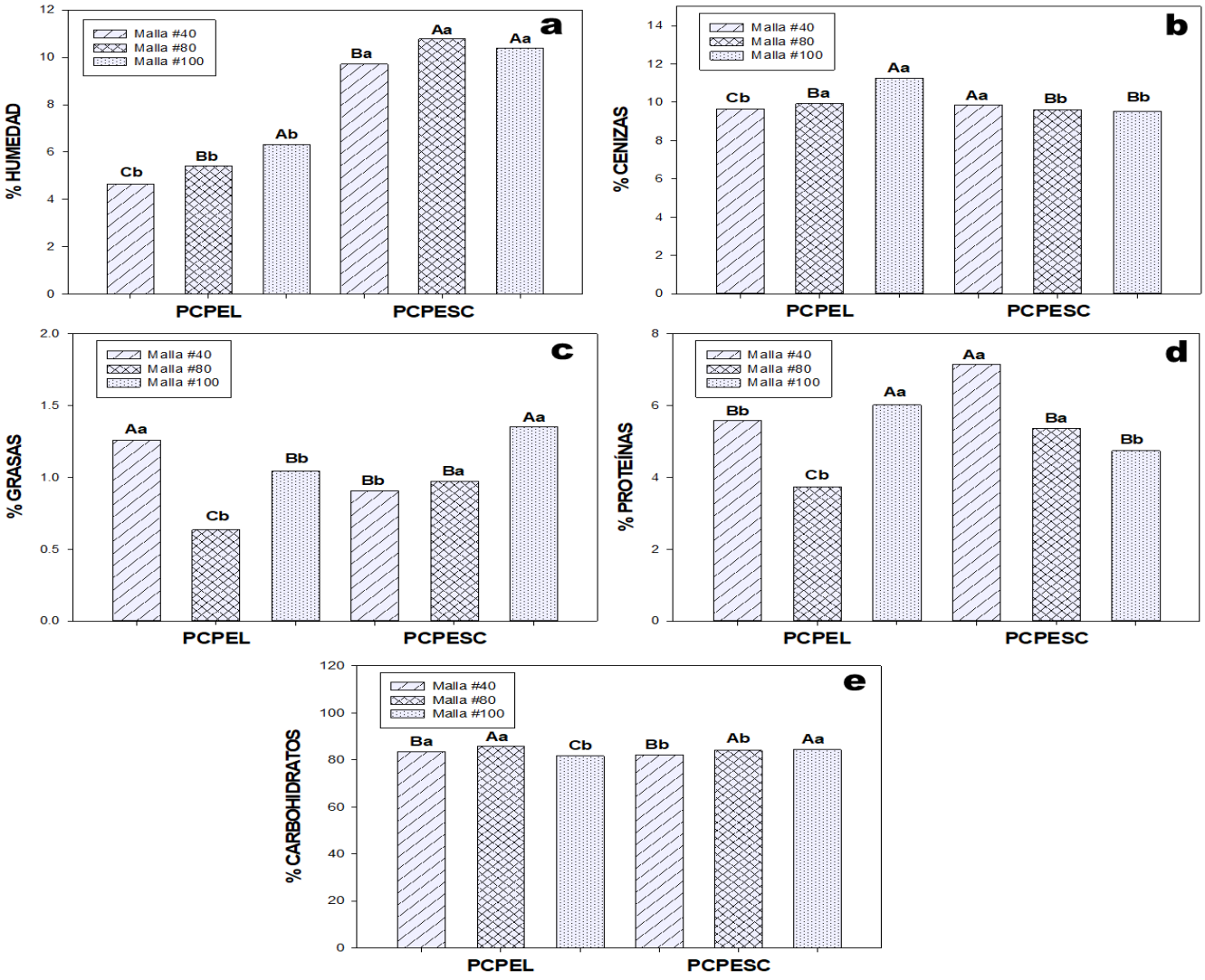


Figura 3. Análisis de la composición química proximal (g/100g muestra) de los polvos de cáscaras de pitaya (*Stenocereus spp*.) a diferentes tamaños de partícula. **PCPEL**: Polvo de cáscara de pitaya escaldada liofilizada; **PCPESC**: Polvo de cáscara de pitaya escaldada secada en charola. Todos los resultados están expresados en base seca excepto el contenido de humedad. El contenido de carbohidratos fue determinado por diferencia. Los valores son el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras mayúsculas diferentes indican diferencia mínima significativa ($p<0.05$) entre muestra con diferente tamaño de partícula, de acuerdo a Tukey. Letras minúsculas diferentes indican diferencia mínima significativa ($p<0.05$) entre muestras con mismo tamaño de partícula, de acuerdo a Tukey.

En cuanto a los valores de capacidad de hinchamiento hubo diferencias significativas entre los polvos con diferentes tamaños de partícula en comparación con las muestras liofilizadas. Zhuang y col. [2012] reportaron capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y capacidad de absorción de aceite de 30.95 g/g, 35.95 mL/g y 2.48 g/g, respectivamente obtenidos de polvos ricos en fibra dietaria de cáscaras de pitahaya

tamizadas en malla #80, cuyos valores son superiores a los reportados en esta investigación (CRA: 12.89 g/g, CH: 25.40 mL/g, CAAc: 0.04 g/g). Se ha reportado que la capacidad de hinchamiento de polvos obtenidos de la deshidratación y molienda de residuos agroindustriales está relacionado con el contenido de fibra dietaria presente en su composición principalmente con la fracción de fibra dietaria insoluble: celulosa y hemicelulosa [Zhu y col., 2015; Pantaleón-Velasco y col., 2014].

El secado por aire caliente tuvo un efecto positivo en la capacidad de absorción de aceite (figura 2d) presentando un aumento significativo de 67.67% con respecto a los polvos liofilizados. Demostrando que el secado por convección es un buen método para la obtención de polvos con una CAAc que puede ser utilizado como ingrediente para la elaboración de productos alimenticios que necesitan retener aceite para mejorar la calidad y otros atributos de dichos productos [Elleuch y col., 2011; Pantaleón-Velasco y col., 2014].

En la Figura 3 se muestra los resultados del análisis de la composición proximal de los diferentes polvos de cáscaras de pitaya escaldada liofilizada y secada en charola. Donde se puede observar que el secado por convección eliminó aproximadamente del 89.61-90.29% del contenido de agua, lo que demuestra que este método es altamente eficiente ya que los polvos obtenidos presentan contenidos de humedad de 9.71-10.39% valores que están por debajo a los establecidos para productos de baja humedad como las harinas que tienen un límite máximo de 15% de humedad según lo establece la NOM-247-SSA1-2008, por lo tanto, es un método confiable para obtener productos de baja humedad. El contenido de cenizas de los PCPEL presentaron diferencias significativas (p<0.05) al reducir el tamaño de partícula de 420 a 150 µm presentado aumento de 14.29%, lo cual puede ser debido a la modificación en la estructura de los polvos al ser sometidos a una molienda intensa. Sin embargo, el contenido de cenizas de las muestras secadas en charola presentaron una disminución de 3.15%, lo que podría ser debido por una lixiviación de la matriz del alimento hacia el área interna del vapor de agua [Montalvo-González y col., 2018].

El contenido de grasas de los PCPESC presentaron un aumento de 32.59% al reducir el tamaño de partícula de 420 a 150 µm. Este aumento puede ser debido a la modificación química y estructural de los polvos provocado por el tipo de secado así como por la degradación de la pectina durante el proceso de secado lo que facilita la extracción de aceite en forma de polvo [Montalvo-González y col., 2018; Chia & Chong, 2015].

Por otro lado, el contenido de proteínas de los PCPESC disminuyó 33.61% al reducir el tamaño de partícula debido a los cambios en la matriz estructural de los polvos provocados por una molienda intensa, así como por la degradación de las proteínas al ser sometidos a temperaturas altas y lixiviación de proteínas solubles durante la aplicación del tratamiento térmico [Chia & Chong, 2015; Montalvo-González y col., 2018; Vivar-Vera y col., 2016].

Trabajo a futuro

Realizar el análisis del contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble de los diferentes polvos y determinar el efecto de la reducción de tamaño de partícula sobre el contenido de fibra dietaria soluble.

Conclusiones

Las cáscaras de pitaya sometidos a tratamiento térmico por vapor saturado a presión es una materia prima viable para obtener polvos de humedad baja y contenido alto de cenizas y proteínas, con propiedades tecnofuncionales deseables preferentemente cuando son deshidratados y sometidos a un proceso de reducción de tamaño de partícula y con mayor capacidad de absorción de aceite al aplicar secado por convección, las cuales podrían ser utilizados como ingrediente potencial funcional en la formulación de nuevos productos alimenticios.

Referencias

1. Alto-Rojas, N. I., Vivar-Vera, M.A., Bernardino-Nicanor, A., Paz-Gamboa, E. & González-Cruz, L. 2017. Evaluación química y tecnofuncional de purés de pitaya (*Stenocereus stellatus*) enriquecidos con mucílago de nopal. Journal CIM. Vol. 5. No. 2, 1367-1373. ISSN: 2007-8102.
2. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis. 18th Edition. Edited by: W. Horwitz, & Latimer, G. W. AOAC International. Gathersburg, MD. USA.

3. Camacho-Morales, F. Vivar-Vera, M.A. Bernardino-Nicanor, A., González-Cruz, L. & Pérez-Silva, A. 2017. Aprovechamiento del mucílago de nopal y pulpa de pitaya (*Stenocereus griseus*) como ingredientes en panificación. Journal CIM. Vol. 5. No. 2, 1401-1408. ISSN: 2007-8102.
4. Chia, S.L. & Chong, G.H. 2015. Effect of drum drying on physico-chemical characteristics of dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*). International Journal of Food Eng. 11(2): 285–293.
5. Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S. & Blecker C. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chemistry.
6. García-Cruz, L., Valle-Guadarrama, S., Salinas-Moreno, Y. & Luna-Morales, C. C. (2016). Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, andantioxidant activity of Stenocereus pruinosus and Stenocereus stellatus fruit. Postharvest Biology and Technology 111: 69–76.
7. Jamilah, B., Shu, C. E., Kharidah, M., Dzulkifly, M. A. & Noranizan, A. 2011. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. International Food Research Journal 18: 279-286.
8. Jiménez-Aguilar, D. M., López-Martínez, J.M., Hernández-Brenes, C., Gutiérrez-Uribe, J. A. & Welti. Chanes, J. 2015. Dietary fibre, phytochemical composition and antioxidant activity of Mexican commercial varieties of cactus pear. Journal of Food Composition and Analysis.
9. Luna-Morales, C. C. 2006. Clasificación y ordenación morfológica del fruto de variantes cultivadas de pitaya [*Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb.] en la Mixteca baja, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 12(2): 245-250.
10. Montalvo-González, E., Aguilar-Hernández, G., Hernández-Cázares A. S., Ruíz-López, I. I., Pérez-Silva, A., Hernández-Torres, J. & Vivar-Vera, M. A. 2018. Production, chemical, physical and technological properties of antioxidant dietary fiber from pineapple pomace and efecto as ingredient in sausages. Journal of food. Vol. 16, No. 1, 831–839.
11. Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
12. Pantaleón-Velasco, M.R., Ruiz-López I.I, Pérez-Silva A., Bravo-Clemente L., Mateos R, Ruiz-Espinosa H and Vivar-Vera M.A. 2014. Antioxidant and functional properties of a high dietary fibre powder (HDFP) from carambola (*Averrhoa carambola* L.) pomace. International Journal of Food Science and Technology (49:9), 2101–2110.
13. Vivar-Vera, M.A., Uscanga-Silveira, C.A., Pérez-Silva, A., Paz-Gamboa E. & Vivar-Vera, G. 2016. Obtención y caracterización química y funcional de concentrados de fibra dietaria de bagazo de zanahoria. Journal CIM. Vol. 4. No. 1, 810-815. ISSN: 2007-8102.
14. Zhuang, Y., Zhang, Y. & Sun, L. 2012. Characteristics of fibre-rich powder and antioxidant activity of pitaya (*Hylocereus undatus*) peels. International Journal of Food Science and Technology Vol. 47, No. 6, 1279-1285.
15. Zhu, F., Du, B. & Xu, B. 2015. Superfine grinding improves functional properties and antioxidant capacities of bran dietary fibre from Qingke (hull-less barley) grown in Qinghai-Tibet Plateau, China. Journal of Cereal Science Vol. 65, 43-47.

Elaboración y caracterización física de salchichas de carne de cerdo con inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote*

L. E. Cabrera Martínez[1], M. A. Vivar Vera[1], A. S. Hernández-Cázares[2]. A. Pérez Silva[1], L.P. Chávez-Zepeda[2]*

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n. Col. 5 de Mayo, C.P.68350. Tuxtepec, Oaxaca.*
[2]Maestría en Innovación Agroalimentaria Sustentable, Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Córdoba-Veracruz,

*maria.vv@ittux.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se elaboraron salchichas tipo Viena libre de nitritos de carne de cerdo (*Sus scrofa domestic*) y aditivos naturales con inclusión de inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote* deshidratadas a diferentes concentraciones. Se evaluó la composición química proximal, características físicas de encogimiento y pérdida por cocción, esfuerzo de corte, perfil de textura y análisis de color. Los resultados demostraron que la inclusión de polvo de las inflorescencias de tepejilote tuvo efecto significativos (p<0.05) en la disminución de grasas (19.59%) y proteínas (13.42%) con respecto a SCC. El esfuerzo de corte mostró una disminución (42.53%) respecto a todas las concentraciones y la SCC. Las salchichas presentaron tonalidades rojas-amarillas con luminosidad media, valores de a* y b* mayores con respecto a las salchichas comerciales. La inclusión de inflorescencias de tepejilote es una alternativa potencial en la elaboración de embutidos cárnicos, mejorando su contenido nutrimental sin afectar drásticamente las características de las salchichas.

***Palabras clave**: Inflorescencias de Chamaedorea tepejilote, salchichas, carne de cerdo, propiedades físicas.*

Abstract

Vienna-type sausages free of pork meat nitrites (Sus scrofa domestic) and natural additives were prepared including inflorescences of dehydrated Chamaedorea tepejilote at different concentrations. The proximal chemical composition, physical characteristics of shrinkage and cooking loss, shear stress, texture profile and color analysis were evaluated. The results showed that the inclusion of powder from tepejilote inflorescences had a significant effect (p <0.05) on the decrease of fats (19.59%) and proteins (13.42%) with respect to SCC. The cutting effort showed a decrease (42.53%) with respect to all concentrations and SCC. The sausages showed red-yellow tones with medium luminosity, values of a and b* higher with respect to commercial sausages. The inclusion of tepejilote inflorescences is a potential alternative in the elaboration of meat sausages, improving their nutritional content without drastically affecting the characteristics of sausages.*

***Key words**: inflorescences of Chamaedorea tepejilote, sausages, pork meat, physical properties.*

Introducción

La demanda de productos cárnicos más beneficiosos para la salud humana, ha hecho necesaria la búsqueda por parte de la industria alimentaria de sustituir componentes que puedan potenciar las propiedades nutricionales, manteniendo sus características físicas y sensoriales [Mehta y col., 2015]. En este contexto, los productos cárnicos cocidos como el jamón y las salchichas en sus diferentes tipos como son Hot-dog, coctel, Frankfurt y Viena, las cuales se diferencian por sus propiedades de longitud y diámetro (NMX-F-065-1984) son altamente consumidos en México, especialmente las salchichas tipo Viena [Aguilar A. 2010]. Sin embargo dichos productos han sido limitados de la dieta diaria por su alto aporte de grasas y porque su relación con

enfermedades cardiovasculares, de sobrepeso y como alimentos potencialmente cancerígenos por la presencia de aditivos químicos como los nitritos de las sales curantes [Vivar-Vera y col., 2018].

Diversos estudios se están realizando sobre el desarrollo de salchichas adicionadas con ingredientes naturales que contienen componentes de alto valor nutricional como son fibra dietaría, proteínas, compuestos bioactivos entre otros, sin sacrificar su aceptabilidad sensorial y propiedades físicas como son textura y color, aumentando como consecuencia su valor nutrimental y con potencial efecto benéfico a la salud [Vivar-Vera y col., 2018; Montalvo-González y col., 2018]. Asimismo, dada la tendencia de los consumidores por consumir alimentos sin aditivos químicos se abre un campo de investigación amplio para eliminar los aditivos químicos principalmente nitritos y nitratos a dichos productos cárnicos emulsionados cocidos, los cuales se adicionan como conservadores microbiológicos y potenciadores de sabor, para ser reemplazados por conservadores naturales que además aporten potencial efecto benéfico a la salud.

Dado lo anterior, se pueden aprovechar plantas endémicas de México como el tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*) que es una palma ancestral de los pueblos de Mesoamérica que actualmente crece de forma silvestre en el sur de México y países de Centroamérica por el clima cálido-húmedo. Las vainas de esta palma pueden desarrollarse como semillas y flores y principalmente como inflorescencias. Estas últimas son comestibles con venta local para consumirse de forma casera [Centurion y col., 2003a; 2003b; Morales-Fernández y col., 2018]. Asimismo, otras plantas originarias de México como la flor de achiote (*Bixa orellana*) también pueden ser aprovechadas como fuente de colorantes y compuestos bioactivos [Reyes-Urbano y col., 2018].

Metodología

Materias primas y acondicionamiento

Se utilizaron: Carne de Cerdo (*Sus scrofa domestic*), producidas y comercializadas en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca.
Las vainas de las inflorescencias de tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*) se cosechó en la temporada de Noviembre – Enero del 2018 al 2019 en un municipio cercano de San Juan Bautista Tuxtepec del estado de Oaxaca. Las vainas de tepejilote se midieron longitudinal y transversalmente con un vernier, pesándose y excluyendo las inflorescencias con tonalidades verdes, eligiendo las inflorescencias de color amarillo claro.
Se trabajo con las inflorescencias del tepejilote recolectado en los meses de Noviembre a Enero del 2018 al 2019, para la conservación de la materia prima, se hizo el acondicionamiento donde se sometieron a inmersión en agua a ebullición, donde se colocaron a escurrir a temperatura ambiente. Posteriormente la deshidratación del tepejilote se llevó a cabo en un Secador de charolas (POLI REP), en donde se colocó de manera uniforme y distribuida sobre papel para hornear en bandejas de acero inoxidable a una temperatura de 60°C durante 7 h. Después transcurrido el tiempo, se molieron y tamizaron para poder así obtener el polvo para la elaboración de las salchichas.

Elaboración de las salchichas tipo Viena de cerdo libres de nitritos con inclusión de polvo de inflorescencias de tepejilote

Las salchichas se elaboraron con carne de cerdo y con medidas tipo Viena de acuerdo a la NMX-F-065-1984, se realizaron a nivel laboratorio a diferentes concentraciones de inflorescencias de tepejilote deshidratado (2.5, 5, 7.5, 10 y 12%), ocupando ingredientes tradicionales como la sal, azúcar y ácido ascórbico, polifosfatos, ajo, achiote en pasta (*Bixa orellana*) .

Análisis de la composición química proximal de las salchichas de cerdo con inclusión de inflorescencias de tepejilote

A las salchichas de cerdo con inclusión de inflorescencias de tepejilote con concentraciones de 2.5, 5, 7.5, 10 y 12% se realizó el contenido de humedad, proteínas (N x 6.25), grasas y cenizas, se determinó de acuerdo con los métodos 934.01, 960.52, 948.22 y 942.05, respectivamente (AOAC, 2005). El contenido de carbohidratos se determinó por la resta del valor de la suma total de los demás componentes.

Esfuerzo de Corte (WB)

El esfuerzo de corte se realizó usando el Texturómetro Universal Tester EZTest EZ-S Shimadzu, usando la carga de 0,4903kN y una velocidad de 120 mm/s en la cual se utilizó la navaja de Warner-Bratzler realizando un corte justo por el centro de la salchicha. Se realizaron 3 repeticiones para cada concentración de las salchichas de cerdo, en la cual se le retiro la tripa, para posteriormente ser colocada en la plataforma de manera que el corte se realizara en el centro de la salchicha. El esfuerzo de corte se calculó como la media de la fuerza máxima de corte.

Análisis de color a salchichas (CIELab)

El análisis de color se determinó utilizando un colorímetro (CR-400. Kónica Minolta. Japón) con la evaluación de los parámetros *L**, las coordenadas de color *a** y *b**, también se calcularon los parámetros de Croma (C*) y el ángulo Hue (hº). Para la determinación las salchichas fueron cortadas en forma de cilindros de 2cm de largo, posteriormente se realizaron 3 repeticiones para cada formulación de las salchichas de cerdo.

Análisis del perfil de textura a salchichas

Se analizaron las muestras mediante el análisis de perfil de textura con un Texturómetro Tester EZTest EZ-S Shimadzu donde se evaluaron los parámetros de Dureza, Cohesividad, Gomosidad, Elasticidad y Masticación. Para la determinación las salchichas fueron cortadas en pequeños cilindros de 2x2 a tres muestras por triplicado para cada formulación. Para la determinación se realizó una compresión de deformación a las salchichas, simulando las condiciones cuando estas son sometidas al proceso normal de masticación de una persona , utilizando una placa circular con una compresión de 0,4903kN y en 2 ciclos consecutivos a una velocidad de 60 mm / min.

Determinación de encogimiento y pérdida por cocción de salchichas

La determinación de encogimiento y pérdida por cocción, se realizó mediante el método propuesto por Vivar-Vera y col. [2018]. Se ocuparon tres salchichas de cada formulación, utilizando una estufa Binder a una temperatura de 150°C, colocando un termómetro dual tipo K (Easy/View 10) en el centro de la salchicha, hasta obtener una temperatura interna de 72°C. Se tomo las medias del diámetro y longitud midiéndose con un vernier, y el tomando el peso tanto cruda como después de la cocción. Los cambios dimensionales (encogimiento) se determinaron usando la diferencia tomando en cuenta que la salchicha es un cilindro circular, de acuerdo a la formula de Vivar-Vera y col. [2018].

Análisis estadístico

Los resultados de cada análisis se registraron como la media de tres repeticiones ± desviación estándar. Se realizo un ANOVA (análisis de varianza, según sus siglas en ingles) de un solo factor; seguido de una prueba con el método (HSD) de Tukey al 95% con intervalos de confianza, utilizando el software estadístico Minitad 17 (Minitad Inc).

Resultados y discusión

Composición químico proximal de Salchichas de Cerdo con tepejilote

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis químico proximal de la salchicha tipo Viena de cerdo con inclusión de inflorescencias de tepejilote de las diferentes concentraciones (SCC, STC 2.5, STC 5, STC 7.5, STC10 y STC 12.5%.

El agua fue el componente mayoritario, siendo la formulación STC 5% el que presenta mayor contenido de humedad, comparado con las demás formulaciones; esto se debe a los componentes de la salchicha, porque al tener inflorescencias de tepejilote deshidratado, presentó mayor capacidad de retención de agua en su estructura que a diferencia de SCC ya que solo presenta carne en su composición siendo este el que presenta menor contenido de humedad. Los resultados para el contenido de cenizas fue aumentando respecto a las concentraciones de SCC a STC 12.5%, esto se debe a la cantidad de polvo de tepejilote que se encuentra en cada formulación ya que el tepejilote fue deshidratado a temperatura en un secador de charolas provocando el bajo contenido de humedad y así aumentando los sólidos secos disponibles en la muestra.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Composición químico proximal de salchichas de cerdo

Componente (%)	SCC	STC 2.5%	STC 5%	STC7.5%	STC 10%	STC 12.5%
Humedad g/100g (b.h.)	63.53±0.35^{d}	66.001±0.18^{b}	66.75±0.13^{a}	65.39±0.34^{b}	64.71±0.07^{c}	65.67±0.06^{b}
Cenizas g/100g (b.s.)	9.07±0.01^{e}	9.99±0.05^{d}	10.23±0.13^{d}	10.78±0.02^{c}	11.78±0.18^{a}	11.28±0.006^{b}
Grasas g/100g (b.s)	31.69±0.08^{a}	29.26±0.14^{b}	28.97±0.61^{b}	27.43±0.22^{c}	26.15±0.08^{d}	25.48±0.26^{d}
Proteínas g/100g (b.s.)	60.20±0.63^{a}	56.06±0.43^{bc}	55.85±0.68^{bc}	56.97±0.37^{b}	55.51±0.51^{c}	52.12±0.25^{d}
Carbohidratos g/100g (b.s.)	0.97±0.71^{d}	4.67±0.32^{c}	4.93±0.18^{c}	4.79±0.19^{c}	6.54±0.64^{b}	11.09±0.22^{a}

Datos expresados como la media ± desviación estándar de tres experimentos independientes. Promedios en una columna seguido de diferentes letras en súper índice son significativamente diferentes ($p<0.05$). Obtenido por cálculo de diferencia. b.s.= base seca; b.h.= base húmeda. **SCC**= Salchicha de cerdo control; **STC 2.5%**= Salchicha tepejilote cerdo con 2.5% de inflorescencia de tepejilote; **STC 5%**= Salchicha tepejilote cerdo con 5% de inflorescencia de tepejilote; **STC 7.5%**= Salchicha tepejilote cerdo con 7.5% de inflorescencia de tepejilote; **STC 10%**= Salchicha tepejilote cerdo con 10% de inflorescencia de tepejilote; **STC 12.5%**= Salchicha tepejilote cerdo con 12.5% de inflorescencia de tepejilote.

El contenido de grasa varió con respecto a la inclusión de tepejilote en cada formulación, disminuyendo el contenido graso siendo las concentraciones STC 10% y STC 12.5% las que menor contenido de grasa están presentes en su formulación, lo cual puede deberse a la inclusión de la fibra por parte de las inflorescencias de tepejilote al sustituirse por la carne de cerdo , también se debe al tipo de carne producida en la región y al proceso de elaboración que estas presentan antes de ser vendido al consumidor. Los resultados obtenidos de proteínas fueron decreciendo de la concentración SCC a STC 12.5% (60.20 a 52.12) debido que la carne de cerdo es sustituido por la inclusión del polvo del tepejilote así disminuyendo el contenido de proteínas , pero al contrario por lo reportado por Vivar-Vera y col. [2018], las salchichas tipo Viena con concentrados de fibra dietaría de carambola presentaron una disminución en el contenido de proteínas, mientras que las salchichas con inclusión de tepejilote son mayores con los valores obtenidos en esta investigación

Esfuerzo de Corte

En la Figura 1. Se aprecian los valores obtenidos de la prueba de esfuerzo de corte. Se puede observar que las salchichas desarrolladas del esfuerzo de corte varió desde 4.85 a 8.44 N. Según lo reportado por Gamero y col. [2010], el esfuerzo de corte que presentan las salchichas comerciales es de 6.94 a 7.07 N, siendo solamente la concentración STC 12.5% presentan valores similares y las concentraciones STC 2.5%, STC 5%, STC 7.5% y STC 10% presentan una disminución y no coincide con los resultados obtenidos, a diferencia de SCC la cual es similar a las salchichas tipo Viena adicionada con concentrado de fibra de carambola de cerdo bajas en grasa (7.80 – 13.10N), informado por Vivar-Vera y col. [2018].

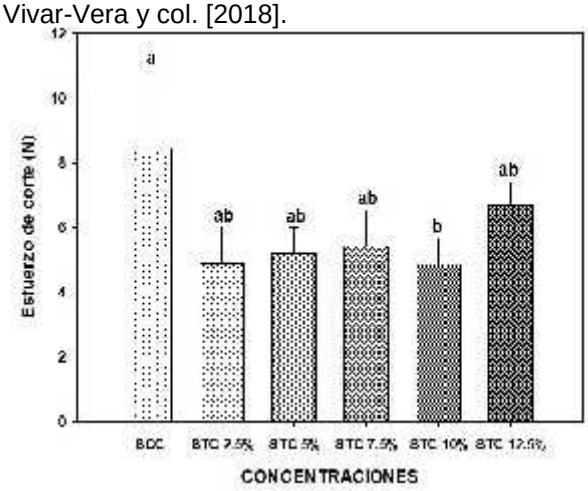


Figura 1. Esfuerzo de Corte en Salchichas de cerdo con inclusión de tepejilote

 ISSN 2007-8102

Análisis de color de las salchichas tipo Viena con inclusión de inflorescencias de tepejilote

En la Figura 2(a) las salchichas tipo Viena de cerdo con inclusión de tepejilote presentaron valores similares de *L** según lo reportado por Reyes Urbano y col. [2018], siendo los lotes de concentraciones STC 2.5% STC 7.5% y STC 10% más cercanas a los valores reportados por el autor, mientras que los valores presentados en salchichas tipo Viena adicionada con concentrado de fibra de carambola de cerdo bajas en grasa (60.80 – 64.83 *L**) no presentan similitudes con los valores obtenidos en este trabajo.

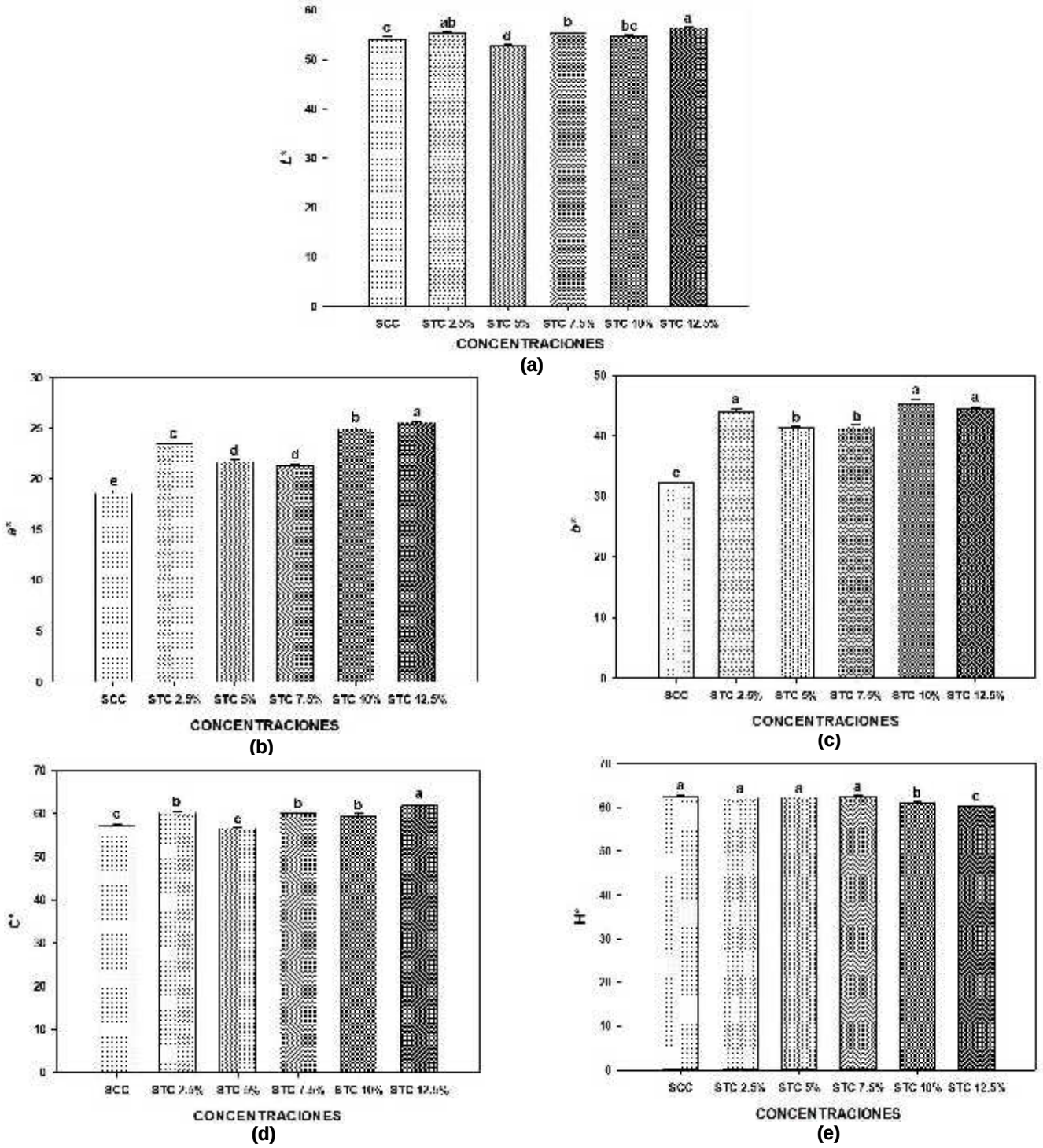


Figura 2. Representación de los resultados obtenidos de: **(a)**= *L**; **(b)**= *a**; **(c)**= *b**; **(d)**= *C°*; **(e)**= *H°*

En la Figura 2(b) refleja los valores de *a** de las salchichas desarrolladas con inclusión de tepejilote en las diferentes concentraciones con carne de cerdo, donde presentaron valores mayores al control, tomando en cuenta los valores de las salchichas comerciales. Esto se puede deber al colorante natural utilizado en la elaboración de las salchichas. Lo que nos dice que los valores obtenidos de a* esta ubicados hacia el rojo. Conforme se aumenta la inclusión de tepejilote se noto que los valores de a* iban en asenso, lo que podría deberse a un aumento en la concentración de nitrosomioglobina de color rojo, pues es el pigmento principal responsable para la coloración de productos cárnicos [Bazán-Lugo, 2008]. En la Figura 2(c) el parámetro b*, los valores obtenidos de las salchichas desarrolladas con inclusión de tepejilote de las diferentes concentraciones presentaron diferencia siendo valores doblemente mayores en comparación a las salchichas comerciales (21.2086 – 21.3326), en comparación a lo reportado por Reyes Urbano y col. [2018] que presentaron valores similares entre ellos. También en comparación con lo reportado por Kim y col. [2011] en salchichas cocidas de ternera (7.34 – 9.12) añadidas con tomate polvo (0 – 1.5%), y lo reportado por Vivar-Vera y col. [2011], los valores obtenidos de b* en este trabajo son mayores.

En cuanto al parámetro de Croma (C*) que denota la saturación, en la Figura 2(d), la cual nos muestra que las salchichas desarrolladas con inclusión de tepejilote presentaron los valores mayores en comparación a lo que reportaron los autores. Lo que nos indican que las salchichas presentan una saturación media.
En la figura 2(e) se observan los valores del parámetro Hue (H°) que indica el matiz, indicando que los valores de las salchichas desarrolladas son mayores en comparación a las salchichas comerciales.

Análisis de Perfil de Textura (TPA)

En la Tabla 2 se muestran los resultados de TPA, al evaluar la textura de las salchichas de cerdo con inclusión de las inflorescencias de tepejilote muestran en la Tabla 2 variaciones significativas ($p<0.05$) indicando una dureza donde los valores variaron de 42.14 a 64.72N presentando similitudes con lo reportado por Herrero y col. [2008], donde las concentraciones STC 2.5% y STC 5% son las de mayor valor, lo cual puede deberse a la capacidad de retención de agua y al proceso de elaboración, según lo reportado por Gamero y col. [2010], la dureza que presentan las salchichas comerciales es de aproximadamente de 39.7169 N, mostrando que las salchichas desarrolladas presentaron una dureza mayor. Para la salchicha control (SCC), solo mostro resultados en dureza, mientras que los demás resultados para los parámetros siguientes al análisis no fueron posibles de calcular por el equipo ya que matemáticamente no fue posible, esto puede deberse a la composición de la salchicha o el modo de preparación ya que esta no presenta resistencia al momento de la compresión por lo cual no pudo dar los resultados esperados. Para los valores de cohesividad, las salchichas de cerdo con inclusión de inflorescencias de tepejilote variaron desde -0.071 a -0.391 ($p<0.05$).

Tabla 2. Análisis de Perfil de Textura en salchichas de cerdo con inclusión de inflorescencias de tepejilote

Parámetro	SCC	STC 2.5%	STC 5%	STC 7.5%	STC 10%	STC 12.5%
Dureza (N)	60.77 ± 0.30^{ab}	64.35 ± 1.83^{a}	64.72 ± 0.99^{a}	53.76 ± 3.97^{b}	42.14 ± 0.67^{c}	54.92 ± 4.40^{b}
Cohesividad	0^{a}	-0.071 ± 0.009^{b}	-0.109 ± 0.011^{c}	-0.154 ± 0.021^{d}	-0.391 ± 0.014^{f}	-0.254 ± 0.004^{e}
Gomosidad (N)	0^{d}	12.66 ± 0.87^{ab}	14.85 ± 0.94^{a}	12.89 ± 1.31^{ab}	8.39 ± 1.1^{c}	11.08 ± 07^{b}
Elasticidad (mm)	0^{c}	0.99 ± 0.001^{b}	1.001 ± 0.001^{ab}	1.001 ± 0.002^{ab}	1 ± 0.001^{ab}	1.001 ± 0.001^{a}
Masticación (N/mm)	0^{c}	12.64 ± 0.86^{a}	12.51 ± 1.19^{a}	12.73 ± 1.57^{a}	7.60 ± 1.13^{b}	11.07 ± 0.72^{a}

Datos expresados como la media ± desviación estándar de tres experimentos independientes. Promedios en una columna seguido de diferentes letras en súper índice son significativamente diferentes ($p<0.05$). Obtenido por cálculo de diferencia.**SCC**= Salchicha de cerdo control; **STC 2.5%**= Salchicha tepejilote cerdo con 2.5% de inflorescencia de tepejilote; **STC 5%**= Salchicha tepejilote cerdo con 5% de inflorescencia de tepejilote; **STC 7.5%**= Salchicha tepejilote cerdo con 7.5% de inflorescencia de tepejilote; **STC 10%**= Salchicha tepejilote cerdo con 10% de inflorescencia de tepejilote; **STC 12.5%**= Salchicha tepejilote cerdo con 12.5% de inflorescencia de tepejilote.

 ISSN 2007-8102

La gomosidad según lo reportado por Granados y col. [2013] en salchichas elaboradas con subproductos del atún muestra valores de 19.01 kg m/s^{2,} valores mayores a los resultados dados por las salchichas de cerdo con inclusión de inflorescencias de tepejilote, debiéndose a que se necesita más energía requerida para desintegrar el alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado [Ceville y col., 1976]. Según lo reportado por Igor Hleap y col. [2010], la masticación en salchichas elaboradas con tilapia roja, presentan mayores valores de 14.58 a 29.95 kg, que los resultados obtenidos en esta investigación, debiéndose a que representa mayor trabajo necesario para poder desintegrar un alimento que esté listo para ser deglutido.

Determinación de encogimiento y pérdida por cocción de salchichas de cerdo con inclusión de inflorescencias de tepejilote

Los resultados de la prueba de encogimiento por cocción en la Figura 3 (a) las salchichas de cerdo con inclusión de tepejilote presentan valores similares de 11.41% a 15.57% a lo reportado por Reyes-Urbano y col. [2018)] indicando el área de la muestra reducida por la cocción. También los valores de encogimiento en este trabajo fueron similares a las salchichas tipo Viena de cerdo adicionadas con concentrados de fibra dietaría de carambola bajas en grasas con intervalos de 3.40 a 15.20%, informado por Vivar-Vera y col. [2018].

En la pérdida por cocción, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 3 (b), las salchichas de cerdo con inclusión de tepejilote en las concentraciones SCC, STC 2.5% y STC 5% muestras similitudes a lo reportado por Reyes Urbano y col. [2018], mientras que las concentraciones STC 7.5%, STC 10% y STC 12.5% muestras valores más altos en comparación a lo reportado por el autor. Estas variaciones se debe a la composición de las salchichas ya que la carne de cerdo va perdiendo el agua contenida en la estructura, por consecuencia va perdiendo peso en el proceso de cocción.

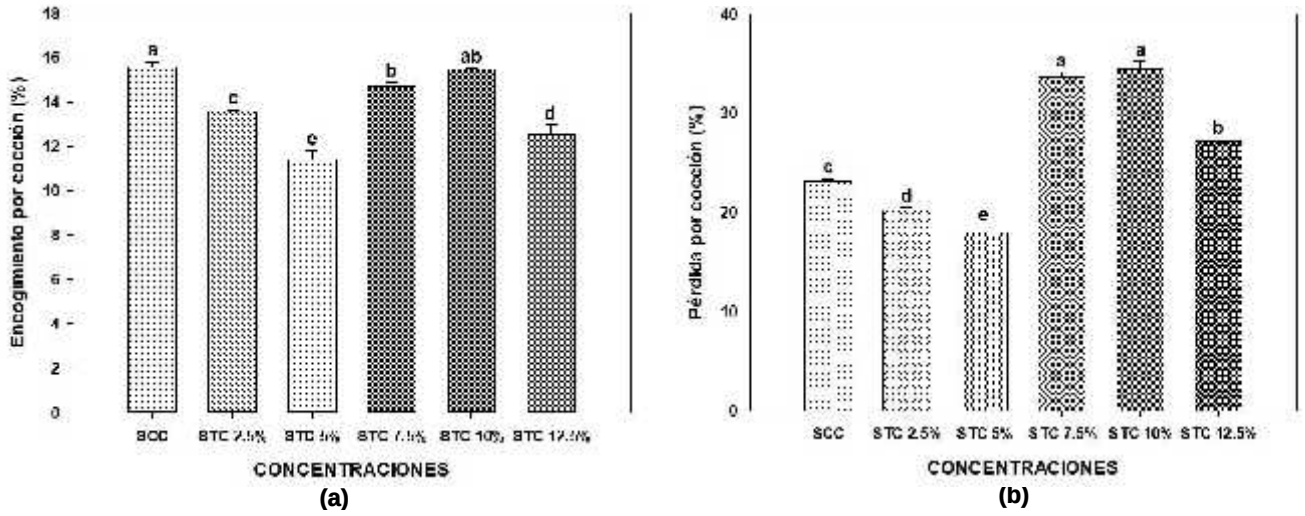


Figura 3. Encogimiento (3a) y Pérdida (3b) por cocción en salchichas de cerdo con inclusión de tepejilote

Trabajo a futuro

Este trabajo puede continuar con una evaluación sensorial, para saber la aceptación del producto del consumidor y al igual que un análisis microbiológico, el cual ayudaría a saber el tiempo de vida de anaquel.

Conclusiones

Las inflorescencias de tepejilote es una materia prima potencial, así considerándola una vía alternativa al elaborar embutidos cárnicos sin que pierdan sus propiedades características. La incorporación de las inflorescencias a las salchichas tipo Viena de carne de cero mostro contenidos bajos en grasa en comparación a las salchichas comerciales, aportando proteínas y carbohidratos para los consumidores, sin afectar las propiedades físicas, y así sustituyendo ingredientes dañinos como los nitritos, buscando alternativas para la salud de las personas, siendo ideales para la comercialización

Referencias

1. Herrero AM, de la Hoz L, Ordóñez JA, Herranz B, Romero MD, Cambero MI. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics, Meat Science 2008; 80(3):690-696.
2. Vivar Vera M.A; Pérez- Silva A.; Ruiz-López I.I.; Hernández-Cazares A. S.; Solano-Barrera, S.; Ruiz Espinoza, H.; Bernardino-Nicanor, A.; González-Cruz, L. (2018). Chemical, physical and sensory properties of Vienna sausages formulated with a starfruit dietary fiber concentrate*. J. Food Sci. Technol*. **(55**) 3303-3313.
3. Reyes Urbano, X. (2018). Evaluación física de salchichas formuladas con inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote.*
4. Carballo, J., Bareto, G., Solas M.T., Jiménez-Colmenero F. (1996) Characteristics of high and low fat bologna sausages as affected by final internal cooking temperature and chilling storage. Journal of Science of Food and Agriculture 72(1): 40-48.
5. Rivera, I. N. (2012). Reducción de grasa y alternativas para su sustitución en productos cárnicos emulsionados, una revisión. Fat reduction and alternatives for its substitution in emulsified meat products, a review. *Nacameh*, *6*(1), 1–14.
6. Bengtsson, H., Montelius, C., & Tornberg, E. (2011). Heat-treated and homogenised potato pulp suspensions as additives in low-fat sausages. *Meat Science*, *88*(1), 75–81.
7. Centurión, H. D., Espinosa, M. J., Poot, M. J. E., Cázares, C, J. G. *Cultura alimentaria de la región Sierra de Tabasco*. Editorial UJAT Colección José Mª. Pino Suárez. pp: 48-49 (2003).
8. Gamero-Barraza M.; Velasco González O.H.; Carrillo Bocardo M.F.; Ibarra Alvarado M. (2010). Análisis comparativo de seis marcas comerciales de salchicha tipo Viena. Memorias del XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. CA20 1-8.
9. NMX-F-065-1984. ALIMENTOS. Salchichas. Especificaciones normas mexicanas. Dirección general de normas. Prefacio.
10. Aguilar, A. (2010). Salchichas para hot dog. El rey. PROFECO. 34–35.
11. Morales Fernández, A.J. (2018). Evaluación química y microestructural de inflorescencias de Chamaedorea tepejilote tratadas por diferentes métodos térmicos.

Caracterización nutrimental y física de salchichas de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) con inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote*

N. I. Alto Rojas[1], M. A. Vivar Vera[1], A. Pérez-Silva[1], A. S. Hernández Cázares[2], K. A. López Mendoza[1]*

[1] Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Depto. de Ingeniería Química y Bioquímica. Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja S/N. Col. 5 de mayo. Tuxtepec, Oax. C. P. 68350. México.

[2]Maestría en Innovación Agroalimentaria Sustentable, Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Córdoba-Veracruz.

*maria.vv@ittux.edu.mx

Área de participación: *Ingeniería Química*

Resumen

Se elaboraron salchichas tipo Viena de carne de Tilapia libres de nitritos con inclusión de polvo de inflorescencias de tepejilote por sustitución de carne a diferentes concentraciones. Se evaluaron las características físicas y composición nutrimental. Los resultados demostraron que la inclusión de polvo de tepejilote aumentó significativamente el contenido de fibra dietaria total (85.5%) y una disminución en grasas (22.29%) y proteínas (9.93%) respecto a la salchicha control (SC). Asimismo, se observó que las salchichas con 12.5% de inclusión de polvo de tepejilote presentó el menor valor (p<0.05) de encogimiento y perdida por cocción (33.95% y 23.25%, respectivamente) con respecto a todas las muestras y SC. Todas las salchichas obtuvieron valores de esfuerzo de corte, valores de a^* y b^* semejantes a salchichas comerciales y menores valores de dureza con tonalidades rojo-anaranjado y luminosidad media. La inclusión de polvo de inflorescencias de tepejilote mejoró la composición nutrimental de las salchichas, sin afectar las características físicas excepto los parámetros de color, por lo que su uso es una alternativa para la elaboración de salchichas.

***Palabras claves**: Salchichas, inflorescencias de Chamaedorea tepejilote, composición nutrimental, características físicas.*

Abstract

*Vienna type sausages of nitrite-free tilapia meat were prepared, including tepejilote inflorescences powder by replacing meat at different concentrations. The physical characteristics and nutritional composition were evaluated. The results showed that the inclusion of tepejilote powder significantly increased the total dietary fiber content (85.5%) and a decrease in fats (22.29%) and proteins (9.93%) compared to the control sausage (SC). Likewise, it was observed that sausages with 12.5% inclusion of tepejilote powder had the lowest value (p <0.05) of shrinkage and cooking loss (33.95% and 23.25%, respectively) with respect to all samples and SC. All the sausages obtained cutting effort values, a * and b * values similar to commercial sausages and lower hardness values with red-orange tones and medium luminosity. The inclusion of tepejilote inflorescences powder improved the nutritional composition of the sausages, without affecting the physical characteristics except the color parameters, so its use is an alternative for the preparation of sausages.*

Key words: *Sausages, inflorescences of Chamaedorea tepejilote, nutritional composition, physical characteristics.*

Introducción

La carne es un alimento altamente nutritivo que proporciona nutrientes esenciales como proteínas de alto valor biológico, lípidos, vitaminas, minerales, su procesamiento a productos cárnicos representa una de las industrias más importantes del mundo. En este sentido, las salchichas, son los productos cárnicos más consumidos por

su bajo costo, fácil almacenamiento y preparación. Sin embargo, su consumo excesivo se ha asociado a enfermedades crónico degenerativas y cardiovasculares como obesidad y cáncer de colon, entre otros [Mehta y col., 2015]. Para limitar el efecto poco saludable, se ha propuesto la reformulación o por productos que contengan menos grasa, libres de compuestos tóxicos, como los nitritos. En este contexto, una alternativa es el uso de carnes más saludables como las de origen acuático y por sustitución de los aditivos potencialmente dañinos a la salud como los nitritos por ingredientes funcionales de origen vegetal.
Las inflorescencias tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*) es un alimento ancestral endémico de Mesoamérica, en Oaxaca su consumo es principalmente en fresco, con huevo, escabeche, entre otros, debido poca información científica acerca su valor nutricional no se le ha dado la debida importancia a esta palma y sus vainas con inflorescencias comestibles (Morales-Fernández y col., 2018). Sin embargo, representa una excelente alternativa debido a la presencia de proteínas de alta calidad, fibra dietaria y compuestos bioactivos, la cual la hace apta para incluir como ingrediente en embutidos (Vivar-Vera y col., 2018), así como el uso de colorantes naturales como el Annato es usado actualmente en la industria alimenticia debido a su capacidad antioxidante, efecto anti-cancerígeno y reductor de colesterol [Raddatz-Mota y col., 2017].
El objetivo del presente trabajo fue desarrollar salchichas tipo Viena de carne de Tilapia libre de nitritos con polvo inflorescencias de tepejilote a diferentes concentraciones por sustitución de la carne de Tilapia.

Metodología

Materia primas y acondicionamiento

La carne de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fue producida en San Lucas Ojitlan, Oaxaca. La separación de viseras se realizó manualmente, se obtuvo filetes los fueron lavados con una solución acuosa fría de limón.
El tepejilote fue recolectado en los meses de enero-marzo de 2018, se utilizaron brácteas con tonalidades blanquecinas. Para la conservación de las brácteas frescas de tepejilote se realizó un acondicionamiento el cual consistió en un tratamiento térmico con agua a ebullición con posterior secado convectivo, molido y tamizado (177 µ, ASTM).

Elaboración de salchichas de Tilapia adicionada con inflorescencias de tepejilote

Se elaboraron salchichas de Tilapia con dimensiones tipo Viena de acuerdo a la NMX-F-065-1984, la formulación base consistió agregar ingredientes como sal, azúcar, ácido ascórbico, polifosfatos, ajo, colorante natural en pasta. Posteriormente se prepararon seis formulaciones de salchicha tipo Viena a base de carne Tilapia; La carne se molió utilizando un molino de carne manual y el polvo de inflorescencias de tepejilote se adicionó en diferentes concentraciones por inclusión de la carne de Tilapia.

Análisis nutrimental de salchichas de Tilapia libre de nitritos

La composición nutrimental consistió en determinar humedad (925.10, pérdida de peso), cenizas (942.05, calcinación), grasas (948.22, método de Soxhlet), proteínas (960.52, método de Microkjeldahl, factor de Nitrógeno= 6.25) de acuerdo al AOAC [2005]. Los carbohidratos se determinaron por diferencia. Asimismo, se determinó el contenido de FD total, soluble (FDS) e insoluble (FDI) por el método enzimático-gravimétrico 985.29 [AOAC, 1997] y 32-20.01 [AACC, 2009].

Determinación de encogimiento y pérdida por cocción de salchichas.

La determinación de encogimiento y pérdida por cocción, se realizaron por triplicado siguiendo la metodología propuesto por Vivar-Vera y col. [2018]. Donde las medidas de diámetro y longitud se midieron con un vernier, el peso se obtuvo en salchichas crudas como cocidas. Se colocaron tres salchichas de cada formulación, en una estufa Binder a una temperatura de 150 °C, se insertó un termómetro dual tipo K (EasyView 10) en el centro de la salchicha hasta obtener una temperatura interna de 72°C. Los cambios dimensionales (encogimiento) se determinaron usando la diferencia del diámetro y longitud, utilizando la fórmula de Vivar-Vera y col. [2018].

Esfuerzo al corte (WB)

El esfuerzo al corte se determinó usando el Texturómetro universal Tester EZTest EZ-S Shimadzu, usando la carga de 0.4903 kN y una velocidad de 120 mm/s realizando un corte justo por el centro de la salchicha, utilizando la navaja de Warner-Bratzler. Se realizaron 3 repeticiones. El esfuerzo al corte se calculó como la media de la fuerza máxima de corte.

Perfil de textura

Para la prueba de perfil de Textura se utilizó un Texturómetro universal Tester EZTest EZ-S Shimadzu, usando la carga de compresión de 0.4903 kN y una velocidad de 60 mm/min y una deformación del 50 % en muestras de salchichas de 2 cm (n=3), evaluando dureza (N), elasticidad (mm), gomosidad (N), masticabilidad (N/mm) y cohesión (N).

Determinación de color (CIELab)

El perfil del color se llevó a cabo mediante el uso de un colorímetro (CR-400. Kónica Minolta. Japón), evaluando los parámetros *L*,* las coordenadas de color *a** y *b**, también se calcularon los parámetros de Croma (C*) y ángulo Hue (hº). Las salchichas fueron cortadas en pequeños cilindros de aproximadamente 2 cm de grosor.

Resultados y discusión

Composición nutrimental de salchichas de Tilapia tipo Viena adicionadas con inflorescencias de tepejilote

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos del análisis nutrimental de salchichas de Tilapia libre de nitritos con diferentes concentraciones de inflorescencias de tepejilote. El agua fue el componente mayoritario, siendo la muestra STC la que presento el mayor contenido de humedad comparado con las salchichas con diferentes concentraciones de tepejilote; esto puede deberse a la fibra presente en el polvo de inflorescencias de tepejilote, observándose una disminución de hasta un 10.26% para la muestra ST 12.5%. Todas las salchichas desarrolladas en esta investigación se encuentran dentro intervalos (70%) que establece la Norma Mexicana-065 para salchichas tipo Viena

Tabla 1. Resultados del análisis nutrimental de salchichas de carne de Tilapia tipo Viena libre de nitritos adicionadas con inflorescencias de tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*) a diferentes concentraciones.

COMPONENTES (g/100 g)	STC	ST 2.5%	ST 5%	ST 7.5%	ST 10%	ST 12.5%
Humedad (b.h.)	73.81±0.02a	70.27±0.24b	70.27±0.24b	68.58±0.14c	68.24±0.20c	66.23±0.28c
Cenizas (m.s)	3.41±0.16c	4.06±0.07ab	4.11±0.06b	3.95±0.08b	3.79±0.03e	4.78±0.02a
Grasas (m.s.)	29.11±0.14a	24.24±0.31b	24.06±0.02b	23.50±0.05c	22.23±0.22d	22.62±0.26d
Proteínas (m.s)	53.55±0.19a	53.15±0.39b	52.80±0.24c	51.84±0.23d	50.97±0.62e	48.23 ± 0.18
Carbohidratos (m.s.)	6.96±0.38f	11.3±0.14e	11.43±0.74c	10.43±0.30b	11.54±0.28d	11.44±0.44a

STC: Salchicha de Tilapia control. ST 2.5%: Salchichas de Tilapia con 2.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 5%: Salchichas de Tilapia con 5% de inflorescencias de tepejilote. ST 7.5%: Salchichas de Tilapia con 7.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 10%: Salchichas de Tilapia con 10% de inflorescencias de tepejilote.ST 12.5%: Salchichas de tilapia con 12.5% de inflorescencias de tepejilote. Letras minúsculas en la misma columna indican diferencia mínima significativa (P<0.05)

El mayor componente en base seca fueron las proteínas, siendo la STC la que presentó mayor contenido, se observa que al adicionar el polvo de tepejilote este contenido disminuyó hasta un 9.93% para la muestra ST 12.5%; esto disminución puede deberse a la desnaturalización de las albuminas presentes en el polvo de tepejilote, ya que son sensible a altas temperaturas. Se han reportado contenidos de proteínas (18.13-18.41%)

 ISSN 2007-8102

para salchichas de tilapia con harina de quinua [Zapata y Pava, 2017]. Las salchichas desarrolladas en esta investigación presentaron mayores contenidos de proteínas de acuerdo a lo establecido en la Norma Mexicana (9.5%) para salchichas tipo Viena.

Con respecto al contenido de grasas se observa que la muestra ST 12.5% presentó una disminución de un 22.29 % con respecto a la muestra STC; esto puede deberse por efecto de dilución al adicionar el polvo de tepejilote, el cual podría haber actuado como sustituto de grasa, debido a su alto contenido de fibra dietaria. Las salchichas presentaron contenidos de grasas (22.62-24.24) que se encuentran dentro de los contenidos (30%) que reporta la Norma Mexicana.

Para el contenido de carbohidratos la muestra ST12.5% (15.77%) fue significativamente mayor que la muestra STC (4.74%), se puede observar que al incremental el porcentaje de tepejilote este contenido aumentó, debido a la adición de las inflorescencias de tepejilote, Hleap [2017] reportó contenidos de 13.78-14.21% para salchichas de tilapia adicionadas con harina de quinua.

En la Figura 1 se muestran los resultados de la determinación de FD total (FDT), Soluble (FDS) e insoluble (FDI) de salchichas de Tilapia tipo Viena libre de nitritos.

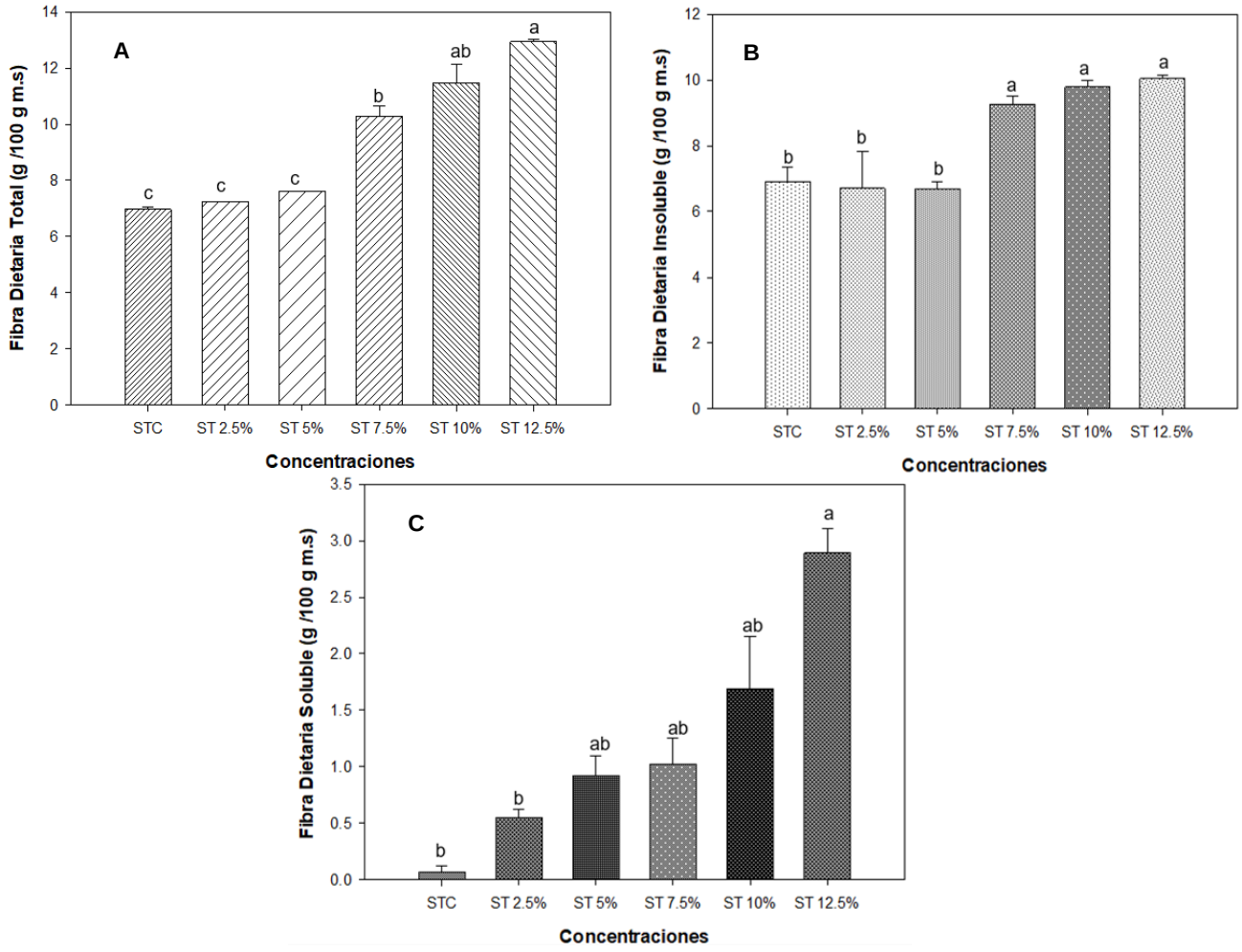


Figura 1. Contenido de A) FD total, B) FD insoluble. C) FD soluble en las formulaciones de salchichas tipo Viena libres de nitritos adicionadas con polvo de inflorescencias de tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*). STC: Salchicha de Tilapia control. ST 2.5%: Salchichas de Tilapia con 2.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 5%: Salchichas de Tilapia con 5% de inflorescencias de tepejilote. ST 7.5%: Salchichas de Tilapia con 7.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 10%: Salchichas de Tilapia con 10% de inflorescencias de tepejilote ST 12.5%: Salchichas de tilapia con 12.5% de inflorescencias de tepejilote. Las letras minúsculas indican diferencia estadísticamente significativa (p<0.05).

 ISSN 2007-8102

En cuanto al contenido de FD, las muestras de salchichas presentaron diferencias significativas, observándose que al incrementar el porcentaje de polvo de tepejilote este contenido aumentó hasta un 85.5% en comparación con STC, debido a la sustitución de la carne por el polvo de tepejilote, sobresaliendo la FD insoluble, debido a que es la fracción predominantes en los vegetales y en menor contenido la FD soluble, donde también se puede que las salchichas con diferentes concentraciones de tepejilote presentaron mayores contenido con respecto a la STC. Todas las salchichas desarrolladas en esta investigación tuvieron un intervalo de contenido de FD total (7.25-12.93%), por lo tanto, se pueden considerar como un alimento con alto contenido de fibra de acuerdo a las regulaciones actuales que reportan contenidos de 5 g o más de fibra por porción [Li & Komarek, 2017]. Vivar-Vera y col. [2018] reportaron valores (11.04–17.7%) superiores de FD total en salchichas tipo Viena en salchichas adicionados con polvo con alto contenido de FD de bagazo de carambola.

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades físicas de salchichas de Tilapia tipo Viena libre de nitritos.

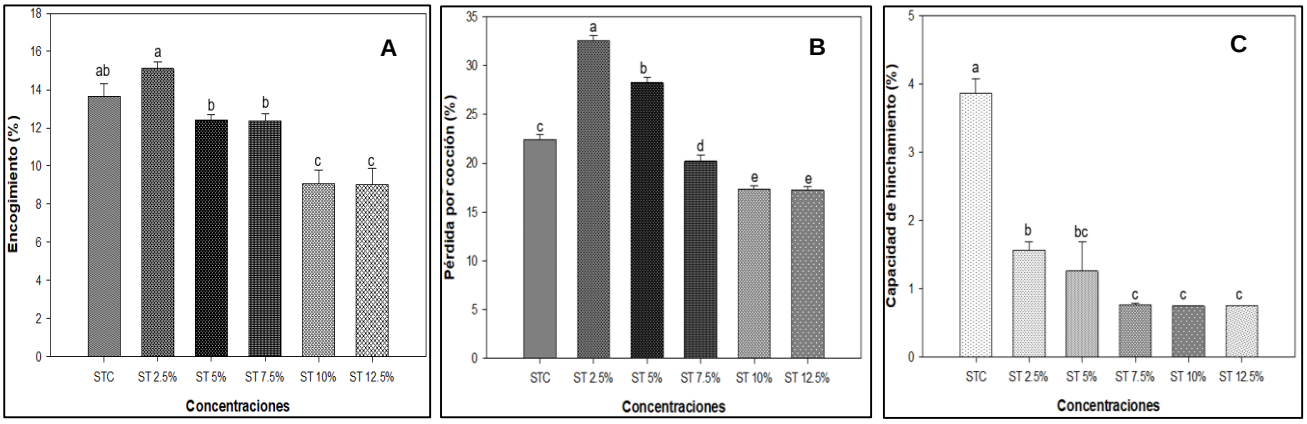


Figura 2. A: Determinación de Encogimiento. **B**: determinación de pérdida por cocción. **C:** determinación de hinchamiento. **STC**: Salchicha de Tilapia control. **ST 2.5%:** Salchichas de tilapia libres de nitritos con 2.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 5%: Salchichas de Tilapia libres de nitritos con 5% de inflorescencias de tepejilote. ST 7.5%: Salchichas de Tilapia libre de nitritos con 7.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 10%: Salchichas de Tilapia libre de nitritos con 10% de inflorescencias de tepejilote ST 12.5%: Salchichas de tilapia libres de nitritos con 12.5% de inflorescencias de tepejilote. Las letras minúsculas indican diferencia estadísticamente significativa (p<0.05).

Para la prueba de encogimiento se observa que las salchichas de tilapia presentaron una disminución del 33.95% de encogimiento en comparación con STC, esto puede ser atribuido a la adición de fibra en el polvo de tepejilote. Las salchichas de Tilapia presentaron menor porcentaje de encogimiento en comparación a salchichas comerciales de acuerdo a lo reportado (11.53-18.18%) por Reyes-Urbano y col. [2018]. En la perdida por cocción, se puede observar que la formulación con mayor porcentaje de inclusión de polvo de tepejilote (12.5%) presento bajo porcentaje de perdida por cocción, con una disminución de 23.25%, respecto a STC. Las salchichas con 10 y 12.5% de inclusión de polvo de tepejilote se encentran dentro de intervalos reportados para salchichas comerciales (13.13-17.81%) de acuerdo a Reyes-Urbano y col. [2018]. En la capacidad de hinchamiento se observa que STC presento un 3.85% de hinchamiento, al adicionar el polvo de tepejilote este porcentaje disminuyó hasta un 80.56% para salchichas con 10 y 12.5% de inclusión de polvo de tepejilote.

Esfuerzo al corte (WB) de las salchichas de Tilapia tipo Viena adicionadas con de inflorescencias de tepejilote.

En la Figura 3 se muestra la prueba de esfuerzo de corte. Se puede observar que las salchichas de Tilapia presentaron valores de esfuerzo de corte de van de 2.23 a 4 N. Se observó que al adicionar el polvo de inflorescencias de tepejilote el esfuerzo de corte aumento. Estos valores son similares a lo reportado para salchichas comerciales (2.58-4.79 N) [Reyes-Urbano y col., 2018], demostrando que las salchichas realizadas en esta investigación cumplen con este parámetro requerido.

 ISSN 2007-8102

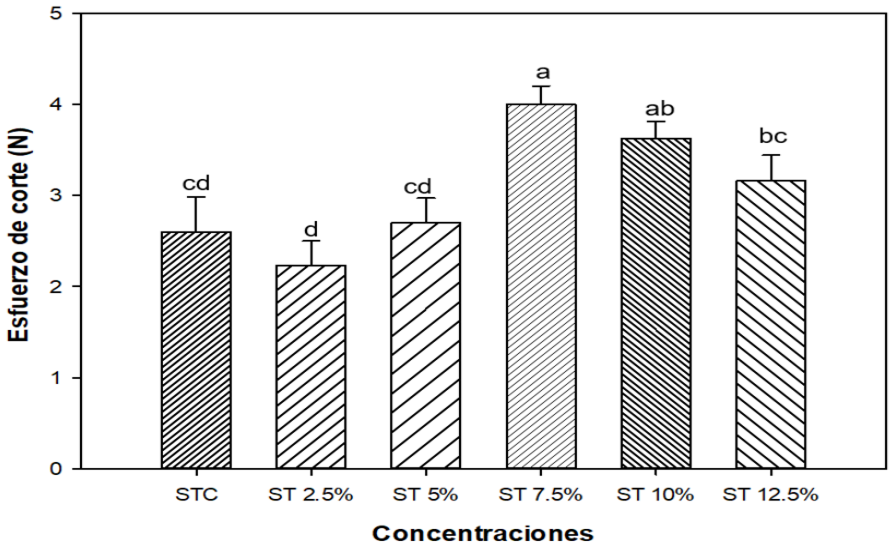


Figura 3. STC: Salchicha de Tilapia libres de nitritos control. ST 2.5%: Salchichas de tilapia con 2.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 5%: Salchichas de Tilapia con 5% de inflorescencias de tepejilote. ST 7.5%: Salchichas de Tilapia con 7.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 10%: Salchichas de Tilapia con 10% de inflorescencias de tepejilote. ST 12.5%: Salchichas de tilapia con 12.5% de inflorescencias de tepejilote. Letras minúsculas indican diferencia mínima significativa (p<0.05)

Perfil de textura de las salchichas de Tilapia tipo Viena adicionadas con de inflorescencias de tepejilote.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del perfil de textura en salchichas de Tilapia tipo Viena libre de nitritos.

Tabla 3. Resultados de las propiedades físicas en salchichas de Tilapia tipo Viena libres de nitritos con diferentes concentraciones de tepejilote.

Parámetros	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Gomosidad (N)	Masticabilidad (N/mm)	Cohesión (N)
STC	23.63 ± 0.48c	0.99 ± 0.00a	4.89 ± 0.46d	4.89 ± 0.47c	-0.02 ± 0.00a
ST 2.5%	41.06 ± 0.15b	0.93 ± 0.00b	0.036 ± 0.0e	0.036 ± 0.0d	-2.04 ± 0.39b
ST 5%	29.50 ± 1.7c	1.00 ± 0.0a	0.03 ± 0.01e	0.02 ± 0.01d	-0.11 ± 0.00a
ST 7.5%	44.54 ± 3.8ab	1.00 ± 0.00a	9.48 ± 1.24b	7.86 ± 1.21ab	-0.08 ± 0.01a
ST 10%	44.52 ± 2.95ab	1.00 ± 0.00a	11.87 ± 0.27a	9.07 ± 0.34a	-0.07 ± 0.01a
ST 12.5%	48.99 ± 2.99a	0.99 ± 0.00a	7.06 ± 0.79c	7.05 ± 0.78b	-0.20 ± 0.01a

STC: Salchicha de Tilapia libres de nitritos control. ST 2.5%: Salchichas de tilapia libres de nitritos con 2.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 5%: Salchichas de Tilapia con 5% de inflorescencias de tepejilote. ST 7.5%: Salchichas de Tilapia con 7.5% de inflorescencias de tepejilote. ST 10%: Salchichas de Tilapia con 10% de inflorescencias de tepejilote ST 12.5%: Salchichas de tilapia con 12.5% de inflorescencias de tepejilote. Letras minúsculas en la misma columna indican diferencia mínima significativa (p<0.05).

Las salchichas de Tilapia mostraron mayor dureza y masticabilidad a medida que se incrementaba la concentración del polvo de inflorescencia de tepejilote respecto a la muestra control (STC), estas diferencias pueden deberse a la adición de polvo de tepejilote, especialmente por su contenido de fibra dietaria, se ha

informado que la adición de FD aumenta la dureza en salchichas, debido a la asociación de las partículas de fibra añadidas a la matriz proteica que fortalece la unión durante la cocción, entre otros factores como un bajo contenido de humedad y grasas [Viuda-Martos y col. 2010]. No hubo diferencia ($p>0.05$) entre la cohesión y elasticidad de las salchichas, mientras que en la gomosidad se observaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre las muestras de salchichas, siendo la muestra ST10% requiere mayor energía (11.87 N) para desintegrar el alimento en la boca en comparación con la muestra control (4.89 N). En cuanto a la masticabilidad se obtuvieron los mayores valores en salchichas con 10 y 12.5 % de polvo de tepejilote, lo cual está relacionado con la dureza, cohesión y elasticidad, indicando que se necesita más trabajo para desintegrar el alimento.

Color de las salchichas de Tilapia tipo Viena adicionadas con inflorescencias de tepejilote.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos del análisis de color en salchichas de Tilapia tipo Viena libre de nitritos.

Tabla 4. Resultados del análisis de color de las salchichas de Tilapia libres de nitritos adicionadas con diferentes concentraciones de polvo de inflorescencias de tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*).

Muestras	*L**	*a**	*b**	C*	°H
STC	46.89 ± 2.10b	24.25 ± 0.28c	41.36 ± 0.29ab	47.94 ± 0.13b	59.29 ± 0.15a
ST 2.5%	49.92 ± 2.78b	23.51 ± 0.96c	38.95 ± 0.36c	45.74 ± 0.56c	58.16 ± 0.15bc
ST 5%	49.997 ± 0.89b	24.52 ± 0.28bc	40.33 ± 0.39bc	47.45 ± 0.27b	58.57 ± 0.36ab
ST 7.5%	54.68 ± 1.12a	24.55 ± 0.2bc	39.80 ± 1.01c	45.85 ± 0.37c	57.59 ± 0.07c
ST 10%	54.7 ± 0.55a	26.19 ± 0.14a	40.35 ± 0.25bc	47.81 ± 0.67b	57.57 ± 0.56c
ST 12.5%	55.34 ± 0.02a	25.75 ± 0.4ab	42.18 ± 0.57a	51.23 ± 0.30a	59.17 ± 0.04a

STC: Salchicha de Tilapia libres de nitritos control. **ST 2.5%:** Salchichas de tilapia libres de nitritos con 2.5% de inflorescencias de tepejilote. **ST 5%:** Salchichas de Tilapia con 5% de inflorescencias de tepejilote. **ST 7.5%:** Salchichas de Tilapia con 7.5% de inflorescencias de tepejilote. **ST 10%:** Salchichas de Tilapia libre de nitritos con 10% de inflorescencias de tepejilote.**ST 12.5%:** Salchichas de tilapia libres de nitritos con 12.5% de inflorescencias de tepejilote. Letras minúsculas en la misma columna indican diferencia mínima significativa ($p<0.05$).

La muestra (STC) registró los valores más bajos ($P<0.05$) de *L* * y *a**. Los valores de *L** en las muestras de salchichas de Tilapia con polvo de tepejilote eran de color más claro a medida que se incrementaba el porcentaje de polvo de tepejilote, valores que se encuentran en intervalos para salchichas comerciales (58.46-60.). Con respecto a los valores de *a** de las salchichas fueron positivos y aumentaron a medida que el porcentaje se incrementaba, donde las salchichas con 10 y 12.5 % presentaron valores similares a lo reportado por Reyes-Urbano y col. [2018] para salchichas de Tilapia con inflorescencias frescas de tepejilote, pero superiores para salchichas comerciales. En cuanto al parámetro *b**, todas las salchichas presentaron diferencias ($p<0.05$), pero en comparación con las salchichas comerciales (11.45-12.33) presentaron valores superiores, debido al pigmento de Annato. Ruiz-Capillas y col. [2016], reportaron menores valores de *a** y *b** para salchichas asiáticas utilizando el Annato obtuvieron salchichas con tonalidades amarillentas, ese efecto está asociado a la concentración y el tipo de pigmentos, el contenido y tipo de fibra, el tipo de carne y contenido de agua. Los valores de croma (C*) se observa que al adicionar el polvo de inflorescencias de tepejilote el color se indica que el color es más puro en comparación con la muestra control. Con respecto al °H, se obtuvieron los mayores valores en concentraciones de 12.5% de polvo de inflorescencias de tepejilote, presentando salchichas con tonalidades rojo-anaranjado.

Trabajo a futuro

Este trabajo se continuará con un análisis microbiológico antes y durante su almacenamiento, para conocer la inocuidad las salchichas. También se puede realizar una evaluación sensorial para tener conocimiento de la aceptación por parte del consumidor al utilizar una fuente cárnica no convencional.

Conclusiones

Se desarrollaron salchichas de Tilapia libres de nitritos con diferentes concentraciones de inclusión de polvo de inflorescencias de tepejilote con una composición nutrimental mejorada en comparación con salchichas comerciales, sin afectar las características físicas excepto los parámetros de color. Este trabajo demostró que el polvo de inflorescencias de tepejilote representa un nuevo ingrediente alternativo para la formulación de salchichas con valor agregado con valor nutritivo potenciado pero conservando las propiedades físicas características de estos productos cárnicos embutidos para consumo popular.

Referencias

1. Vivar-Vera, M.A., Pérez-Silva, A., Ruiz-López I.I., Hernández-Cázares, A. S., Solano-Barrera, S., Ruiz-Espinosa., Bernardino-Nicanor, A., González-Cruz, L. (2018). Chemical, physical and sensory properties of Vienna sausages formulated with a starfruit dietary fiber concentrate. Journal of Food Science and Technology. 55(8):3303-3313.

2. Morales-Fernández, A. J; Vivar-Vera, G., Cortés-Cid, L. A.; Paz-Gamboa, E.; **Vivar-Vera, M.A.*** (2018). Evaluación química y microestructural de inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote* tratadas por diferentes métodos térmicos. Journal CIM-Revista Electrónica Arbitrada. 6(1):1154-1161.

3. Reyes-Urbano, X. Q., Hernández-Cázares, A. S., López-González, R., Chávez-Zepeda, L.P., **Vivar-Vera, M.A.*** (2018). Evaluación física de salchichas formuladas con inflorescencias de *Chamaedorea tepejilote*. Journal CIM-. 6(1):1474-1481

4. Raddatz-Mota, D., Pérez-Flores, L. J., Carrari, F., Mendoza-Espinoza, J. A., de León-Sánchez, F. D., Pinzón-López, L. L., & Rivera-Cabrera, F. (2017). Achiote (Bixa orellana L.): a natural source of pigment and vitamin E. Journal of food science and technology, 54(6), 1729-1741.

5. Mehta, N., Ahlawat, S. S., Sharma, D. P., & Dabur, R. S. (2015). Novel trends in development of dietary fiber rich meat products—a critical review. Journal of food science and technology, 52(2), 633-647.

6. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2005). In: Horwitz W, Latimer GW (eds) Official methods of analysis, 18th edn. AOAC International, Gathersburg

7. American Association of Cereal Chemist (AACC) International (2009) Approved methods of analysis, 11th edn. Method 32-07.01. Soluble, insoluble, and total dietary fiber in foods and food products (final approval 10-16-91). AACC International Press, St. Paul.

8. NMX-F-065-1984. ALIMENTOS. Salchichas. Especificaciones. Foods. Sausage. Specifications. Normas Mexicanas. Dirección general de normas. Prefacio.

9. Zapata, J. I. H., & Pava, G. C. R. D. L. (2018). Physicochemical analysis of frankfurter type sausages made with red tilapia fillet waste (Oreochromis sp) and quinoa flour (*Chenopodium quinoa W.).* Brazilian Journal of Food Technology, 21.

10. Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA (2010). Effect of adding citrus fiber washing water and rosemary essential oil on the quality characteristics of a bologna sausage. LWT Food Sci Technol 43:958–963.

11. Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M., Tahmouzi, S., Razavi, S. H., Triki, M., Rodriguez-Salas, L., & Jiménez-Colmenero, F. (2016). Properties of reformulated hot dog sausage without added nitrites during chilled storage. Food Science and Technology International, 22(1), 21-30.

12. Li Y.O., Komarek A.R. (2017). Dietary fiber basics: health, nutrition, analysis, and applications. Food Quality and Safety 1(1):47–59.

Aprovechamiento del jugo de pitaya *(Stenocereus stellatus)* en una bebida láctea probiotica de pitaya

E. Paz-Gamboa [a], D. Aurelio-Hernández [a],M.A Vivar-Vera [a], A. PérezSilva [a] C.E. Martínez Sánchez [a].
[a] Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Tecnológico Nacional de México/I.T. Tuxtepec.
Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n. Col 5 de Mayo. C.P. 68350. Tuxtepec, Oaxaca, México.
*ernestina_paz@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen.

Se utilizó un diseño factorial 2^k (k=3) cuyos factores fueron: el tipo de leche (Comercial y Bronca), la proporción jugo: leche (1:2 y 1:4), y la concentración de *Lactobacillus reuteri* (2.5 y 3.75 %), que se incubaron en anaerobiosis a 37 ºC/4h. Se evaluó en las bebidas elaboradas: propiedades de índice de calidad (pH, acidez, sinéresis, °Bx), viabilidad de probiótico, color y químico proximal, previo análisis fisicoquímico y químico proximal de la pulpa de pitaya. Se encontró que la utilización de leche bronca incrementó el contenido de grasa y proteínas en las bebidas (grasa:1.35% y proteína: 4.75 %), favoreció la viabilidad de *L. reuteri* (9.22 log UFC/mL) a 21 d de almacenamiento sin embargo se encontró mayor porcentaje de sinéresis, la bebida más aceptadas fueron las elaboradas con 1:2 y 1:4 de Jugo:leche comercial y 2.5 % de *L. reuteri*, y la elaborada con 1:4 jugo:leche bronca y 3.75% de *L. reuteri*.

***Palabras clave**: Lactobacillus reuteri, pitaya, leche bronca.*

Abstract

A 2^k factorial design (k = 3) was used the factors were: the type of milk (Commercial and raw milk), the juice: milk ratio (1: 2 and 1: 4), and the concentration of Lactobacillus reuteri (2.5 and 3.75 %), which were incubated in anaerobiosis at 37 °C / 4h. It was evaluated the processed beverages in: quality index properties (pH, acidity, syneresis, ° Bx), viability of probiotic, color and proximal chemical, prior physicochemical and chemical analysis proximal of the pitaya pulp. It was found that the use of raw milk increased the fat and protein content in beverages (fat: 1.35% and protein: 4.75%), favored the viability of L. reuteri (9.22 log CFU / mL) at 21 d of storage. However, a higher percentage of syneresis was found, the most accepted drinks were those made with 1: 2 and 1: 4 of Juice: commercial milk and 2.5% of L. reuteri, and the one made with 1: 4 juice: raw milk and 3.75% of L. reuteri.

***Key words**: Lactobacillus reuteri, pitaya, raw milk.*

Introducción.

En la actualidad los consumidores están cada vez más consciente de la relación existente entre la dieta y la salud, lo que ha impulsado el desarrollo y comercialización de alimentos funcionales es decir alimentos que contienen componentes biológicamente activos que ofrecen beneficios para la salud y/o reducen el riesgo de sufrir enfermedades, dependiendo de los componentes bioactivos que contienen. La funcionalidad en los alimentos es inherente o puede incorporarse a través de diversos medios como fortificación, enriquecimiento, alteración y mejora, por lo que la inclusión de bacterias probioticas, carbohidratos prebióticos y otras fuentes de fibra soluble, ácidos grasos omega-3 entre otros, es cada vez más frecuente [Santillán y col., 2014], dentro de los alimentos funcionales desarrollados se encuentran las leches fermentadas (LF) que dominan el mercado comercial, las cuales contienen varios componentes que promueven la salud, incluidas las bacterias beneficiosas y sus metabolitos, péptidos bioactivos y otras moléculas funcionales derivadas durante la fermentación [Britton, 2017]. La tendencia actual es complementar los cultivos iniciadores con probióticos para mejorar el potencial terapéutico de las LF. Dentro de los beneficios para la salud que los probióticos ejercen pueden ser la mejora de la inmunidad, la reducción del colesterol, la regulación de la presión arterial, efectos antidiabéticos, alivio de la intolerancia a la lactosa y estreñimiento, el futuro de los alimentos fermentados funcionales parece ser muy prometedor [Gianetti y Barreto, 2006]. Las bacterias

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

probióticas utilizadas en alimentos deben ser capaces de sobrevivir al paso por el aparato digestivo y proliferar en el intestino, son bacterias gram positivas que exhiben varios efectos que promueven la salud, incluidos los anticancerigenos y antioxidantes. Estos microorganismos también ayudan a mantener el equilibrio de la microbiota y en la inmunorregulación. Muchas especies de *Lactobacillus* son generalmente reconocidas como seguras y de calidad alimentaria. Los lactobacilos han sido utilizados en la fermentación de productos lácteos [Ramírez y col. 2011] como es el caso de *Lactobacillus reuteri* reside en el tracto gastrointestinal de los seres humanos, así como en cerdos, aves de corral y otros animales. Se ha demostrado que determinadas cepas de *Lactobacillus reuteri* intervienen en la prevención y/o tratamiento de distintas patologías, como son los trastornos funcionales digestivos, distintos tipos de diarrea, enfermedad inflamatoria intestinal, infección por *Helicobacter pylori* o frente al cólico del lactante [Britton, 2017]. Existe la tendencia de elaborar bebidas lácteas probióticas adicionadas con jugos de frutas poco convencionales tales como la pitaya, que es una fruta que pertenece a la familia Cactaceae. Es un cultivo de suma importancia para los habitantes de las zonas semiáridas de México, principalmente por su valor nutritivo, terapéutico y decorativo. El cactus columnar que produce esta fruta, llamado pitaya, del género *Stenocereus* sus especies tales como *S. pruinosus, S. stellatus y S. queretaroensis*, son las más cultivadas en México. *S. stellatus*, conocida en México como pitaya de agosto o xoconostleo contiene flavonas, una clase de compuestos fenólicos que no se ha reportado peviamente en las frutas de cactus, demostando la enorme riqueza de fitoquímicos que posee este género y que podría explotarse en beneficio de la slud humana [García-Cruz y col. 2017]. Debido a sus bajos requerimientos de agua y al buen uso de los recursos naturales (*Stenocereus stellatus*) se puede encontrar en Morelos, Puebla y Oaxaca, sin embargo es una fruta altamente perecedera por su elevado contenido de humedad, que llega a representar pérdidas económicas a los productores de este fruto en el Municipio de Totoltepec de Guerrero, Puebla. Por otra parte en la región de la Cuenca del Papaloapan principalmente en la comunidad de Mixtan, Loma Bonita, Oaxaca, existen productores de leche que están aplicando tecnología en la producción lechera para generar leche de buena calidad, pero el costo que reciben por cada litro de leche es mínimo. Por ello considerando evitar la pérdida de materia prima y disminuir las pérdidas económicas de los productores es que surge esta investigación cuyo objetivo fue elaborar una bebida láctea funcional con jugo de pitaya (*Stenocereus stellatus*) adicionada con *Lactobacillus reuteri* y evaluar sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Con los resultados obtenidos se espera beneficiar tanto a los consumidores mediante el aporte de una bebida funcional y a los productores para disminuir sus pérdidas postcosecha y pérdidas económicas.

Metodología.

Materiales. La pitaya, (S*tenocereus stellatus*) se obtuvo de la comunidad de Totoltepec de Guerrero, Puebla en la temporada de agosto. La leche de vaca se obtuvo del rancho Chescris ubicado en el ejido Mixtlan del Municipio de Loma Bonita Oaxaca. Leche ultrapasteurizada descremada de una marca comercial conocida. Como bacteria probiotica se utilizó la cepa de *Lactobacillus reuteri* NRRL 14171 donada por la UNIDA (Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos) del Instituto Tecnológico de Veracruz. Se seleccionaron frutas que contenían aproximadamante 10 °Bx. Se lavaron con una solución clorada al 1%, se despulparon, la pulpa se empacó al vacío y se escaldó a 70 °C a 15 lb de presión, posteriormente las bolsas fueron almacenadas a – 18°C. La obtención de jugo de pitaya, se realizó mediante un proceso de licuado durante 2 min. y filtrado utilizando pañalina malla 80 (≈ 0.1 mm), se pasteurizó (63°C/30 min) en frascos ámbar de 10 mL esterilizados. La leche se recolectó en bidones de plástico con capacidad de 15 L., se descremó utilizando un desnatadora marca SEPARTOR (Motor-shic100) y se ajustó el contenido de grasa al 1.5% y se pasteurizó a 63°C/ 30 min.

Activación y propagación del *Lactobacillus reuteri.*
Se realizó siguiendo la metodología descrita por Rodriguez.,[2016] usando el medio de cultivo MRS y temperatura de incubación de 37 °C en condiciones anaeróbicas, para la activación, se utilizaron tiempos (12,10 y 8 h) y para la propagación (16 h). La obtención del paquete celular se realizó mediante centrifugación a 3500 rpm por 15 minutos a 4°C, utilizando una centrifuga refrigerada marca ROTINA 380R, el sedimento obtenido se lavó dos veces usando una solución reguladora de fosfatos. El paquete celular obtenido se almacenó a temperatura de refrigeración por un periodo máximo de 7 días.
Elaboración y Caracterización de la bebida láctea.
Se utilizó un diseño factorial 2k (k=3) cuyos factores fueron: el tipo de leche (Comercial y Bronca), la proporción jugo: leche (1:2 y 1:4), y la concentración de *Lactobacillus reuteri* (2.5 y 3.75 %), obteniéndose 4 tratamientos con jugo-leche comercial y % *L. reuteri*: A1 (1:2, 2.5%), A2 (1:2, 3.75%), A3 (1:4, 2.5%), A4 (1:4, 3.75%) y otros cuatro con

leche bronca, e incubadas en anaerobiosis a 37 ºC /4h, hasta alcanzar un pH de 4.30. las bebidas fueron almacenadas en refrigeración (4 °C) para su análisis de índice de calidad (pH, acidez, sinéresis, °Bx), fisicoquímico y microbiológico durante 0, 7, 14 y 21 d.

Caracterización de la materia prima y de la bebida.
Se realizaron análisis fisicoquímicos y químicos proximales tanto a la pitaya como al jugo del fruto, el contenido de humedad, cenizas, proteínas, grasa fueron determinados gravimetricamente por los métodos 934.01 y 945.46, el contenido de proteínas por el método Kjeldahl según el método 991.2 (AOAC 2002). Se determinaron en las bebidas las propiedades de índice de calidad (pH, acidez, sinéresis, °Bx), químico proximal, color y viabilidad del probiótico.

Viabilidad de *Lactobacillus reuteri*
Se evaluó la viabilidad del *Lactobacillus reuteri* a las bebidas obtenidas siguiendo el método descrito por Rodríguez [2016], se utilizaron 3 mL de las bebidas y se mezclaron con 3 mL de solución buffer de fosfato (pH 7) utilizando una barra magnética por 5 min a 420 rpm, de la mezcla obtenida se tomaron alícuotas de 1 mL y se diluyeron en agua peptonada haciendo diluciones seriadas del 1 a 9 , de las diluciones 7, 8 y 9 se tomó 1 mL y se inoculó en medio agar MRS por la técnica de vertido en placa. Las muestras fueron incubadas a 37 °C por 48 h en condiciones de anaerobiosis.

Evaluación sensorial.
Se realizó una evaluación sensorial a 50 personas de ambos sexos y con edades de entre 18 y 55 años, se solicitó que evaluaran aquellas personas que aostumbraban consumir bebidas lácteas. En una escala hedónica no estructurada cuyos extremos fueron me disgusta muchísimo a me gusta muchísimo se evalúo la aceptación de la bebidas, así como la persepción en cuanto a viscosidad, arenosidad, sabor ácido, sabor dulce y olor acido.

Resultados y discusión.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 1, se encontró que la pulpa de pitaya escaldada utilizada en las bebidas presentó un 0.4 % de acidez, 4.03 de pH y 9.8 °Bx. En relación a la composción proximal se obtuvo que el contenido de humedad fue de 87% valor muy similar al obtenido por Balderas y col. [2016] quienes trabajaron con *Stenocereus pruinosus* y obtuvieron 87.64%. El contenido de grasa obtenido fue de 0.66%, cenizas 0.43%, carbohidratos 10.48% y proteínas 1.43%, Chuck y col. [2016] obtuvieron 1.0% de proteínas utilizando la misma variedad de pitaya (*Stenocereus stellatus).*

Tabla 1. Análisis químico y fisicoquímico de la pulpa de pitaya *(Stenecereus stellatus)* escaldada.

Análisis	Valores	
	(b. h.)	(b. s.)
Humedad%	87 ± 0.02	----
Cenizas%	0.43 ± 0.03	3.30 ± 0.07
Grasas %	0.66 ± 0.12	5.07 ± 0.14
Proteínas %	1.43 ± 0.36	11.0 ± 0.58
Carbohidratos %	10.48 ± 0.21	80.0 ± 0.24
Acidez (% ácido cítrico)	0.40 ± 0.06	
pH	4.03 ± 0.15	
Solidos solubles (ºBrix)	9.8 ± 0.14	

Los resultados reportados son los promedios ± desviación estándar de muestras analizadas por triplicado ± desviación estándar (p≤0.05). Carbohidratos *se determinó por diferencia, **muestra liofilizada. b. h.=base húmeda y b. s.=base seca.

No se encontró diferencia significativa en el pH de los diferentes tratamientos en el dia 1 como se puede observar en la Tabla 2, se obtuvieron valores de pH inicial entre 4.30-4.33 en muestras elaboradas con leche comercial, mientras que en muestras elaboradas con leche bronca, valores iniciales entre 4.33-4.36, sin embargo se obtienen diferencias significativas para cada uno de los tratamientos, a partir del día 7 de almacenamiento en relación al día 1, esto se

 ISSN 2007-8102

debe al metabolismo propio de la bacteria lo que indica una actividad metabólica débil del probiótico a 4ºC [Champagne y col., 2008], sin embargo Almeida y col. [2001] obtuvieron un pH de 4.63, en una bebida fermentada elaborada con suero de leche, el autor menciona que las bebidas fermentadas deberían presentar valores cercanos a este pH, en esta investigación se alcanzaron valores inferiores a los encontrados por Almeida y col [2001] después de un periodo de 7 y 14 d de almacenamiento, el pH disminuyó entre 3.64-3.53 en las bebidas con leche comercial y entre 3.74-3.53 con leche bronca, esto puede deberse posiblemente a que la carga negativa de la caseína aumenta, debido a la disociación de los iones de calcio de las micelas de caseína [Walstra y col. 2005].

Tabla 2. Efecto de la concentación de *L. reuteri* y proporiones de jugo de pitaya-leche sobre el pH en las bebidas elaboradas con leche comercial y leche bronca pasteurizada

Determinaciones		Dias de Almacenamiento			
		D1	D7	D14	D21
		LECHE COMERCIAL			
pH	A1	4.30±0.00 a A	3.64±0.02 b B	3.60±0.02 b B	3.52±0.02 b C
	A2	4.33±0.04 a A	3.66±0.01 b B	3.61±0.11 b B	3.50±0.03 b C
	A3	4.31±0.01 a A	3.80±0.02 a B	3.85±0.02 a B	3.72±0.03 a C
	A4	4.31±0.01 a A	3.82±0.06 a B	3.73±0.07 a C	3.73±0.03 a C
		LECHE BRONCA			
	A1	4.34±0.22 a A	3.74±0.05 c B	3.60±0.05 c C	3.53±0.04 a D
	A2	4.36±0.08 a A	3.79±0.15 c C	3.90±0.01 a B	3.50±0.13 a D
	A3	4.33±0.11 a A	3.83±0.03 b B	3.51±0.01 d C	3.45±0.60 b D

Letras minúsculas representan diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Letras mayúsculas representan diferencias conforme el tiempo para cada tratamiento. A1 (1:2, 2.5%), A2 (1:2, 3.75%), A3 (1:4, 2.5%), A4 (1:4, 3.75%).

En relación al comportamieno de la acidez en los tratamientos elaborados con leche comercial (Tabla 3), se obtuvo valores iniciales de 0.54-0.50, a partir del día 7 los tratamientos fueron significativamente diferentes en relación al timpo inicial, observándose una marcada disminución de la acidez., esto puede ser atribuido las condiciones de temperatura a la cual es sometida la leche comercial y a que la caída de pH parcialmente contraresta la insolubilizacion de $Ca2^{+}$ y fosfato (Walstra, 2005), favoreciendo que la sal del acido láctico producido interacione con los iones de calcio, lo que genera el decremento de la acidez. Mientras que los valores de las muestras con leche bronca mostraron diferencias significativas entre tratamientos a partir del día 1 y conforme al tiempo fueron incrementando su nivel de ácido láctico, esto puede atribuirse a la acción de las bacterias ácido lácticas (BAL) al fermentar los azúcares presentes en el medio, ocasionando la acidificación del producto, su conservación y sabores característicos. Por esto, al haber mayor presencia de BAL, se espera un aumento del contenido de acidez (Castillo,. 2016). Leite et al., (2013) demostraron valores de 0.16% gr de acido lactico valores aproximados a 0.3% mas altos comparados con los de este trabajo esto debido a que ellos elaboraron una bebida lactea con lactosuero.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Efecto de la concentación de *L. reutei* y propociones de jugo de pitaya-leche sobre la acidez en las bebidas elaboradas con leche comercial y leche bronca pasteurizada

Determinaciones	Muestras	Días de almacenamiento			
		D1	D7	D14	D21
ACIDEZ (%)		LECHE COMERCIAL			
	A1	0.50±0.02 a A	0.28±0.02 a B	0.28±0.00 a B	0.25±0.00 a B
	A2	0.53± 0.01 a A	0.27±0.01 a C	0.34±0.02 a B	0.30±0.02 a B
	A3	0.54±0.01 a A	0.24±0.03 a B	0.27±0.02 a B	0.20±0.01 a B
	A4	0.54±0.2 a A	0.26±0.01 a C	0.38±0.03 a B	0.31±0.01 a B
		LECHE BRONCA			
	A1	0.75±0.07 c D	2.7±0.00 c C	3.40±0.00 c B	4.10±0.00 c A
	A2	0.85±0.07 c C	3.05±0.07 b B	3.95±0.07 c B	4.25±0.07 c A
	A3	0.93±0.07 b D	3.90±0.00 a C	4.24±0.07 b B	5.00±0.07 b A
	A4	1.00±0.01 a C	4.15±0.07 a C	5.00±0.00 a B	6.75±0.07 a A

Letras minúsculas son la diferencia significativa (P < 0.05) entre tratamientos. Las letras mayúsculas representan diferencias conforme el tiempo para cada tratamiento. (P < 0.05) A1 (1:2, 2.5%), A2 (1:2, 3.75%), A3 (1:4, 2.5%), A4 (1:4, 3.75%).

En las figuras 1 y 2 se observa el comportamiento del porcentaje de sinéresis de las bebidas, se encontró que las bebidas con leche comercial muestran porcentajes de sinéresis iniciales de 42% y 54% y las bebidas con mayor cantidad de leche de 54% en ambas formulaciones, llegando a obtener en 21 d valores de 63% A1, 69% A2, 70% A3, 72% A4, estas últimas por efecto de mayor cantidad de leche en la formulación y por consiguiente mayor contenido de humedad, independientemente de la concentración de *L. reuteri* adicionado, en la muestras con leche bronca se observan diferencias conforme al tiempo desde 1 d, dando porcentajes iniciales de sinéresis entre 44% y 58%, se observa que A4 fue la muestra con mayor sinéresis en 21 d, debido a que fue la que presentó mayor acidez dando por consiguiente que a mayor acidez mayor porcentaje de sinéresis, Torres (2017) mostró resultados de 73,24%, aproximadamente menos del 11% de sinéresis comparados con A4 a 21 d, este incremento en la liberación de agua contenida en el gel se puede atribuir a la pérdida espontánea de la capacidad de retención de agua. El incremento de la sinéresis durante el almacenamiento se atribuye a la caida de pH entre los tratamientos, al jugo adicionado y a la desestabilización de las proteínas provocada por el decremento del pH. (Walstra, 2005)

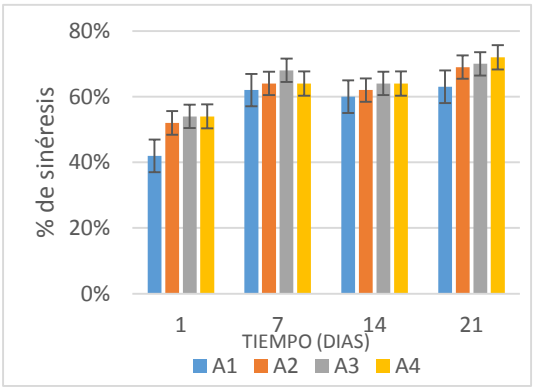


Figura 1. Porcentaje de Sinéresis en bebidas con leche comercial.

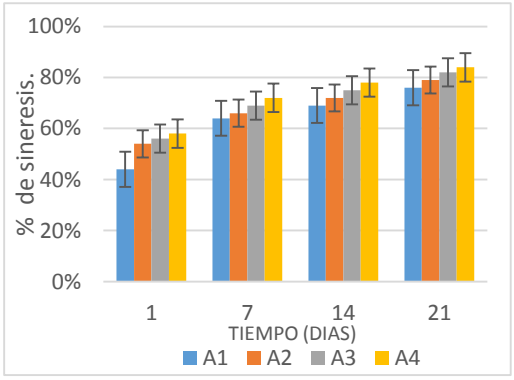


Figura 2. Porcentaje de Sinéreis en bebidas con leche bronca.

En la tabla 4 se observa que el contenido de grasa, proteína y humedad fue significativamente diferente en cuanto a la proporción de leche de los tratamietos elaborados, esto es a mayor proporción de leche utilizada se incrementa el contenido de estos componentes independientemente del tipo de leche, sin embargo con leche bronca el porcentaje de grasa y proteína se vió favorecido incrementando aún más (grasa:1.30-1.35 %; proteína: 4.30-4.75 %). Se puede observar que las bebidas elaboradas con leche comercial presentaron mayor contenido de humedad en comparación con las bebidas elaboradas con leche bronca. El contenido de cenizas se incrementó en las bebidas con leche comercial, esto puede deberse a que este tipo de leches son enriquecidas con minerales, similarmente al contenido de carbohidratos fue mayor en leches comerciales pero que no necesariamente puede ser lactosa.

Tabla 4. Resultados del análisis químico proximal de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Grasas (B.H.)	Proteínas (B.H.)	Humedad (B.H.)	Cenizas (B.H.)	Carbohidratos (B.S.)
LECHE COMERCIAL					
A1	0.45±0.07 b	2.67±0.00 b	91.58±0.07 c	0.65±0.007 b	72.71±0.00 a
A2	0.30±0.00 b	2.98±0.14 ab	91.68±0.05 c	0.77±0.007 b	70.5±0.08 b
A3	0.65±0.07 a	3.34±0.21 a	92.03±0.00 b	0.85±0.00 a	59.4±0.15 c
A4	0.60±0.00a	3.49±0.00 a	92.29±0.04 a	0.89±0.007 a	54±0.03 d
LECHE BRONCA					
A1	1.05±0.07 b	3.42±0.10 d	86.15±0.46 b	0.64±0.00 a	63.1±0.27 a
A2	1.0±0.07 b	3.51±0.02 c	86.27±0.45 b	0.58±0.00 b	63.1±0.00 a
A3	1.35±0.07 a	4.30±0.32 b	88.12±1.18 a	0.50±0.007 b	48.2±0.17 b
A4	1.30±0.00 a	4.75±.18 a	89.19±0.26 a	0.47±0.01 c	39.69±0.00 c

Letras minúsculas son la diferencia significativa (P < 0.05) entre los tratamientos. A1 (1:2, 2.5%), A2 (1:2, 3.75%), A3 (1:4, 2.5%), A4 (1:4, 3.75%). (B.H.) base húmeda, (B.S.) base seca.

En la tabla 5 se puede observar que los tratamientos con leche comercial obtuvieron valores iniciales de 2.15-2.80 log UFC/mL, observando diferencias significativas desde el día 1, favoreciendose la viabilidad durante el almacenamiento en tratamientos elborados con leche bronca, donde hubo una correlación entre la estabilidad durante el almacenamiento en la bebida y la capacidad de las cepas para crecer, dando inicialmente 8.10-8.37 log UFC/mL, de acuerdo con los resultados que se obtuvieron se observan diferencias significativas conforme al tiempo al igual entre tratamientos, la bebida con mayor crecimiento fue A4 (9.22 log UFC/mL) en 21 d, esto puede deberse a que los nutrientes que contiene aun naturalmente la leche bronca hace que se favorezca el crecimiento aunado a que este tratamiento contiene mayor proporciónón de leche. Champagne (2008) demostró valores superiores de 10^7 UFC/mL de *Lactobacillus reuteri*, en muestras de jugo de frutas.

Tabla 5. Viabilidad de *Lactobacillus reuteri* (log UFC/mL) de los dos diferentes tratamientos.

Determinaciones	Tratamientos	Días de almacenamiento.			
		D1	D7	D14	D21
Viabilidad	**LECHE COMERCIAL**				
	A1	2.15±0.07 d C	3.05±0.07 d B	3.00±0.00 d B	3.30±0.00 d A
	A2	2.70±0.14 c C	3.15±0.00 c A	3.25±0.07 c B	3.35±0.07 c A
	A3	2.75±0.00 b D	3.20±0.14 b C	3.35±0.21 b B	3.50±0.14 b A
	A4	2.80±0.14 a D	3.40±0.07 a B	3.52±0.07 a C	3.60±0.00 a A
	LECHE BRONCA				
	A1	8.10±0.04 b D	8.45±0.00 c C	8.73±0.05 b B	8.92±0.26 b A
	A2	8.12±0.09 b D	8.66±0.03 b C	8.70±0.00 b B	8.93±0.07 b A
	A3	8.19±0.02 b C	8.36±0.02 d B	8.75±0.00 b B	9.01±0.00 a A
	A4	8.37±0.00 a D	8.95±0.00 a C	9.00±0.00 a B	9.22±0.00 a A

Letras minúsculas son la diferencia significativa a (P < 0.05) entre los tratamientos. Las letras mayúsculas representan diferencias conforme el tiempo para cada tratamiento. A1 (1:2, 2.5%), A2 (1:2, 3.75%), A3 (1:4, 2.5%), A4 (1:4, 3.75%).

 ISSN 2007-8102

De acuerdo a los tratamientos seleccionados se puede observar (Tabla 6) que la muestra con mayor luminosidad en los tratamientos fue A3 (52.87) el aumento puede deberse a que posee menor porcentaje de *L. reuteri* pero mayor proporción de leche bronca, por lo que la matriz del gel después del la fermentación durante el período de almacenamiento favorece la dispersión de la luz según Akin et al.(2017). Con respecto a a* el tratamiento A1 obtuvo valores positivos (34%) por lo que el tratamiento se inclina a un color rojo debido al fruto utilizado. Los valores de b* en los tres tratamientos seleccionados obtuvieron valores negativos dando colores azul-amarillo siendo A1 el tratamiento con mayor valor.

Tabla 6. Resultados de color de los tratamientos seleccionados.

Determinación.	Tratamientos	L	a*	b*
COLOR	Leche comercial			
	A1	45.53±0.07 b	34.00±0.40 a	-10.96±0.07 a
	A3	52.87±0.44 a	29.89±0.02 b	-8.03±0.36 c
	Leche bronca			
	A4	48.00±0.35 a	28.49±0.23 c	-9.64±0.72 b

Las letras minúsculas son la diferencia significativa a (P < 0.05) entre los parámetros. A1 (1:2, 2.5%), A3 (1:4, 2.5%), A4 (1:4, 3.75%).

De acuerdo a la evaluación dirigida al consumidor (Figura 3) se encontró que las bebidas mas aceptadas fueron la A1 y A3 elaboradas con leche comercial y de las elaboradas con leche bronca fue la A4. Esto es que de acuerdo a la percepción de los consumidores, para elaborar bebidas a partir de leche comercial es conveniente utilizar 2.5 % de *Lactobacillus reuteri* independientemente de la proporción uilizada de leche, dado que en ambos casos fueron mayormente aceptadas las bebidas, sin embargo cuando se utiliza leche bronca es conveniente utilizar 3.75 % de *Lactobacillus reuteri* y mayor proporción de leche, esto se atribuye a que por composción la leche bronca resultó ser de mayor calidad , por que que es requerido mayor cantiad de inóculo para degradar los componentes de la misma. Cabe hacer mención que la aceptaación entre los consumidores fue basada en el dulzor el sabor ácido y la baja arenosidad y viscosidad detectada en las bebidas.



Figura 3 Resultados de la prueba de aceptación dirigida al consumidor de las bebidas elaboradas.

Conclusiones

La utilización de leche bronca incrementó el contenido de grasa y proteínas en bebidas con mayor proporción de leche, favoreció la viabilidad de *L. reuteri* durante 21 d de almacenamiento sin embargo provocó mayor porcentaje de sinéresis. El jugo de pitaya puede ser una alternativa de sabor en leches fermentadas. La bebida más aceptadas fueron las elaboradas con 1:2 y 1:4 de Jugo:leche comercial y 2.5 % de *L. reuteri*, y la elaborada con 1:4 jugo:leche bronca y 3.75% de *L. reuteri.*

Agradecimientos.
Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto.

Referencias.
1. Akin, Z., Ozcan T. [2017]. Functional properties of fermented milk produced with plant proteins. *Food Science and Technology*. V 89. p. 25-30
2. Almeida, K. E. D., Bonassi, I. A., y Roça, R. D. O. [2001]. Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. *FoodScience and Technology (Campinas)*, 187-192.
3. Britton-R.A. [2017]. The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology. Pages 89-97.
4. Champagne, C. P.,y Gardner, N. J. [2008]. Effect of storage in a fruit drink on subsequent survival of probiotic lactobacilli to gastro-intestinal stresses. Food Research International, 41(5), 539-543.
5. García-Cruz, L., Dueñas, M., Santos-Buelgas, C., Valle-Guadarrama, S., Salinas-Moreno, Y. [2017]. Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya (*Stenocereus spp)* fruit from two species (*S. pruinosus y S. stellatus*). Food Chemestry, 234, 111-118.
6. Gianetti-Thamer, K., Barretto-Penna, A. N., [2006]. Caracterização de bebidas lácteas funcionales fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. *Ciênc. Tecnol. Aliment Campinas*,26(3) pag 589-595
7. Leite Gomes, J. J., Moraes Duarte, A., Malveira Batista A. S., Feitosa de Figueiredo, R. M., Piancó de Sousa, E., Leite de Souza E., Ramos do Egypto Queiroga, R. C. [2013]. Physicochemical and sensory properties of fermented dairy beverages made with goat's milk, cow's milk and a mixture of the two milks. Food Science and Technology 5, 18-24.
8. Parra-Huertas, R. A. [2012]. Evaluación fisicoquímica, proximal y sensorial de una bebida láctea fermentada con concentrado de rubas (*Ullucus tuberosus*). Vitae, 9(1), S225-S227.
9. Ramírez, J.C., Rosas Ulloa, P.R., Velázquez González, M.Y., Ulloa, J.A., Arce Romero, F. [2011]. Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Revista Fuente Año 2, No. 7, abril-junio. ISSN 2007 – 0713.
10. Rodríguez, K. [2016]. "Encapsulación de *L. reuteri* y un concentrado de fibra dietaria de bagazo de carambola en una matriz de alginato-xantana recubiertas con quitosano". Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Tuxtepec. México.
11. Santillán-Urquiza, E., Méndez-Rojas, M. A., & Vélez-Ruiz, J. F. [2014]. Productos lácteos funcionales, fortificados y sus beneficios en la salud humana. Temas selectos de ingeniería de alimentos. 8(1).
12. Torres, E.F., González-M, G., Klotz, B, Martínez, A. [2016]. Influencia de las HHP sobre la carga microbiana y las características físicas químicas del queso fresco. Enviado a: Journal of Food Safety and Food Quality.
13. Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. J. [2005]. Dairy Science and Technology. CRC press.

Efecto del té verde en la estabilidad de hamburguesas funcionales

M. Guevara Valencia[1], C. Ortiz Sánchez[1], D. Ojeda Juárez[1], T. García Herrera[1] y E. Gutiérrez Velázquez [2]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Ver., México
[2] Laboratorio de investigación de productos naturales, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias extractivas, IPN, 07738 CDMX, México
**mgvfcq@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se presenta un medallón para hamburguesa de carne-avena y carne-soya adicionada con té verde, el objetivo es evaluar el control de la oxidación lipídica, por efecto de la adicción del té verde y así obtener un alimento funcional estable ante la degradación lipídica. Se evaluaron características fisicoquímicas, colesterol y a_w de las hamburguesas propuestas; también color, textura, grado de oxidación lipídica en 0, 7, 15 y 30 días y evaluación sensorial. Los resultados señalan que la oxidación lipídica en las formulaciones con té verde se ve disminuida en la hamburguesa de carne un 12%, en carne-soya 25% y carne-avena 33%. El contenido de lípidos y colesterol de la hamburguesa de carne-soya presentó un diferencia del 50% menor que las hamburguesas de carne. El análisis sensorial indico la preferencia por la hamburguesa de carne-avena y la prueba de textura determino que el tiempo óptimo de 15 días después de su elaboración.

***Palabras clave**: oxidación lipídica, análisis proximal, evaluación sensorial*

Abstract

In this work a hamburger medallion was made with a mixture of beef-oat and beef-soy both added with green tea. Physicochemical evaluations, cholesterol content, water activity, color, texture, lipid oxidation (during 30 days) and sensory evaluation were carried out. The results suggest that green tea has a positive effect against lipid oxidation by 12% on beef, 25% on beef-soy and 33% on beef-oat hamburgers. Lipid and cholesterol content was lower in hamburgers made with beef-soy compared to those that only have beef. Beef-oat hamburgers obtained the best results in sensory evaluation and texture analysis suggest that hamburgers don´t suffer changes after 15 days.

***Key words**: lipid oxidation, proximal analysis, sensory evaluation*

Introducción

En México se requiere de una mejora en los alimentos cotidianos y procesados, ya que hay un gran problema de salud relacionado con la alimentación; los elevados índices de sobrepeso y obesidad derivan en otros problemas de salud como diabetes, hipertensión y un sinfín de enfermedades relacionadas. Hay una causa multifactorial de la obesidad y el sobrepeso en México, desde cultural y socioeconómico hasta los hábitos alimenticios de cada individuo, pero hay algo innegable, la mala alimentación es la causa principal de todos estos padecimientos.
Se ha tratado de combatir este problema de salud, desde campañas contra la obesidad y sobrepeso hasta la divulgación de información sobre el plato del buen comer, sin embargo no ha dado resultados, es tiempo de cambiar de enfoque con otras propuestas, de esta manera el consumidor tendrá mejores elecciones en su alimentación sin un cambio drástico en sus platos de preferencia.

En esta investigación se presenta la formulación de un medallón de hamburguesa de carne-avena y uno de carne-soya adicionados con té verde con la finalidad de obtener un producto estable ante la oxidación lipídica; este alimento funcional rico en fibra, con mayor contenido de proteína, con menor contenido de lípidos y colesterol brinda múltiples beneficios a la salud. Se comparó las hamburguesas funcionales con hamburguesas elaboradas únicamente con carne adicionadas con té verde, realizando una análisis proximal de alimentos, donde se analizó: % de humedad, % de cenizas, % de proteínas, % de lípidos, % de fibra cruda, así como el contenido de colesterol, actividad de agua, color y textura.

También se realizó una determinación de oxidación lipídica por la prueba de TBARS, así como una evaluación sensorial para conocer el nivel de agrado hacia estas formulaciones. Los resultados obtenidos señalan que los

medallones de carne-soya con y sin té verde tienen mayor contenido de proteínas y fibra cruda; y menor contenido de grasas y colesterol, siendo así estas formulaciones las de mejores características fisicoquímicas. También se demostró que por efecto de la adición del té verde a las formulaciones disminuyo la oxidación lipídica en la hamburguesa de carne un 12%, en la de carne-soya 25% y en la carne-avena 33%; por lo anterior se considera que el consumo de la hamburguesa modificada tiene doble efecto, ya que reduce el deterioro lipídico y eleva el valor nutricional.

Metodología

Elaboración de medallones de carne para hamburguesa

Los medallones para hamburguesa se elaboraron con pulpa molida de res, avena triturada y soya, todos los ingredientes se añadieron de acuerdo a la formulación propuesta por Ojeda [2014]. Posteriormente se adiciono un volumen de 20 mL del extracto de té verde a una porción conocida de las mezclas. En la tabla 1, se presentan las formulaciones propuestas.

Tabla 1. Formulaciones para la elaboración de medallones de carne.

Ingredientes	% por cada 100g de carne					
	HC*	HCT*	HCA*	HCAT*	HCS*	HCST*
Avena	0	0	20	20	0	0
Soya Texturizada	0	0	0	0	30	30
Sal	3	3	3	3	3	3
Ajo en polvo	4	4	4	4	4	4
Cebolla en polvo	4	4	4	4	4	4
Mostaza	4	4	4	4	4	4
Salsa Inglesa	6	6	6	6	6	6
Leche	0	0	25	25	0	0
Té verde	0	1	0	1	0	1

HC= Hamburguesa de carne, HCT= Hamburguesa de Carne con extracto de Té, HCA= Hamburguesa de Carne-Avena, HCAT= Hamburguesa de Carne-Avena-Té, HCS= Hamburguesa de Carne Soya y HCST = Hamburguesa de Carne-Soya-Té.

Análisis proximal

Consistió en determinar por triplicado en los medallones para hamburguesa, de acuerdo a la AOAC % de humedad y % de cenizas. Con el método de Kjeldahl, % de proteínas; empleando un equipo Unidad de Extracción Soxhlet BUCHI® E-812 SOX, se evaluó % de lípidos y de acuerdo a la NMX-F-090-S-1978 se determinó % de fibra cruda. Para la evaluación de colesterol, se utilizó el método enzimático-colorimétrico Trinder; la actividad de agua por medio del equipo LabSwift-aw®, el color mediante el Colorímetro- Konica Minolta® CR-410.

El análisis del perfil de textura (TPA) se midió en todas las muestras en diferentes periodos para observar cambios de textura en las hamburguesas cocidas, los periodos fueron de 0, 7, 15 y 30 días. El TPA establece un puente entre una medición objetiva y una sensación subjetiva, por lo que hace más predecibles las características de la textura de alimentos [Chen y Opara, 2013]. Esta determinación se realizó con un Texturómetro- Shimadzu® ES-Z 500N, se utilizó el método Wizard con el software trapezium 2 versión 1.04 sp (1999-2008), el procedimiento consintió en sacar las muestras con un sacabocado de 3 cm que fueron puestas en el texturómetro entre dos platos de compresión con una distancia de 2 cm que hacia una presión duplicada a una velocidad de 60 mm/min. Los resultados fueron graficados e interpretados [Hleap, 2010].

Determinación de oxidación lipídica por el método de ácido tiobarbitúrico (TBARS)

El método del ácido tiobarbitúrico es uno de los más usados para la evaluación de rancidez a través de la determinación de malonaldehído (MDA) y se basa en la reacción de MDA con ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) a temperaturas elevadas (60-96°C). El producto de esta reacción (TMT) absorbe la luz a 352 nm y ambas propiedades se aprovechan para su determinación. Esta determinación se realizó de acuerdo a Salih, Smith y Prece, [1987] citado por Xiong y col., [2015].

Evaluación Sensorial
Se realizó un análisis sensorial a 60 panelistas elegidos al azar, mediante una encuesta de escala hedónica con el objetivo de identificar el nivel de agrado de la apariencia, color, olor y sabor de las hamburguesas con extractó de té verde (HCAT y HCST) propuestas, para lo cual se evaluaron puntos que van desde el "Me disgusta extremadamente" al "Me agrada extremadamente" y con una calificación global del 0 al 10. Esto con el fin de recopilar información sobre la aceptación del producto. Los resultados se discutieron en base a la estadística [Espinosa, 2007].

Resultados y discusión

Análisis proximal
Los resultados obtenidos de las diversas formulaciones se presentan en la tabla 2, donde se expresa la comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 2. Resultados del Análisis proximal.

Análisis	Muestras					
	HC	HCT	HCA	HCAT	HCS	HCST
%Humedad	64.11± 0.30c	64.90± 1.28c	63.08± 0.96d	69.57± 0.33b	67.06±0.51b	72.07± 0.83a
%Cenizas	97.46± 0.02a	97.82±0.03a	97.17±0.29b	96.79±0.02a	97.46± 0.08b	97.58± 0.30a
%Proteínas	9.37± 0.59a	8.32± 0.17b	6.72± 0.46c	7.14± 0.13c	10.22± 0.36a	10.05± 0.18ª
%Lípidos	10.24± 0.14b	11.40± 0.35a	6.79± 0.15c	7.51± 0.36c	5.12± 0.11d	5.47± 0.02d
%Fibra cruda	1.58± 0.04b	1.32± 0.31b	2.27± 0.10a	2.26± 0.12a	2.37± 0.10a	2.26± 0.25ª

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes
HC= Hamburguesa de carne, HCT= Hamburguesa de Carne con extracto de Té, HCA= Hamburguesa de Carne-Avena, HCAT= Hamburguesa de Carne-Avena-Té, HCS= Hamburguesa de Carne Soya y HCST = Hamburguesa de Carne-Soya-Té.

La determinación de humedad mostró que las muestras adicionadas con té verde presentaban mayor contenido de humedad en comparación con las que no lo tenían, siendo la de mayor contenido de humedad la muestra HCST. La forma de retener el agua libre en la carne es por fuerzas capilares; las responsables de este efecto son las proteínas del tejido conectivo, que son capaces de retener el 10% de agua, las sarcoplásmicas el 20% y las miofibrilares el 70%. Las microfibrillas tienen forma de red tridimensional, es decir, junto con el agua forman un gel donde queda retenida el agua es por esto que se atribuye el elevado valor de humedad que presenta la muestra de la hamburguesa de carne-té.

En cuanto a la hamburguesa de carne-avena-té, se tiene conocimiento que formulaciones con una alta concentración de β-glucanos aumentan la retención de humedad; relacionando con lo que indica Pacheco, [2011], al señalar que los reemplazantes de grasa a base de carbohidratos permiten alcanzar una lubricidad y una humedad similar a la de los productos altos en grasa, debido a la adición de agua en una matriz de gel. También indica que las proteínas de soya, son una de las proteínas no cárnicas más ampliamente usadas debido a sus diversas propiedades funcionales tales como retención de agua, ligazón y emulsificación; esta propiedad ha permitido su incorporación dentro de los productos cárnicos procesados con el fin de mejorar sus propiedades físicas y químicas, razón por la que HCST presenta el mayor porcentaje de humedad.

Con respecto al contenido de cenizas no se encuentran diferencias significativas entre los resultados; los valores obtenidos sugieren la presencia de los aditivos inorgánicos enriquecidos con sales, carbonatos alcalinos, etc., los cuales Orozco, [2013] señala que están presentes en la mostaza y salsa inglesa comercial utilizada. Por otro lado los valores obtenidos coinciden con los reportados por Nogales y col., [2011]. En lo que se refiere a proteínas, las formulaciones con mayor porcentaje son las de carne-soya; Orozco, [2013] menciona que la proteína de soya es de tan buena calidad como las de la carne, leche o huevos. De acuerdo a García y col., [2012], las formulaciones donde se usan legumbres como sustitutos de carne muestra una tendencia a superar en porcentaje a la carne.

El contenido porcentual de lípidos señalan que la HC y HCT son las de mayor contenido de grasa, prosiguiéndole en orden la HCA y HCAT y finalmente la HCS y HCST, este resultado expone que las mezclas con avena y con soya disminuyen la concentración de lípidos en el medallón de carne, a pesar de esto, se notó que la mezcla carne-avena contiene más lípidos esto es según Pinero, [2008], que el β- glucano afecta la retención de grasa,

sin embargo en este trabajo, los medallones de carne-avena reportan menor contenido de grasa por lo que se consideran más apropiadas para su consumo que la HC.

Como era de esperarse las hamburguesas adicionadas con avena y con soya presentan porcentajes más elevados más fibra cruda; Almeida-Alvarado, [2014] señalan que el consumo de alimentos ricos en fibra está relacionado con una ingesta menor de alimentos al incrementar la saciedad y disminuir el apetito, un aumento de 14 g fibra al día se asoció con una disminución del 10% de la ingesta energética y una pérdida de peso en promedio de 1.9 Kg. También menciona que fibras como la de avena, particularmente por contener magnesio, han demostrado mejorar la sensibilidad a la insulina.

Determinación de colesterol

Se observa la misma tendencia que con los lípidos, obteniéndose un orden descendente en el contenido de colesterol en hamburguesas de carne > hamburguesas carne-avena > hamburguesas carne-soya. Orozco, [2013] señala que la soya, se utiliza efectivamente para reducir el contenido de colesterol y grasa saturada en productos de carne procesada y además mejora la jugosidad e integridad textural al aumentar la absorción de agua y jugos e incrementar el ligamento en mezclas.

Evaluación de actividad acuosa

Los valores obtenidos en actividad de acuosa son muy similares para todas las muestras aunque su rango se considera elevado. La actividad de agua tiene incidencia sobre las características de calidad, tales como: textura, sabor, color, gusto, valor nutricional del producto y su tiempo de conservación, es uno de los factores intrínsecos que posibilitan o dificultan el crecimiento microbiano en los alimentos, por ello la medición de la actividad de agua es importante para controlar la inocuidad de estos productos.

Evaluación de color

Los resultados del parámetro L* evalúan la luminosidad respecto al tiempo y compara los medallones en diferente periodos de tiempo; se observa un aumento de este parámetro en los medallones con extracto de té verde y en todos los medallones se observa disminución de la luminosidad conforme transcurre el tiempo, exceptuando el medallón de carne-soya. Amensour [2010], señala la aplicación de un extracto de *Myrtus communis* como protector y potenciador de color en salchichas Frankfurt, indicando que los valores de luminosidad de las salchichas, disminuyeron conforme al tiempo, al igual que los medallones de hamburguesas propuestos.

Tanto Pinzón-Zárate [2015] como Isaza y col., [2012], coinciden en la necesidad de adicionar, el primero el extracto oleoso de residuos de chontaduro (*Bactris gasipaes*) y el segundo extracto de cereza, para conseguir un efecto ascendente sobre los parámetros de color L. Los resultados para a* b*, indican, aumento en la cromaticidad en los medallones con extracto de té verde, evaluado al inicio del ensayo, observándose una disminución de la misma al transcurrir el periodo experimental; Amensour, [2010], señala que el aumento de la coordenada a* y b* se debe a la posible presencia de compuestos con propiedades antioxidantes (fundamentalmente fenoles) en el extracto acuoso. Pinzón-Zárate [2015] sugiere que el procesamiento térmico podría convertirse en uno de los principales factores que afectan el aumento de la amarillez.

Salinas, [2014], señala con respecto a la evaluación de color que son varios los factores que afectan la estabilidad del color de la carne, como son la temperatura interna de la carne, la temperatura ambiental, el pH, la oxigenación de la carne, el pH, etc. Por otro lado, Isaza y col., [2012], concluye que el color está influenciado de cada uno de los ingredientes empleados durante la elaboración de y también determina que hay un deterioro de color durante el almacenamiento refrigerado de carnes cocidas, causado por procesos oxidativos.

Perfil de textura

El análisis de perfil de textura (TPA) de los medallones para hamburguesa de carne y carne-té, mostraron una mínima variación durante el almacenamiento en los parámetros de adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad. Los parámetros como masticación y dureza se elevaron en el transcurso de 30 días. Torres y col., [2012], señala que este este resultado es un factor indeseado, debido a que será necesario aplicar más fuerza mandibular para lograr la deformación del medallón de carne.

Con respecto a los medallones carne-avena y carne-avena-té, el comportamiento en cuanto a dureza es semejante a la hamburguesa elaborada con carne. Estas formulaciones presentan valores negativos en adhesividad, esto significa cierta resistencia a despegarse del paladar, lo cual le confiere una textura pegajosa o adhesiva; Hleap y Velazco, [2010], lo atribuyen a la cantidad de carbohidratos o fibra que aporta la avena. Una diferencia significativa en los resultados fue el parámetro de elasticidad, más elevado de entre las seis formulaciones. Los medallones de carne-soya y carne-soya-té son los que más variación de textura presenta en el lapso de estudio, con una marcada tendencia a endurecer, y con menos elasticidad.

 ISSN 2007-8102

El comportamiento de cada formulación en diferente tiempo con ello se deduce que la carne debe tener un manejo adecuado en lo que respecta a las bajas temperaturas como son la congelación y refrigeración ya que si éstas no se llevan a cabo correctamente la carne sufrirá cambios no deseables en su apariencia física (textura, color) así como en su olor. Guillermo, [2011], señala que la congelación llevada a cabo por periodos muy prolongados puede generar ciertos defectos en la calidad de la carne, como la modificación de color, cambios en su olor, sabor, textura y un proceso de deshidratación.

Resultados de TBARS

La tabla 3, muestra los resultados de TBARS, observándose un cambio de la concentración de MDA en el lapso de tiempo, con un aumento de concentración en cada una de las formulaciones, lo que significa que todas desarrollaron oxidación lipídica. Sin embargo en las muestras homologas adicionadas con el extracto de té verde existe una significativa reducción de oxidación lipídica, incluso en las muestras desde el inicio del trabajo experimental. Los antioxidantes fenólicos, incluyendo las catequinas que se encuentran en el té verde, inhiben la peroxidación lipídica uniéndose a radicales alcoxilo según Namal, [2010]. Esto explicaría el por qué las hamburguesas de carne-avena y carne-soya tienen menor concentración de MDA incluso sin la adición del extracto de té verde. Falowo, [2014], concluye que el uso de componentes bioactivos de plantas como antioxidantes naturales tiene gran potencia para preservar la carne del deterioro oxidativo.

Tabla 3. Resultados de la determinación de TBARS (mg/100 g) durante la experimentación

Muestra	Tiempo	
	0 Días	30 Días
HC	0.46	0.62
HCT	0.34	0.54
HCA	0.27	0.51
HCAT	0.22	0.34
HCS	0.48	0.69
HCST	0.52	0.34

La adición del té verde a la formulación de los medallones de hamburguesa funcionales, es una propuesta que busca mejorar la calidad de este producto y acentuar el carácter funcional; los resultados obtenidos se comparan con el trabajo realizado por Castro-Vargas y Parada –Alfonso, [2017], utilizaron fracciones obtenidas del epicarpio de tomate de árbol, obteniendo evidencia del efecto protector contra la oxidación lipídica en carne de res cocida. La oxidación lipídica es uno de los procesos más relevantes en el deterioro de algunos alimentos, genera sabores y aromas desagradables, disminución del tiempo de vida útil, pérdida de la calidad nutricional y formación de compuestos altamente tóxicos, existe compuestos sintéticos que han sido altamente cuestionados por sus efectos nocivos sobre la salud de los consumidores, por tanto una alternativa en la protección de alimentos frente a la oxidación lipídica es el uso de extractos fracciones o compuestos obtenidos a partir de fuentes naturales, estos han demostrado ser muy eficientes además de proporcionar un carácter funcional a los alimentos [Contreras-Calderón y col., 2011].

Evaluación sensorial

Se evaluó una población constituida por 60% del género femenino y 40% del masculino del cual 76.6% tenía entre 18 a 20 años, 20% tenía entre 21 a 30 años y 3.3 % entre 41 a 60 años de edad. En la figura 1, se observa como HCST presento una desviación estándar mayor, lo que indica una mayor variación en el juicio de los panelistas.

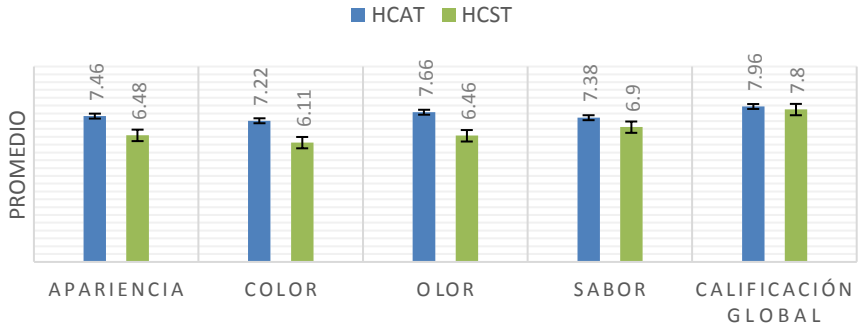


Figura 1. Comparación de la evaluación sensorial entre HCAT y HCST

Se puede afirmar que hay una preferencia por la HCAT aunque en la calificación global ambas hamburguesas tienen un valor cercano. La reducción de los niveles de grasa en los productos altera las propiedades físicas que influyen sobre las características organolépticas, generando problemas de aceptabilidad por parte del consumidor [Piñero, 2006], esto puede ser uno de los factores que determine la preferencia entre una u otra formulación.

Conclusiones

El análisis proximal señala que los medallones carne-soya y carne-soya-té, presentaron un valor mayor en cuanto al contenido de proteínas y fibra, y menor en cuanto a lípidos y colesterol, en relación a las otras formulaciones analizadas. Con respecto a la determinación de TPA, los medallones de carne-avena, carne-soya y sus homólogos con té, son buenos sustitutos de medallones para hamburguesa convencionales
En cuanto a la textura el tiempo óptimo de consumo para que la dureza no sea perceptible en los medallones es de máximo 15 días desde su elaboración. La oxidación lipídica se ve disminuida 12.9% en el medallón de carne-té, y en las formulaciones carne-soya y carne- avena disminuyó 25% y 33.34% respectivamente, lo que sugiere que la adición de té verde a las formulaciones del medallón de hamburguesa reduce la degradación de lípidos y permite obtener un producto estable ante la oxidación lipídica. Considerando lo anterior se puede concluir que el extracto de té verde puede ser un potencial conservador natural con el beneficio de sus propiedades biológicas.
La evaluación sensorial no señala diferencias entre las formulaciones carne-avena-té y carne-soya-té, sin embargo, se debe continuar trabajando para mejorar las características sensoriales.

Referencias

1. Almeida-Alvarado S.L., Aguilar-López T. y Hervert-Hernández D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. Anales Venezolanos de Nutrición. **27(1)**: 73-6.
2. Amensour, Mahassine. (2010). Aplicación de un extracto de *Myrtus communis* como colorante en salchichas Frankfurt: evolución del color durante su vida útil. En: IX Congreso Nacional del Color: Alicante, 29 y 30 de junio, 1 y 2 de julio de San Vicente del Raspeig. Publicaciones de la Universidad de Alicante, ISBN 978-84-9717-144-1, pp. 363-366
3. Carrillo B.M.F. (2010) Desarrollo de para hamburguesa utilizando granza de frijol extrudido (*Phaseolus vulgaris*) como agente extensor. XII Congreso Nacional de Ciencia y tecnología de alimentos. Guanajuato, México. 1-6 p.
4. Castro-Vargas, H.I. y Parada-Alfonso, F. (2017). Evaluación del efecto protector contra la oxidación lipídica de fracciones obtenida del epicarpio de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Sendth). Rev Colombia Quim. **46(2)**: 17-23
5. Chen L. y Opara U.L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed food - A review. Journal of food engineering. 497-507.
6. Contreras-Calderón, J.; Calderón-Jaimes, L.; Guerra-Hernandez E.; García-Villanova, B. (2011) Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel an seed from 24 exotic fruits fromColombia. Food res. Int., **44**, 2047-2053
7. Espinosa M.J. (2007). Evaluación Sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria. 116 p.
8. Falowo B.A., Fayemi O.P y Muchenje V. (2014). Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. Food Ressearch International. **64**: 171-181.
9. Fernández S.A.E. (2007). Evaluación de los cambios físics de carne de bovino congelada-descongelada y almacenada en refrigeración.Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 70 P.
10. García O., Ruíz-Ramírez y Acevedo I. (2012). Evaluación Físico-Química de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) como extensor. Revista Científica, **22(6):** 497-506.
11. Guillermo C.A.N. (2011). Efecto de las altas presiones sobre la oxidación de la fracción lipídica en carne de bovino. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de México, México. 92 p
12. Isaza-Maya Y.L., Restrepo-Molina D.A., López Vargas J.H. (2012). Efecto de la inclusión de un extracto de cereza (*Prunus avium* L.) sobre el estado de oxidación y las características fisicoquímicas y sensoriales de salchichas tipo Frankfurt. Revista Facultad Nacional Agronomía-Medellín. **65(1)**: 6541-52
13. Hleap I.J. y Velasco V.A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Facultad de Ciencias Agropecuarias. **8(2)**: 46-56.
14. Isaza-Maya Y.L., Restrepo-Molina D.A., López Vargas J.H. (2012). Efecto de la inclusión de un extracto de cereza (Prunus avium L.) sobre el estado de oxidación y las características fisicoquímicas y sensoriales de salchichas tipo Frankfurt. Revista Facultad Nacional Agronomía-Medellín. **65(1)**: 6541-52.
15. Namal S.S.P.J. (2013). Green tea extract: Chemestry, antioxidant properties and food applications- A-

review. Journal of functional foods. 1529-1541.
16. Nogales S., Bressan, M.C., Vaz, A. P., Delgado, J. V. y Camacho M. E. (2011). Estudio Físico-químico de la carne de la raza bovina marismeña en diferentes sistemas de terminación. Arch. Zootec. **60 (231)**: 453-456
17. Ojeda J.D. (2014). Influencia de la avena y soya en la calidad de un sustituto de carne para hamburguesa. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana, Orizaba, México. 27-28 p.
18. Orozco. (2013). Formulación, elaboración y control de calidad de hamburguesa con carne de res y cerdo
19. Pacheco P.W.A., Restrepo M.D.A y Sepúlveda V.J.U. (2011). Revisión: Uso de ingredientes no Cárnicos como reemplazantes de grasa en derivados cárnicos. Revista Facultad Nacional de Agronomía. **64(2)**: 6257-6264.
20. Pinzón-Zárate L.X., Hleap-Zapata J.I., Ordóñez-Santos L.E. (2015). Análisis de los parámetros de color en salchichas Frankfurt adicionadas con extracto oleoso de residuos de chontadura (*Bactris gasipaes*). Información Tecnológica. **26(5):** 45-54.
21. Salinas L.S. (2014). Desarrollo de un patrón para la evaluación del color de la carne de bovino en México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 54 p.
22. Xiong Z., Sun D.W., Pu H., Xie A., Han Z., Luo M. (2015). Non destructive prediction of TBA reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. Food Chem., **179:** 175-81

Análisis de comunidades bacterianas en una celda de combustible microbiana

A. C. Ortega Martínez[1], A. Pérez Martínez[1], H. P. Medorio García[1], A.M. Rueda[1], E. Hernández Domínguez[2]
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos. Avenida Universidad Km 7.5 Col. Santa Isabel I, C.P. 96559, Coatzacoalcos, Veracruz, México.
[2]Instituto Tecnológico Superior de Acayucan Carretera Costera del Golfo Km 216.4, Col. Agrícola Michapa, C.P. 96100, Acayucan, Veracruz, México
*areortega@uv.mx
***Área de participación:** Ingeniería Química*

Resumen

Las celdas de combustible microbiano son dispositivos electroquímicos que utilizan microorganismos como biocatalizadores. Ciertos tipos de bacterias, presentes en las biopelículas formadas en el ánodo de las celdas, se enriquecen durante el funcionamiento del dispositivo convirtiéndose en los microorganismos responsables de ejecutar los procesos de transferencia electrónica [Li y col., 2018; Martell, 2017]. Por tal motivo, el presente estudio consistió en caracterizar molecularmente la comunidad bacteriana presente en la biopelícula anódica. El sistema fue operado con agua residual sintética y un inóculo sulfato reductor durante 50 días. La identificación de los microorganismos se llevó a cabo mediante la extracción del ADN, y su cuantificación por espectrofotometría, posteriormente se realizó la amplificación y secuenciación del gen RNAr 16s de dos muestras, al inicio y al final de la operación del dispositivo. Los resultados obtenidos mostraron los géneros de bacterias prevalecientes asociados a *Clostridia*, *Bacilli*, *Bacteroidetes* y *Gammaproteobacterias*, relacionadas con actividad electrogénica.

***Palabras clave:** Celdas de combustible microbiana; inóculo; sulfato-reductoras*

Abstrac

Microbial Fuel Cells (MFCs) are electrochemical systems that use microorganisms as biocatalysts. Some bacteria present in MFCs biofilm are improve during the operation of the mechanism, this microorganisms are responsible of the electronic transfer process [Li et al., 2018; Martell, 2017]. Therefore, the present study consists in molecular characterization of the bacterial community present in the anodic biofilm. The system was supplied with synthetic wastewater and a sulfate reducing inoculum for 50 days. The identification of the microorganisms was carried out by means of DNA extraction and its quantification by spectrophotometry, subsequently the amplification and sequencing of the 16s rRNA gene of two samples (inoculum and MFCs). The microbial community analysis showed the prevalent bacterial genera associated with Clostridia, Bacilli, Bacteroidetes and Gammaproteobacteria, related to the electrogenic activity.

***Keywords:** Microbial fuel cells; inoculum; sulfate-reducing*

Introducción

Las Celdas de Combustible Microbianas (CCM) son dispositivos electroquímicos, los cuales aplican la capacidad de los microorganismos para catalizar la conversión de la materia orgánica en electricidad. Estos dispositivos están conformados por una cámara anaeróbica y una aeróbica, en medio de las cuales se encuentra una Membrana de Intercambio Protónico (MIP), conteniendo los electrodos ánodo y cátodo, respectivamente. En la primera cámara se produce la oxidación del efluente mediante los biocatalizadores, generando electrones, protones y CO_2. Los electrones liberados en la cámara anaeróbica son captados por el ánodo y posteriormente fluyen a través de un circuito externo hacia el cátodo; al mismo tiempo, los protones se dirigen hacia la cámara catódica por medio de la MIP para reducirse a agua, reacción que ocurre de la combinación con el oxígeno del aire [Kim y col., 2007; Revelo y col., 2013].

Durante el funcionamiento de las CCM, las bacterias se enriquecen convirtiéndose en los microorganismos predominantes, responsables de obtener la energía mediante los procesos de transferencia electrónica [Li y col., 2018; Martell, 2017]. Ciertos microorganismos del grupo de las *γ- proteobacterias* tienen la habilidad de realizar contacto directo con el ánodo mediante los citocromos de tipo c, proteínas ubicadas en la membrana,

que actúan como un metal reductasa permitiendo la formación de una biopelícula sobre la superficie del electrodo. La comunidad bacteriana presente en las biopelículas anódicas ha sido de gran interés para optimizar la generación de electricidad en los sistemas de CCM, estos van desde los aerobios, aerobios facultativos, incluyendo los anaerobios estrictos. Uno de los factores primordiales influyente en la producción de energía son las rutas metabólicas con alto poder oxidante, con poder oxidante medio-bajo y fermentativo, cada metabolismo diferente son dependientes del potencial del ánodo, el flujo de electrones y protones, así como de la influencia del sustrato. El metabolismo oxidativo ocurre a altos potenciales anódicos, cuando las bacterias utilizan la cadena respiratoria y los electrones migran al ánodo; la fermentación, generalmente, tiene lugar en ausencia de aceptores de electrones alternativos, esto sucede debido al bajo potencial del ánodo [Lee y col., 2010; De la Garza, 2013].

Los estudios previos sobre la ecología microbiana presente en las celdas de combustible microbianas han mostrado microorganismos pertenecientes al grupo de *α-proteobacterias, β-proteobacterias, firmicutes* y *bacteroidetes* lo cuales pueden soportar actividad electrogénica [Collazos y Montaño, 2017; Paitier, 2017; Lee y col., 2010]. El análisis realizado por Ishii y col. [2013] describen que las especies de la familia *Desulfobulbaceae* y *Geobacteraceae* están correlacionadas con la generación de electricidad en la biopelícula anódica. Buitrón y Pérez [2011] identificaron el género *Geobacter*, donde, junto con el género *Shewanella* [Busalmen, 2010], son bacterias electroquímicamente activas conocidas como bacterias anodofílicas, presentando altas eficiencias en el sistema de celdas [Rosero & Vargas, 2017]. Asimismo, Lee y col. [2010] mencionan que no se han identificado comunidades microbianas comunes provenientes de diferentes biopelículas de ánodos, esto puede explicarse por las condiciones bioquímicas, fisiológicas y ecológicas que intervienen durante el proceso del sistema, considerando que estos factores serían críticos teniendo en cuenta la aplicación de aguas residuales como inóculo. En virtud de ello, el presente trabajo muestra el análisis de la comunidad bacteriana predominante en los ánodos de las celdas de combustible microbiana y en el inóculo utilizado, la identificación fue realizada mediante técnicas de biología molecular como amplificación del gen RNAr 16s y una consecuente secuenciación.

Metodología

Construcción de la celda de combustible microbiana

La celda de combustible microbiana consistió en una estructura cilíndrica de acrílico de 6 cm de diámetro en el área anódica, cuenta con orificios de entrada y salida y su volumen aproximado de operación es de 150 mL, (Figura 1a). En ambas caras de la cámara cilíndrica, se colocó un sistema de electrodos tipo “emparedado”, como se muestra en la (Figura1b), constituidos por una lámina de acero inoxidable perforada en el extremo, una tela de carbón Toray (cátodo), con una concentración de 0.5 mg Pt/cm^2 (Pt 10 wt%/C-ETEK), membrana de intercambio protónico (Nafion 117), seguido por otra lámina de acero inoxidable perforada, y por último una tela de carbón Toray (ánodo) en el extremo interno de la celda. Los cátodos para cada emparedado son aireados por convección natural [Ortega y col., 2013].

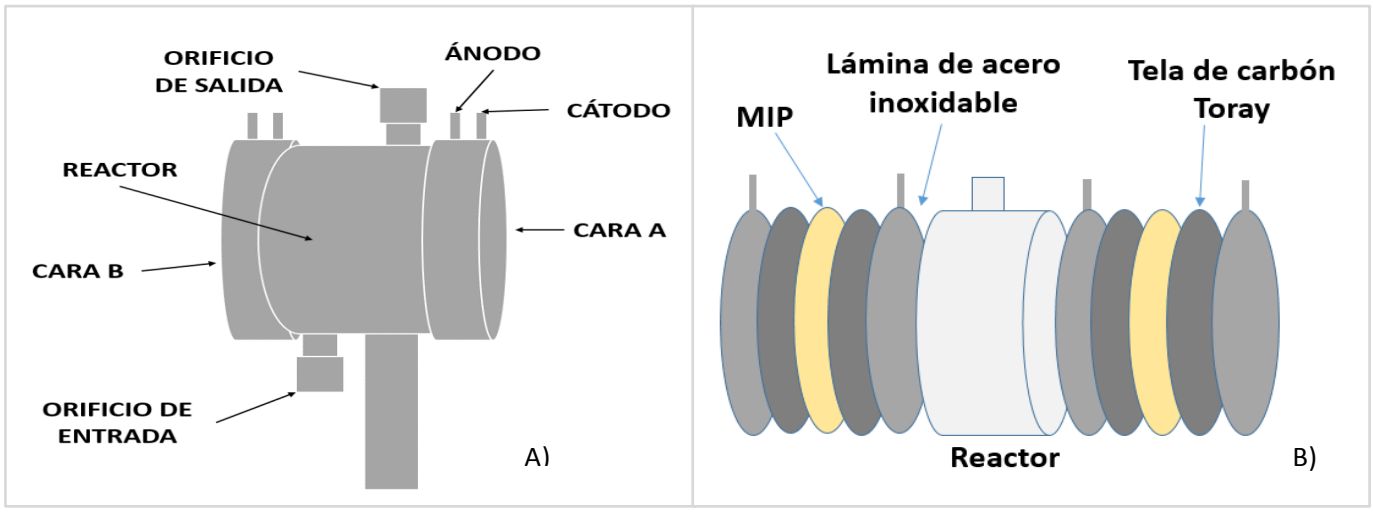


Figura 1. A) Diseño de la celda de combustible microbiana; B) Sistema de electrodos tipo “emparedado”

Acondicionamiento de bacterias sulfato-reductoras

El inóculo sulfato reductor se obtuvo de un biorreactor mesofílico continuo de mezcla completa, con BSR. El biorreactor se alimentó a una velocidad de flujo de 150 mL/d con un afluente cuya composición era (en g/L): $C_{12}H_{22}O_{11}$ (5), CH_3COOH (1.5), $NaHCO_3$ (3.0), K_2HPO_4 (0.6), Na_2CO_3 (3.0), NH_4CL (0.6) y Na_2SO_4 (13.0).

Alimentación e inoculación de la CCM

Para la caracterización y operación de la CCM, se utilizaron 75 mL de bacterias sulfato-reductoras como inóculo, obtenidas de la sección anterior, y 75 mL de un agua residual sintética como alimentación, que contenía (g/L): $C_{12}H_{22}O_{11}$ (10), CH_3COOH (1.5), $NaHCO_3$ (3.0), K_2HPO_4 (0.6), Na_2CO_3 (3.0) y NH_4CL (0.6).

Caracterización electroquímica de la CCM por Curva de polarización por resistencias externas variables

Para la fase de caracterización, la celda fue llenada con agua compuesta por 50% de (inóculo bacteriano) y el resto, agua residual sintética. La resistencia interna (R_{int}) del reactor se determinó mediante el método de curva de polarización, variando la resistencia externa (R_{ext}) y monitoreando el voltaje y la intensidad de corriente, de acuerdo con los procedimientos sugeridos por Clawaert y col. [2007] y Logan y col. [2006]. El circuito del reactor fue equipado con una R_{ext} variable en el cátodo. La curva de polarización se registró de una resistencia externa alta a una baja y viceversa, graficando los valores obtenidos de voltaje y corriente, contra la R_{int}. Inicialmente se llevó a cabo una medición a circuito abierto durante un periodo de una hora, después de haber comprobado un estado estable. Posteriormente se equipó el reactor con una resistencia externa variable en el cátodo, y se realizó la medición de voltaje variando dichas resistencias (100 Ω hasta 1 MΩ y viceversa). Al finalizar la variación del voltaje en función de la R_{ext}, nuevamente se operó el reactor a circuito abierto para corroborar el estado estable del sistema y si las condiciones en que se obtuvo la curva de polarización fueron las adecuadas (los valores voltaje al inicio y al final de la curva de polarización deben ser similares para asegurar que el sistema se encuentra estable).

Operación en lote de la CCM

La celda de combustible microbiana se operó en lote, durante 50 días y con la resistencia externa obtenida de la sección anterior.

Extracción y cuantificación de ADN

Se tomaron dos muestras para realizar la obtención de ADN, al inicio y al final de la operación de la celda de combustible microbiana. Concluido el tiempo de operación, se procedió a retirar los electrodos de la celda con el fin de remover la biopelícula anódica; para esto, los electrodos previamente lavados con agua destilada estéril, fueron raspados con ayuda de una navaja esterilizada, recuperando una suspensión celular. Posteriormente se realizó la extracción de ADN a partir de la remoción de la biopelícula y del inóculo, utilizando el kit comercial PowerSoil® DNA Isolation kit (MO BIO). La etapa de lisis celular para lograr la homogenización se realizó agregando el detergente aniónico SDS a 0.25 g de cada muestra. En el siguiente paso ocurrió la precipitación de ácidos húmicos, restos celulares y proteínas mediante una solución de alta concentración salina; la importancia de la remoción de estos contaminantes radica en la pureza del ADN y aplicaciones futuras del ADN extraído. Posteriormente, las muestras resultantes fueron colocadas en una membrana de sílice, por este medio, los contaminantes pasaron a través de la membrana mientras que el ADN se mantuvo ligado a la misma. Se realizó el lavado con una solución de etanol para remover los residuos de sal, ácido húmico y otros contaminantes. Por último, el ADN fue liberado del filtro por medio de un buffer de elución estéril. El rendimiento del ADN extraído fue realizado por medio de espectrofotometría a una longitud de onda de 260 nm, permitiendo observar la pureza de la muestra considerando un ratio de 260/280, utilizando el equipo NanoDrop.

Amplificación del gen 16s

La amplificación del gen ARNr 16s se llevó a cabo utilizando el kit comercial de ADN polimerasa ThermoScientific® Phusion Flash High-Fidelity PCR Master Mix. La reacción de PCR consistió en la desnaturalización, el alineamiento y la elongación del templado, para esto se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones, utilizando los primers universales 27F y 1492R; con una mezcla de reacción de 300 µL. El equipo utilizado fue el termociclador T100 (Bio-Rad®) de acuerdo al protocolo descrito por el kit.

Visualización del ADN y secuenciación

La integridad del ADN fue comprobado a través de la observación en gel de agarosa al 1% en cámara horizontal Bio-Rad por un tiempo de 40 min; se utilizó *Klebsiella sp.* como control positivo y una muestra con agua MilliQ como control negativo. Una vez finalizada la electroforesis, se procedió a teñir el gel con una

solución de bromuro de etidio (0.5 µg/ml) durante 15 minutos, posteriormente se colocó el gel en un transiluminador con luz ultravioleta para su visualización [Fierro, 2014].

Resultados y discusión

Caracterización electroquímica de la CCM por Curva de polarización por resistencias externas variables

Con los datos obtenidos, se realizó la curva de polarización (Figura 2), con respecto a las densidades de corriente y de voltaje para obtener la resistencia interna indirectamente, la cual fue calculada con la pendiente promedio de los puntos alineados correspondientes de la curva, el valor de la Rint fue de 8356 Ω en la CCM cargada con el inoculo sulfato-reductor. El valor de la resistencia interna de la celda es comparable con Carmona [2008] que utilizó bacterias reductoras de sulfato obteniendo 8307 Ω.

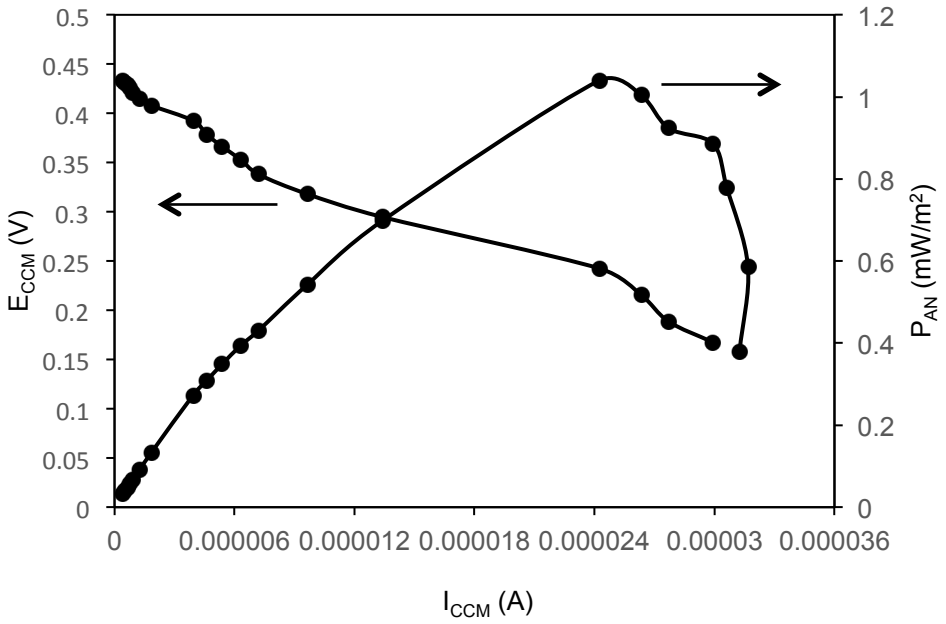


Figura 2. Curva de polarización de la celda de combustible microbiana

En la Tabla 1 se muestran los valores máximos de los parámetros obtenidos de la caracterización electroquímica de la CCM de una cámara cargada con BSR. La celda mostró un voltaje máximo de 0.432 V, una densidad de potencia máxima de 1.039 mW/m^2 y una potencia volumétrica máxima de 39.19 mW/m^2 durante la curva de polarización.

Tabla 1. Datos de la caracterización de la celda de combustible microbiana

Parámetro	CCM
$\mathbf{R_{int}}$ **(kΩ)**	8.356
$\mathbf{E_{CCM\text{-}max}}$ (V)	0.432
$\mathbf{I_{CCM\text{-}max}}$ (mA)	0.035
$\mathbf{P_{CCM\text{-}max}}$ (W)	0.006
$\mathbf{P_{An\text{-}max}}$ (mW/m^2)	1.039
$\mathbf{P_{V\text{-}max}}$ (mW/m^3)	39.19

Operación en lote de la CCM

Durante las primeras horas se observa en la Figura 3 una línea vertical indicando el decremento del voltaje de la CCM debido al efecto de la resistencia externa alta conectada al sistema, presentando pérdidas por activación en el sistema, soportado por los trabajos de Larminie y Dicks (2000). El voltaje promedio durante la operación fue de 0.202 V y se obtuvo una densidad de potencia promedio de 0.887 mW/m^2 (Tabla 2).

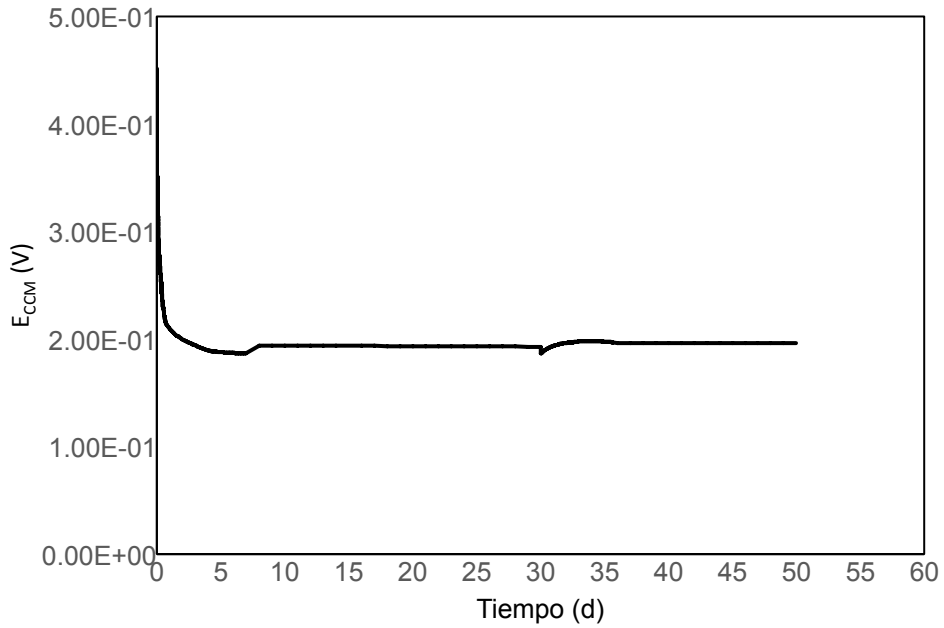


Figura 3. Operación en lote de la celda de combustible microbiana

Tabla 2. Rendimiento de la celda de combustible microbiana durante la operación en lote

Parámetro	CCM-BSR
R_{int} (kΩ)	8.356
$E_{CCM-prom}$ (V)	0.202
$I_{CCM-prom}$ (mA)	0.0243
$P_{CCM-prom}$ (mW)	0.005
$P_{An-prom}$ (mW/m^2)	0.887
P_{V-prom} (mW/m^3)	33.436

Análisis de la comunidad bacteriana

Los grupos taxonómicos a nivel dominio de bacteria que se presentaron con alto porcentaje de abundancia en la muestra del inóculo fueron *Firmicutes* (81.57%)*, Bacteroidetes* (10.39%)*,* y *Proteobacterias* (7.1%)*.* Las clases dominantes pertenecientes al filo de *Firmicutes* fueron *Clostridia* con un porcentaje de 71.53%; seguido de *Bacilli* (10.32%) y *Negativicutes* (0.16%). *Bacteroidia* (10.45%) fue la clase sobresaliente del grupo *Bacteroidetes*. El género no clasificado correspondiente a la familia *Enterobacteriaceae* fue el destacado (4.314%) de las *Gammaproteobacterias*, consecutivo de *Klebsiella* (0.248%), *Comamonas* (0.17%) y *Acinetobacter* (0.16%). *Firmicutes* fue dominado por el género no clasificado (56.202%) del orden *Clostridiales*, además de *Bacillus* (9.54%) y *Oscillibacter* (2.623%). *Aeromonas hydrophila* (1.926%) y *Clostridium tyrobutyricum* (0.170%) fueron las especies identificadas, sin embargo, se presentaron con un porcentaje de abundancia bajo.

Por otra parte, las comunidades enriquecidas en las biopelículas anódicas estaban compuestas principalmente de la clase *Clostridia* (36.62%), *Bacteroidia* (34.28%) y *Gammaproteobacteria* (25.18%), las cuales están relacionadas al filo *Firmicutes*, *Bacteroidetes* y *Proteobacteria*, respectivamente. *Bacilli* (3.617%) fue la segunda

clase más abundante del filo *Firmicutes*. En relación a esto, Ishii y col. (2017) mencionan al ácido láctico como subproducto de la fermentación de la sacarosa, acción principal correspondiente al orden *Lactobacillales*.

El porcentaje mostrado por *Bacteroidales* fue de 28.042% y 6.010% para *Flavobacteriales* (clase *Bacteroidia*), mientras que *Gammaproteobacterias* como *Pseudomonas* (9.782%), *Alcaligenes* (4.532%), *Acinetobacter* (3.286%), *Comamonas* (2.649%), *Citrobacter* (0.823%) y *Shewanella* (0.638%), fueron los géneros sobresalientes de las proteobacterias, reportada como el filo con mayor aplicación en la generación de electricidad, sin embargo, en este estudio se mostró como el tercer filo abundante, lo cual puede inferir que su actividad metabólica es baja en la generación de corriente [Wrighton y col., 2008]. Asimismo, se logró clasificar las especies *Pseudomonas aeruginosa* con un porcentaje de abundancia de solo 0.570% y *Aeromonas hydrophila* (0.388%). Rabaey y col. [2004] menciona a *Pseudomonas aeruginosa*, como una de las especies productoras de fenocianina fenazina, compuestos que pueden trasladar electrones entre la bacteria y el aceptor de electrones. Mientras que *Shewanella*, es uno de los géneros productores de nanoclables, conductores que permiten a las células realizar la transferencia de electrones cuando no se encuentran en contacto directo con el aceptor [Logan y Regan, 2006].

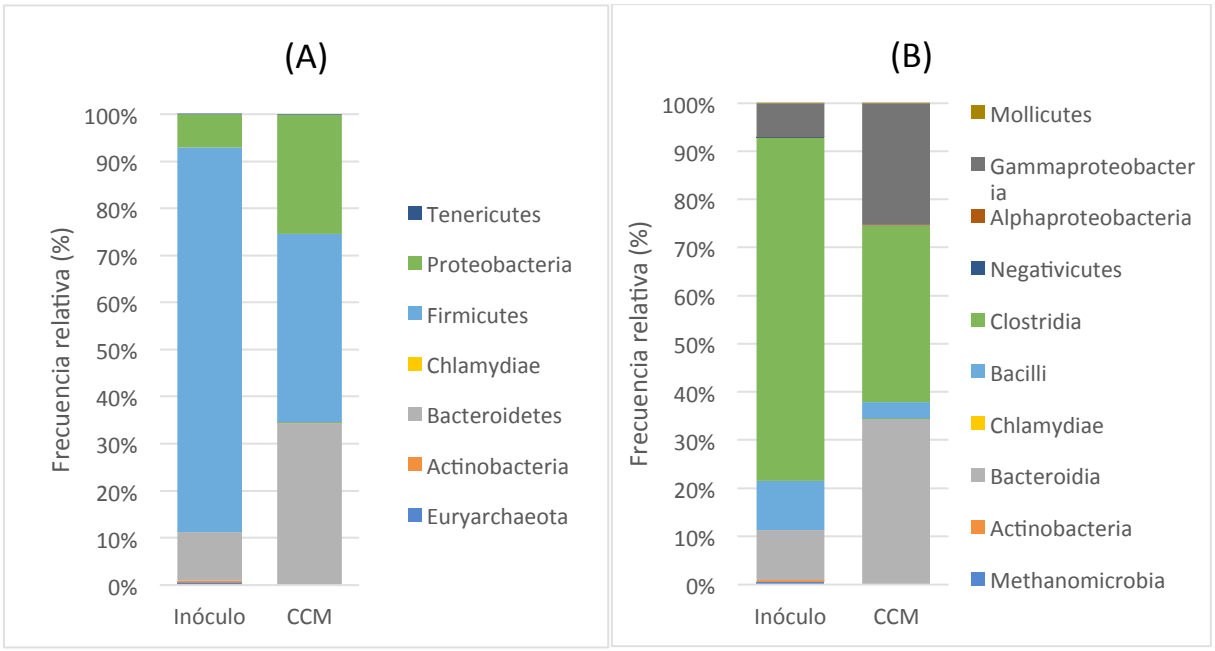


Figura 4. Comunidad bacteriana ánodica (CCM) a nivel phylum (A) y clase (B) basados en la secuenciación del gen ARNr 16s.

Conclusión

La caracterización molecular de la biopelícula anódica formada en el dispositivo presentó 3 grupos taxonómicos sobresalientes, donde *Firmicutes* fue el filo con mayor porcentaje de abundancia. Las *Gammaproteobacterias* pertenecientes a las *Proteobacterias* se registró con un ligero incremento en el dispositivo en comparación con los resultados obtenidos del inóculo, por lo que se menciona como la clase más relacionada en la generación de energía. Por último, la secuenciación indicó la presencia de especies como *Pseudomonas aeruginosa* y *Aeromonas hydrophila*, que junto con el género *Shewanella* son microorganismos electrogénicos que tienen la capacidad de donar electrones a partir de un sustrato ambiental en el sistema de celdas de combustible microbiano.

Referencias

1. Carmona, A. (2008). Obtención de energía eléctrica directa de una celda de combustible microbiana mediante el tratamiento de lixiviados de la producción fermentativa de H2. Tesis de maestría. *Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. Unidad Zacatenco*

2. Clauwaert, P., Ha, D. V., Boon, N., Verbeken, K., Verhaege, M., Rabaey, K., y Verstraete, W. (2007). Open air biocathode enables effective electricity generation with microbial fuel cells. *Environ. Sci. Technol.*, 7564-7569
3. Collazos, A. M., & Montaño, E. B. (2017). Diversidad bacteriana asociada a biopelículas anódicas en celdas de combustible microbianas alimentadas con aguas residuales. *Acta Biológica Colombiana*, *22*(1), 77-84.
4. Buitrón, G., & Pérez, J. (2011). Producción de electricidad en celdas de combustible microbianas utilizando agua residual: efecto de la distancia entre electrodos. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, *14*(1), 5-11.
5. Busalmen, J. P. (2010). Bacterias electrogénicas: de los sedimentos a las celdas de combustible microbianas.
6. De la Garza, J. A. R., González, L. J. R., Garza, Y., García, M. R. G., & Amador, S. Y. M. (2013). Celdas de combustible microbianas. *Fortalecer la Investigación Científica en la UAdeC*, 41.
7. Fierro, F. F. (2014). Electroforesis de ADN. *Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos*, *27*.
8. Ishii, S. I., Suzuki, S., Norden-Krichmar, T. M., Wu, A., Yamanaka, Y., Nealson, K. H., & Bretschger, O. (2013). Identifying the microbial communities and operational conditions for optimized wastewater treatment in microbial fuel cells. *Water research*, *47*(19), 7120-7130.
9. Ishii, S. I., Suzuki, S., Yamanaka, Y., Wu, A., Nealson, K. H., & Bretschger, O. (2017). Population dynamics of electrogenic microbial communities in microbial fuel cells started with three different inoculum sources. *Bioelectrochemistry*, 117, 74-82.
10. Kim, J. R., Jung, S. H., Regan, J. M., & Logan, B. E. (2007). Electricity generation and microbial community analysis of alcohol powered microbial fuel cells. *Bioresource technology*, 98(13), 2568-2577.
11. Lee, T. K., Van Doan, T., Yoo, K., Choi, S., Kim, C., & Park, J. (2010). Discovery of commonly existing anode biofilm microbes in two different wastewater treatment MFCs using FLX Titanium pyrosequencing. *Applied microbiology and biotechnology*, *87*(6), 2335-2343.
12. Li, M., Zhou, M., Tian, X., Tan, C., McDaniel, C. T., Hassett, D. J., & Gu, T. (2018). Microbial fuel cell (MFC) power performance improvement through enhanced microbial electrogenicity. *Biotechnology advances*, *36*(4), 1316-1327.
13. Logan, B. E., & Regan, J. M. (2006). Electricity-producing bacterial communities in microbial fuel cells. *TRENDS in Microbiology*, 14(12), 512-518.
14. Martell, A. J. C. (2017). Electromicrobiología del microbioma presente en celdas de combustible microbianas. *CENTRO*.
15. Ortega, M. A., Juárez, L. K., Solorza, F. O., Ponce, N. M., Galindez, M. J., Rinderknecht, S. N., y Poggi, V. H. (2013). Analysis of microbial diversity of inocula used in a five-face parallelepiped and standard microbial fuel cells. *Int. J. Hydrogen Energy, 38*(28), 12589-12599. doi:10.1016/j.ijhydene.2013.02.023
16. Paitier, A., Godain, A., Lyon, D., Haddour, N., Vogel, T. M., & Monier, J. M. (2017). Microbial fuel cell anodic microbial population dynamics during MFC start-up. *Biosensors and bioelectronics*, 92, 357-363.
17. Rabaey, K., Boon, N., Siciliano, S. D., Verhaege, M., & Verstraete, W. (2004). Biofuel cells select for microbial consortia that self-mediate electron transfer. *Appl. Environ. Microbiol*., 70(9), 5373-5382.
18. Revelo, D. M., Hurtado, N. H., & Ruiz, J. O. (2013). Celdas de combustible microbianas (CCMS): Un reto para la remoción de materia orgánica y la generación de energía eléctrica. *Información tecnológica*, *24*(6), 17-28.
19. Rosero, L. I. F. & Vargas, S. A. R. (2017). *Evaluación de una celda de combustible microbiana para el tratamiento del agua residual del Campus Universitario Meléndez* (Doctoral dissertation, Universidad Del Valle).
20. Wrighton, K. C., Agbo, P., Warnecke, F., Weber, K. A., Brodie, E. L., DeSantis, T. Z., Hugenholtz, P., Andersen, G. L. & Coates, J. D. (2008). A novel ecological role of the Firmicutes identified in thermophilic microbial fuel cells. *The ISME journal*, 2(11), 1146.

Generación de electricidad mediante aprovechamiento de fotosíntesis

C.A. Martínez Carmona[1], D. Texoco González[1], J.D. Serrano Rey[1], I.A. Espíndola Pacheco[1], L. De los Santos Rosas[1],*
[1]Escuela Universitaria de Rio Blanco, Camino Nacional 13, colonia Hospitalito, C.P. 94330, Rio Blanco, Veracruz, México.
**carlos_almac@live.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el presente trabajo se propone la alternativa de obtención de electricidad mediante el aprovechamiento de la bioenergía producida por la fotosíntesis de las plantas, para lo cual se utilizó un sistema dispuesto en serie con las especies ornamentales *Euphorbia mili, Iris* y *Geranium***.** Para cada contenedor se dispuso un ánodo constituido por una malla metálica y un cátodo constituido por un espiral de cobre. Los resultados prueban el éxito del sistema al generar electricidad suficiente para encender dos LEDs por espacio de 60 min. Este proyecto considera la factibilidad de desarrollo a escala piloto que permita una producción importante de electricidad a corto plazo.

***Palabras clave**: Electricidad, bioenergía, fotosíntesis.*

Abstract

This paper proposes the alternative of obtaining electricity through the bioenergy produced by plants photosynthesis, for such purpose a series system was set up with Euphorbia mili, Iris and Geranium ornamental species. An anode consisting of a metal mesh and a cathode consisting of a copper spiral were provided for each container. Results prove the success of the system by generating enough electricity to light two LEDs for 60 min. This project considers the feasibility of development on a pilot scale that allows a significant production of electricity in the short term.

***Key words**: Electricity, bioenergy, photosynthesis.*

Introducción

Debido al incremento actual en la demanda de combustibles para satisfacer las necesidades energéticas, a los altos precios del petróleo y a la creciente conciencia ambiental de la población, la alternativa de la bioenergía ha adquirido mayor relevancia. Además, los combustibles fósiles tienen gran impacto por su contribución al cambio climático, debido a la generación de gases de efecto invernadero durante la combustión de los mismos [Khan y col. 2018; Li, 2019]. La bioenergía tiene una importante participación en satisfacer las necesidades energéticas mundiales futuras, ésta podría ofrecer de forma sostenible un cuarto y un tercio del suministro mundial de energía primaria en el año 2050 [Naveen y col., 2014].

México destaca a nivel mundial por ser uno de los países con las metas más ambiciosas en materia de generación de energía mediante fuentes no fósiles. La Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, establece que para el año 2024 la participación de las fuentes no fósiles en la generación de electricidad será del 35% [SENER, 2015].

Por otro lado, la electricidad es un energético básico para las actividades diarias hogareñas y productivas. Contar con electricidad es una problemática aún en comunidades rurales, por lo anterior, resulta de vital importancia el uso de biotecnologías sustentables y económicamente viables que favorezcan mejorar las condiciones de vida de comunidades rurales con necesidad de electricidad.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

En la actualidad aún existen comunidades rurales consideradas como zonas con alto grado de marginación, que no cuentan con un sistema eléctrico, estas comunidades son las más afectadas, debido a su baja población, bajos recursos económicos y falta de información sobre el tema de energía. Pocas veces el gobierno les considera y no invierten en infraestructura que permita que llegue la electricidad a esas zonas, sumado a otros problemas colectivos como la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico e industrial, teniendo como consecuencia que no puedan tener una buena calidad de vida y estén propensos a problemas de salud y contaminación media ambiental.

Una alternativa sustentable poco estudiada es la obtención de bioenergía mediante la fotosíntesis de las plantas. La fotosíntesis es un proceso de anabolismo autótrofo, consta de dos fases: una luminosa y otra oscura. En ellas se produce la transformación no sólo de materia inorgánica en orgánica, sino también de energía luminosa en energía química de enlace.

La Fase luminosa en donde se transforma la energía luminosa en química: que es usada por todos los seres vivos. Los vegetales son el primer y único eslabón productor de la cadena trófica. Esta fase depende de la luz que reciben los cloroplastos de la células vegetales que son captados por medio de la clorofila, esta energía lumínica descompone el agua en Oxigeno e Hidrogeno, liberándose el Oxigeno y generándose 2 moléculas por medio del movimiento de sus electrones de un nivel a otro liberando energía para producir la molécula ATP y el poder reductor que es la molécula $NADPH_2$ que aportarán a la fase siguiente energía química para la transformación de CO_2 en Hidratos de carbono.

En la Fase oscura ya no interviene la luz, aquí las moléculas formadas en la fase luminosa (ATP y $NADPH_2$) participan en la reducción del bióxido de carbono (CO_2) mediante una serie de reacciones denominadas “Ciclo de Calvin” para la nutrición de la planta [Ocampo-Fernández, 2014].

En el curso de las reacciones dentro de la fotosíntesis, la energía luminosa se convierte en energía eléctrica -flujo de electrones-, y ésta, a su vez en energía química que se almacena en los enlaces $NADPH_2$ y ATP.

En este trabajo se propone la alternativa de obtención de electricidad mediante el aprovechamiento de la bioenergía producida por la fotosíntesis de las plantas, para lo cual se utilizó una fachada verde con las especies hornamentales *Euphorbia mili* (Corona de Cristo)*, Iris* (Lirio)*, Geranium* (Geranio)*, Spathiphyllum* (Cuna de Moisés) y *Begonia aconitifolia* (Ala de ángel). Además del uso de las plantas de ornato, se considera un sistema de bajo costo y poco mantenimiento, procurando siempre el riego constante. Este proyecto considera la factibilidad de desarrollo a escala piloto que permita una producción importante de electricidad a corto plazo.

Metodología

Materiales

Para llevar a cabo el presente estudio se utilizaron los siguientes materiales: seis botellas de tereftalato de polietileno (PET) recicladas y de diferentes tamaños, 6 plantas de diferentes tipos (1 *Euphorbia mili,* 2 *Iris,* 1 *Geranium,* 1 *Spathiphyllum y* 1 *Begonia aconitifolia*), alambre de cobre dispuesto en espirales pequeños, malla de metal hexagonal, tierra negra y un multímetro marca Traka electronic modelo 2451.

Preparación de dispositivos “maceta”

Las 6 botellas de plástico limpias fueron seccionadas aproximadamente a la mitad de la botella para confeccionar “macetas”, las cuales fueron acondicionadas con orificios en la parte inferior para la salida del agua en exceso después del riego. También se hicieron orificios a los costados de los contenedores para la salida de los cables utilizados para la conducción de la electricidad en serie.

Una vez preparados los contenedores se construyó el siguiente dispositivo en cada uno de ellos: se soldó con estaño un cable de carga negativa a una sección de malla de metal, lo cual constituyó el ánodo (polo negativo). El ánodo se colocó en la base interior de la botella, sacando el cable negativo por uno de los orificios del costado de ella y se cubrió con tierra negra. Posteriormente, se soldó un cable de carga positiva a un espiral de cobre, lo

 ISSN 2007-8102

que constituyó el cátodo (polo positivo), y se colocó sobre la tierra asegurándose de que por ningún motivo se tocaran ambos polos. Se sacó el cable positivo por otro orificio de la botella y se cubrió el espiral con tierra negra.

Una vez cubierto el polo positivo, se colocó la planta y se fijó con más tierra negra. Ambos cables salieron por los orificios hechos al costado de los contenedores. La Figura 1 muestra el dispositivo en cada uno de los contenedores.

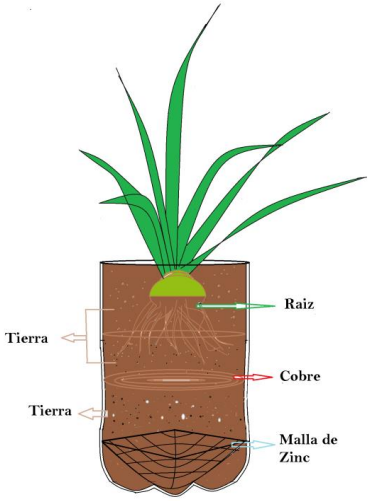


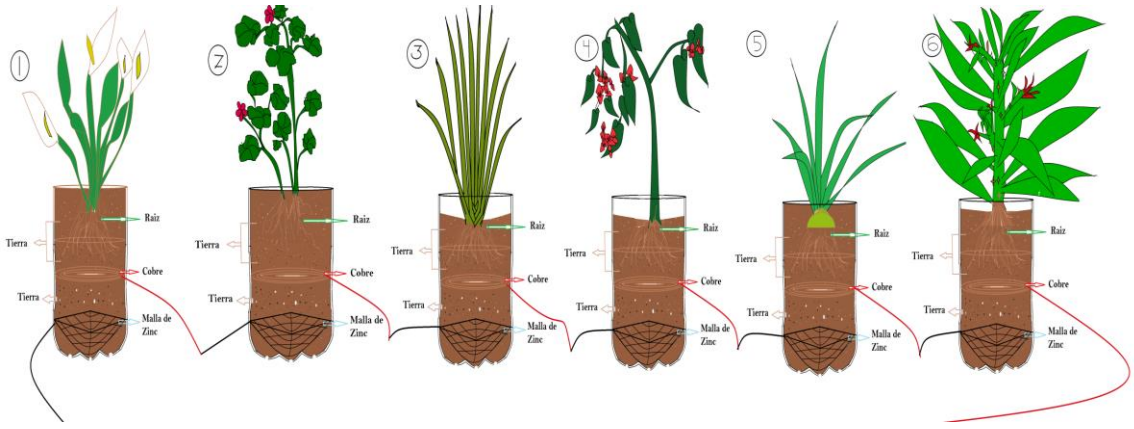
Figura 1. Dispositivo en cada uno de los contenedores.

Mediciones individuales preliminares

Una vez que cada una de las seis plantas fueron dispuestas en su dispositivo “maceta”, fueron tomadas mediciones individuales de voltaje de manera preliminar. Las mediciones individuales se realizaron tres veces al día durante cinco días; los voltajes fueron medidos a las 7:00, 15:00 y 23:00 horas.

Medición de voltaje de dispositivos en serie

Se realizó una conexión en serie con los seis dispositivos “maceta” (Figura 2). Se tomaron mediciones cada dos horas, a partir de las 6:00 hasta las 22:00 horas. Esto se llevó a cabo durante 6 días. La medición del voltaje total se realizó mediante un multímetro marca Traka electronic modelo 2451.



.

Figura 2. Dispositivos “maceta” en serie.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Mediciones individuales preliminares

A continuación, se muestran los resultados de las mediciones individuales de voltajes llevadas a cabo en cada dispositivo “maceta” (Tabla 1).

Tabla 1. Mediciones individuales de voltajes.

DIA	HORA	VOLTAJE					
		1. *Spathiphyllum*	2. *Geranium*	3. *Iris*	4. *Begonia aconitifolia*	5. *Iris*	6. *Euphorbia Mili*
1	07:00	0.29	0.65	0.7	0.38	0.38	0.32
	15:00	0.3	0.64	0.7	0.38	0.39	0.33
	23:00	0.3	0.63	0.73	0.39	0.39	0.32
2	07:00	0.3	0.65	0.72	0.4	0.4	0.32
	15:00	0.3	0.65	0.72	0.4	0.41	0.3
	23:00	0.3	0.64	0.72	0.4	0.41	0.32
3	07:00	0.3	0.64	0.73	0.39	0.41	32
	15:00	0.31	0.65	0.73	0.4	0.36	0.33
	23:00	0.3	0.65	0.72	0.4	0.36	0.33
4	07:00	0.29	0.63	0.7	0.39	0.35	0.32
	15:00	0.28	0.65	0.67	0.41	0.35	0.32
	23:00	0.29	0.63	0.68	0.41	0.35	0.32
5	07:00	0.3	0.65	0.7	0.4	0.36	0.31
	15:00	0.3	0.65	0.7	0.39	0.37	0.32
	23:00	0.29	0.65	0.69	0.39	0.38	0.32

Se observa que la clase de planta que más voltaje produce es una de las dos *Iris* incluidas en el estudio, con un voltaje promedio de 0.70, seguida del *Geranium* con un voltaje promedio de 0.644. Es importante mencionar que el voltaje producido se mantiene durante la noche, pero lamentablemente no fueron tomadas las mediciones correspondientes con un horario establecido. A partir de este estudio preliminar se infiere que, cada clase de planta produce un voltaje diferente y, que podría haber una mayor producción de voltaje utilizando solamente las plantas antes mencionadas, pero es necesario realizar un estudio de mayor profundidad.



Figura 3. Medición de voltaje de plantas individuales.

 ISSN 2007-8102

En la investigación realizada por Mata-González y col. (2017) se obtuvieron voltajes promedio menores al mejor obtenido en este trabajo, siendo de 0.41 para la *Sanseviera trifasciate* (Lengua de tigre), 0.58 para *Aloe barbadensis* (Sávila) y 0.69 para *Pelargonium citrosum* (Citronela). Mientras que obtuvieron un voltaje promedio mayor de 0.861 para *Gazania x hybrida* (Gazania). Sin embargo, ellos no construyeron ningún sistema en serie para poder obtener mayor energía.

Medición de voltaje de dispositivos en serie

Previo a la constitución del sistema en serie se colocaron los dispositivos "maceta" en forma paralela, pero se obtuvo muy poco voltaje, alrededor de 0.66 volts. Una vez constituido y regado con agua corriente el sistema de contenedores en serie, se cerró el circuito conectando los cables terminales al multímetro utilizado y se tomaron las respectivas medidas de voltaje en el horario establecido. En la Figura 4a se muestra el sistema en serie de los dispositivos "maceta". En la Tabla 2 se aprecian los resultados obtenidos en cuanto al voltaje total producido por los dispositivos en serie a lo largo de 5 días.

Tabla 2. Medición de voltaje total de dispositivos "maceta".

HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
06:00	2.53	2.51	2.53	2.5	2.51
08:00	2.53	2.51	2.5	2.5	2.51
10:00	2.52	2.52	2.53	2.53	2.5
12:00	2.53	2.49	2.53	2.58	2.53
14:00	2.53	2.5	2.56	2.53	2.53
16:00	2.52	2.51	2.54	2.52	2.51
18:00	2.52	2.5	2.52	2.5	2.51
20:00	2.49	2.49	2.56	2.48	2.47
22:00	2.5	2.5	2.48	2.46	2.46



Figura 4. a) Sistema de dispositivos en serie (izquierda) y b) leds encendidos (derecha).

Se observan voltajes muy parecidos a lo largo del día y a través de los días de experimentación. Se obtuvo un voltaje promedio de 2.52, con lo cual se pudo encender dos leds (Figura 4b). Estos se mantuvieron encendidos todo el tiempo (aproximadamente 60 minutos), apagándose solamente al desconectar el circuito.

El sistema de dispositivos “maceta” descrito es de bajo costo y poco mantenimiento, procurando siempre el riego constante. Además de la electricidad obtenida mediante este sistema, las plantas utilizadas son de ornato y frecuentemente encontradas en la región (Mendoza – Córdoba),

De acuerdo a lo observado y al voltaje total obtenido en la experimentación, se infiere la posibilidad de obtener mayor cantidad de electricidad a mayores escalas.

Estos resultados muestran una forma diferente de producir energía de manera sustentable y de bajo costo, además del mínimo mantenimiento requerido, haciendo esta tecnología factible para su uso en zonas marginadas con escaso o nulo acceso a la energía eléctrica y con poca solvencia económica.

Trabajo a futuro

Este proyecto considera la factibilidad de un estudio con mayor profundidad y desarrollo a escala piloto que permita una producción importante de electricidad a corto plazo.

Conclusiones

Se constituyó un sistema en serie de seis dispositivos “maceta” utilizando los tipos *Euphorbia mili* (Corona de Cristo)*, Iris* (Lirio)*, Geranium* (Geranio)*, Spathiphyllum* (Cuna de Moisés) y *Begonia aconitifolia* (Ala de ángel) para la generación de electricidad a partir del aprovechamiento de la fotosíntesis. A partir de la configuración del sistema se concluye que el sistema en serie es el más eficiente para la generación de electricidad, obteniéndose un voltaje total promedio de 2.52. También se concluye que cada tipo de planta produce diferente voltaje, obteniendo un mayor voltaje una de las dos *Iris* incluidas en el estudio, con un promedio de 0.70, seguida del *Geranium* con un promedio de 0.644*.* Los resultados prueban el éxito del sistema al generar electricidad suficiente para encender dos leds, lo que nos lleva a inferir que utilizando sistemas de mayor escala se obtendrá mayor cantidad de energía.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Escuela Universitaria de Rio Blanco por la facilitación de sus instalaciones y al CREFAL por las becas concedidas.

Referencias

1. Khan, H. U. R., Nassani, A. A., Aldakhil, A. M., Abro, M. M. Q., Islam, T., & Zaman, K. (2019). Pro-poor growth and sustainable development framework: Evidence from two step GMM estimator. *Journal of Cleaner Production*, 206, 767-784.
2. Li, C. (2019). Techno-economic study of off-grid hybrid photovoltaic/battery and photovoltaic/battery/fuel cell power systems in Kunming, China. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 41**(13)** 1588-1604.
3. Mata-González, M.G., Dimas-Reséndiz, A., Machuca-Pulido, L.A. y Medina-Juárez, M.S. (2017). Generación de electricidad a base de fotosíntesis. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 4**(12)** 5 -11.
4. Naveen, K.M.; Ravichandra, P.; Rama, R.B.; Vijai, K.G. (2014). Chapter 1- Current Bioenergy Researches: Strengths and Future Challenges. Bioenergy Research: Advances and Applications. Pages 1-21. Doi: 10.1016/B978-0-444-59561-4.00001-2
5. Ocampo-Fernández, N. (2014). Fotosíntesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/bachillerato/documentos/2014/LECT110.pdf
6. SENER. (2015). Energías limpias. Dirección general de energías limpias. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/36175/Bolet_n_Energ_as_Limpias_Dos.pdf

Simulación de una columna de adsorción de CO_2 utilizando zeolita como agente adsorbente

J. Barojas Huerta[1], O. Trejo Chavero[1], A. Valdez Tovar[1], R. E. Hernández Ramirez[1], S. Lezama Alvarez[1]*
[1]Subdireccion de estudios profesionales C, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Avenida, 16 de Septiembre 54, Cabecera municipal, C.P. 55700, EDOMEX., México
**Juvebarhuer@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La liberación de CO_2 al medio ambiente es un problema de contaminación creciente en el mundo, es por eso que se estudió la capacidad de adsorción de CO_2 en la zeolita, se consideró la columna de adsorción como un reactor de lecho empacado (PBR), la ecuación de velocidad de adsorción considera la constante de velocidad, el cambio fraccionario de volumen por mol de CO_2 adsorbido y el orden de reacción como parámetros a ser ajustados. El modelo matemático se resolvió utilizando el ODE45 de MATLAB, se resolvieron dos ecuaciones diferenciales simultaneas para calcular la concentración de CO_2 contra el tiempo para alimentar la resolución de una segunda ecuación diferencial ordinaria que calcula la conversión de CO_2 respecto a la longitud, la simulación puede predecir la concentración, conversión y velocidad de adsorción con respecto al tiempo y longitud de la columna, se utilizó una columna de 2 pulgadas de diámetro y 1 m de altura, alimentada con una mezcla gaseosa de CO_2 y aire a diferentes flujos volumétricos y concentraciones, se realizó un muestreo a distintas longitudes de la columna, el ajuste de parámetros se realizó minimizando la diferencia de cuadrados.

***Palabras clave**: Adsorción, Zeolita, PBR.*

Abstract

The CO_2 release into the environment is an increasing pollution world problem, that's why we studied the capacity of CO_2 adsorption in zeolite, the adsorption column was considered as a packed bed reactor (PBR), the adsorption rate equation considers the speed constant, the fractional change in volume per mole of CO_2 adsorbed and the order of reaction as parameters to be adjusted. The mathematical model was solved using the ODE45 of MATLAB, two simultaneous differential equations were solved to calculate the concentration of $_{CO2}$ with respect to time to feed the resolution of a second ordinary differential equation that calculates the conversion of CO_2 with respect to the length, the simulation can predict the concentration, conversion and adsorption speed with respect to the time and length of the column, a column of 2 in diameter and 1 m in height was used, feeded with a gas mixture of CO_2 and air at different volumetric flows and concentrations, sampling was carried out at different lengths of the column, the adjustment of parameters was made minimizing the difference of squares.

***Key words**: Adsorption, Zeolite, PBR.*

Introducción

Las perspectivas económico-ambientales están tomando un impulso, cada vez mayor en el análisis de los países. Pero pocos estudios tienen en cuenta la naturaleza multidimensional del fenómeno. La principal medida de la contaminación siguen siendo solamente las emisiones de CO_2, o en el mejor de los casos, las emisiones equivalentes de CO_2 [Caravaggio y col., 2019]. El CO_2 es un compuesto recurrente en las emisiones de gases contaminantes, este propicia el efecto invernadero aumentando la temperatura global del planeta, por lo cual es importante diseñar formas de evitar la liberación de CO_2 a la atmosfera. Existen algunos estudios previos que proponen algunas alternativas para mitigar las emisiones de CO_2.
Thang y col., [2014] presentó un estudio espectroscópico, calorimétrico y teórico que habla acerca de la adsorción de CO_2 sobre zeolitas, donde se demuestra alrededor de un 50% de adsorción total de CO_2 molecular

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

en la zeolita. Zhang y col., [2017] desarrolló un método de adsorción mediante el uso de zeolita que captura el CO_2, esta fue sintetizada a partir de cenizas volantes mediante un proceso de tratamiento hidrotermal donde se observa un alto nivel de adsorción (223 mg/g) a temperatura ambiente, los resultados se consideran favorables para una potencial captura de CO_2 a condiciones normales. Mendes y col., [2017] presentó un estudio acerca del proceso de adsorción en gases de combustión que contienen otros gases como N_2, CO, H_2, y CH_4. El método se llevó a cabo utilizando zeolita 5A como adsorbente, y la técnica gravimétrica en micro balanza de suspensión magnética simulando el comportamiento de adsorción de un lecho fijo.

El presente trabajo se realizó con zeolita comercial de origen mineral, por lo cual el agente adsorbente es más accesible y económico, de esta forma la simulación de una columna tipo PBR puede permitir realizar predicciones sobre el proceso de adsorción utilizando zeolita como material adsorbente, de esta manera se genera un aporte sobre el área de conocimiento con respecto a la literatura citada. Se presentan las propuestas y solución del modelo matemático que describe el proceso de adsorción, los resultados de la calibración para la adaptación del método Orsat y corridas experimentales, así como la validación del modelo matemático y ajuste de parámetros a través del software MATLAB®.

Metodología

Materiales

Se utilizó zeolita marca PURIKOR tipo PKZEOLITA con un tamaño de partícula de 1.5804 mm, Un tanque de CO_2 de 500 g, una columna de adsorción de 1 m de longitud, una bomba de aire, mezclador estático de gases, una solución de KOH al 30% (p/v), una solución confinante con 20% (p/v) de sulfato de sodio, 5% (v/v) ácido sulfúrico y 2 gotas de naranja de metilo.

Calibración de la adaptación del método Orsat

Se realizó una adaptación del método Orsat utilizando un vaso de precipitado de 600 ml, un embudo de separación de 250 ml, una bureta de 15 ml, mangueras y conexiones, se realizó una mezcla de aire y CO_2 con volúmenes conocidos, una alícuota de la mezcla es alimentada al equipo Orsat y es analizada, la lectura del volumen de CO_2 absorbido por la solución de KOH se utilizó para ajustar y graficar una curva de calibración volumen absorbido vs concentración conocida de CO_2.

Corrida experimental para la adsorción del CO_2

Se montó la columna de adsorción utilizando un soporte universal, se cargaron 600 g de zeolita en la columna, la zeolita no se regenero por lo cual era remplazada por zeolita nueva en cada corrida, se realizó una prueba para medir el flujo de aire que pasa a través de la columna, el flujo de aire se calculó por desplazamiento de volumen de agua en una probeta, se hizo pasar CO_2 y aire por la parte inferior de la columna, se dejó homogenizar la mezcla por 5 minutos y se procede a tomar las muestras de gas, las muestras se toman a lo largo de la columna cada 22.5 cm utilizando bolsas tipo Tedlar.

Análisis de las muestras de aire-CO_2

La implementación del análisis de CO_2 en una mezcla gaseosa se llevó a cabo montando la adaptación del equipo Orsat, posteriormente se purgo la cámara de absorción utilizando la solución de KOH, la bureta se llenó con la solución confinante, posteriormente se conectó la bolsa tipo Tedlar en la conexión de entrada de muestra, se tomó una porción de la muestra gaseosa para purgar las mangueras y conexiones, se sacó el excedente de gas y se procedió a tomar 15 ml de muestra gaseosa, se manipuló la botella niveladora y las llaves del equipo para realizar 3 pasadas del gas por la cámara de absorción, por último se realizó la medición del volumen absorbido nivelando la solución confinante en la bureta con la botella niveladora, se utilizó la curva de calibración para conocer la concentración de CO_2 en %(v/v).

 ISSN 2007-8102

Resolución del modelo matemático

Basado en lo descrito por Fogler [2006], se utilizó un modelo de reacción química debido a que el proceso de adsorción es análogo a un reactor de lecho fijo en fase estacionaria, debido a que la concentración de CO_2 va disminuyendo a lo largo de la columna, esto es análogo a la disminución de concentración de reactivos al transformarse en un nuevo compuesto, se consideró que la columna opera a presión atmosférica, se despreció la diferencia de presión a través de la columna debido a que los gases presenta baja viscosidad. Se establecen cuatro ecuaciones diferenciales para resolver el modelo (eq 1, 2, 4 y 5). La ecuación que establece la velocidad de reacción en función del tiempo es reportada por Fogler [2006], dicha ecuación está en función de la concentración de CO_2 inicial ($C_{(CO_2)_0}$), la conversión (X), el cambio fraccionario de volumen por unidad de mol adsorbido (ε) y la constante de velocidad de adsorción (k) (eq 1). La ecuación que describe la velocidad de conversión es reportada por Fogler [2006], depende únicamente de la concentración inicial de CO_2 ($C_{(CO_2)_0}$), y la velocidad de reacción (dC_{CO_2}/dt) (eq 2). La concentración de CO_2 depende tanto del tiempo como de la posición, de esta forma se tiene un sistema de ecuaciones diferenciales con dos variables independientes, por lo cual su resolución debe abordarse utilizando ecuaciones diferenciales parciales, para poder resolver el sistema utilizando solo ecuaciones diferenciales ordinarias se llevaron a cabo las siguientes consideraciones, el sistema se considera en su fase estacionaria, se utiliza la ecuación reportada por Fogler [2006], para calcular el volumen de un reactor con respecto a su conversión, de esta forma la ecuación 3 es dividida por el área trasversal de la columna, obteniendo el coeficiente ($4000/\pi Dt^2$) el cual permite convertir el volumen de litros a centímetros obteniendo así la ecuación 4, la cual describe el cambio de la longitud con respecto al grado de conversión del CO_2, este depende del flujo inicial que entra a la columna ($F_{(CO2)0}$), el diámetro de la columna (D_t) y la velocidad de reacción (r_{co_2}). Para calcular la concentración de CO_2 a través de la columna se propuso un análisis de las dimensiones de las ecuaciones 1, 2 y 4, de tal forma que al dividir la ecuación 1 entre el producto de las ecuaciones 2 y 4 se obtenía la razón de cambio de la concentración de CO_2 con respecto a la longitud (eq 5).

$$\frac{dC_{CO_2}}{dt} = -k\left[\frac{C_{(CO_2)_0}(1-X)}{1+\varepsilon X}\right]^n \tag{1}$$

$$\frac{dX}{dt} = \frac{1}{C_{(CO_2)_0}}\frac{dC_{CO_2}}{dt} \tag{2}$$

$$\frac{dV}{dX} = F_{(CO_2)_0}\left[\frac{1}{-r_{co_2}}\right] \tag{3}$$

$$\frac{dL}{dX} = -\left(\frac{4000 * F_{(CO_2)_0}}{\pi * Dt^2}\right)\left(\frac{1}{-r_{co_2}}\right) \tag{4}$$

$$\frac{dC_{CO_2}}{dL} = \frac{\frac{dC_{CO_2}}{dt}}{\left(\frac{dL}{dX}\right)\left(\frac{dX}{dt}\right)} \tag{5}$$

$$f'(x) = \frac{f(x+2h) - 4f(x+h) + 3f(x)}{2h} \tag{6}$$

La resolución del modelo propuesto se llevó a cabo utilizando MATLAB, se resolvieron de forma simultánea las ecuaciones 1 y 2 utilizando el ode45, los resultados de dicha resolución se utilizaron para calcular la velocidad de reacción, debido a que $-r_{co_2} = dC_{CO_2}/dt$ la velocidad de reacción se calculó utilizando interpolación cuadrática y diferencias finitas (eq 6), la velocidad de reacción se sustituyó en la ecuación 4, y a su vez los resultados se sustituyeron en la ecuación 5, los resultados obtenidos se interpolaron y se resolvió la ecuación diferencial ordinaria utilizando ode45, obteniendo así la concentración de CO_2 con respecto a la longitud, de

 ISSN 2007-8102

esta forma se obtuvieron los perfiles de concentración, velocidad de reacción y conversión con respecto al tiempo y longitud, los parámetros del modelo (k, ε y n) fueron ajustados utilizando la herramienta fminsearch para minimizar la diferencia de cuadrados entre los datos experimentales y los calculados por el modelo.

Resultados y discusión

Curva de calibración método Orsat

Se realizó la adaptación del método Orsat, por lo cual se realizó una calibración utilizando una mezcla gaseosa de concentración conocida, En la Tabla 1 se muestran los datos del volumen absorbido por la solución de KOH y la concentración de CO_2 en la muestra gaseosa.

Tabla 1. Volumen de CO_2 absorbido vs concentración de la muestra gaseosa.

CO_2 (ml)	%CO_2 (v/v)
5.5	25
11.5	50
18	75
8.3	35
14.4	60
5.7	25
11.1	50
18.3	75
7.6	35
13.3	60

En la Tabla 1 se observa que a mayor concentración de la mezcla gaseosa de CO_2 – aire el volumen absorbido aumenta, esto es debido a que el volumen absorbido corresponde a la fracción volumétrica de CO_2 en la mezcla. La Figura 1 presenta la curva de calibración y los datos experimentales de la Tabla 1 así como la ecuación ajustada.

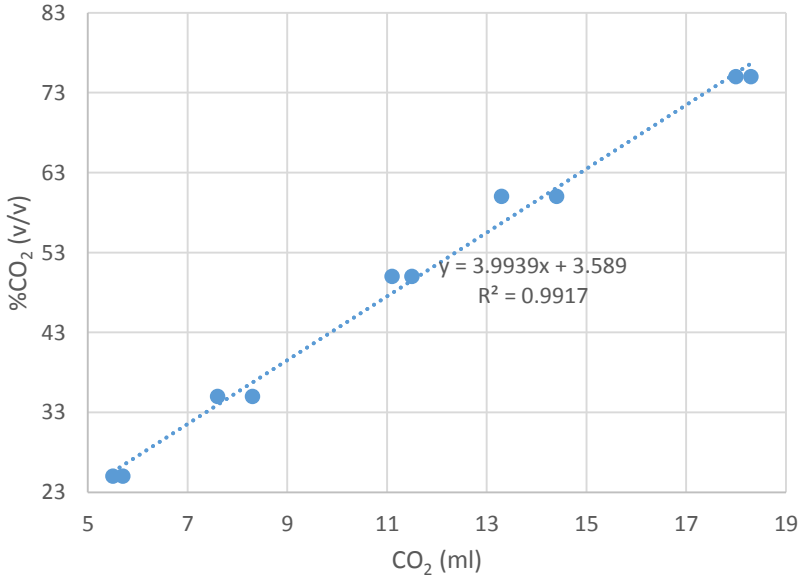


Figura 1. Curva de calibración del método Orsat.

 ISSN 2007-8102

De acuerdo a lo observado en la Figura 1 se puede inferir que la adaptación del método Orsat es confiable, debido a que el modelo de regresión tiene un ajuste satisfactorio con un coeficiente de correlación de 0.9917 y se observa una relación de proporcionalidad lineal, el rango de aplicación de la curva de calibración es de 25% (v/v) a 75% (v/v) de concentración de CO_2 en la mezcla a ser analizada, se conjetura este modelo puede ser extrapolado a concentraciones fuera de este rango debido a su alto grado de ajuste.

Efecto la zeolita sobre la concentración de CO_2 en la mezcla gaseosa

En la Tabla 2 se muestran los resultados de cuatro corridas de adsorción de CO_2, cada medición se realizó por triplicado, se utilizó zeolita nueva en cada corrida, la muestra gaseosa fue extraída 5 minutos después de iniciar la alimentación de la mezcla gaseosa, solo se muestran las concentraciones promedio y desviación estándar a 0 cm, 22.5 cm, 45 cm, 67.5 cm y 90 cm de longitud de la columna. Los flujos volumétricos de aire a la entrada de la columna de las corridas 1, 2, 3 y 4 son de 22.5859 ml/s, 20.6319 ml/s, 21.2261 ml/s y 22.0613 ml/s respectivamente. La concentración inicial de alimentación a la entrada de la columna de las corridas 1, 2, 3 y 4 son de 70.2871 %CO_2 (v/v), 72.3839 %CO_2 (v/v), 88.1598 %CO_2 (v/v) y 94.1506 %CO_2 (v/v) respectivamente.

Tabla 2. Concentración promedio de CO_2 a través de la columna (5 min).

	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3		Corrida 4	
Longitud (cm)	%CO_2 (v/v)	DS	%CO_2 (v/v)	DS	%CO_2 (v/v)	DS	%CO_2 (v/v)	DS
0	70.2871	±0.9151	72.3839	±1.1471	88.1598	±1.2786	94.1506	±0.9984
22.5	68.8227	±0.8313	65.8938	±1.1757	83.7665	±2.1966	87.0615	±1.6305
45	63.2312	±0.6101	61.2010	±2.1227	78.8740	±2.1007	81.1705	±1.5076
67.5	65.2281	±0.2305	59.2040	±0.9984	77.2764	±0.9507	77.6758	±1.0566
90	64.2297	±0.6419	55.1103	±0.3261	71.8840	±1.3835	74.3808	±1.0503

De acuerdo con lo observado en la Tabla 2, se puede inferir que la concentración de CO_2 decrece al pasar a través de la columna de zeolita debido a la adsorción del CO_2 en la fase sólida, la desviación estándar de las mediciones esta dentó de un rango de 0.3261 % (v/v) a 2.1966 % (v/v) lo cual es aceptable. En la Figura 2 se muestra una gráfica con los datos experimentales de la Tabla 2.

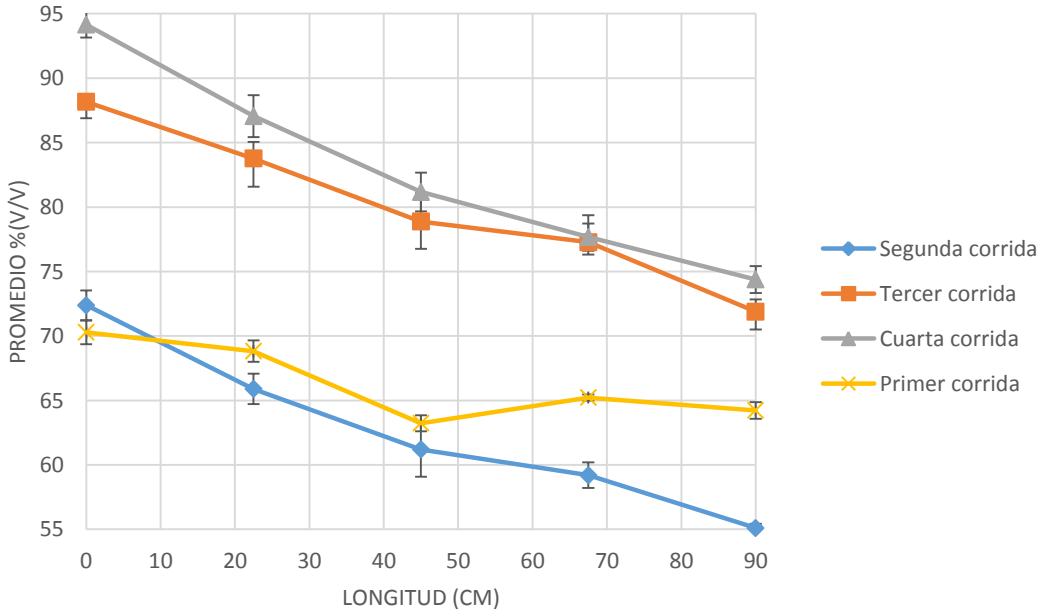


Figura 2. Concentración de CO_2 %(v/v) vs longitud de la columna (5 min).

 ISSN 2007-8102

De acuerdo con lo observado en la Figura 2 la concentración de CO_2 presenta un perfil decreciente con respecto a la longitud de la columna, la concentración de CO_2 disminuyó 6.0574 % (v/v), 17.2787 % (v/v), 16.2758 % (v/v) y 19.7698 % (v/v) para las corridas 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Se considera que la corrida 1 tiene un comportamiento distinto al del resto, esto es debido a que la técnica aún no estaba bien depurada, por lo cual hubo inconsistencias en la toma de muestras, esta corrida no fue considerada para realizar el ajuste de parámetros en las etapas siguientes.

Ajuste de parámetros y simulación

En la Tabla 3 se muestran los parámetros ajustados del modelo, la Figura 3 muestra las concentraciones experimentales de las corridas 2, 3 y 4 así como las concentraciones generadas por la simulación en fase estacionaria después de ajustar los parámetros. Las unidades de concentración fueron transformadas dé $\%CO_2$ (v/v) a gmol/l para poder realizar el ajuste de parámetros.

Tabla 3. Parámetros del modelo matemático (ajustados).

Parámetro	Valor
k [gmol/l s]	0.00193367
ε	2.64038047
n	3.90143917

En la Tabla 3 se observan los parámetros del modelo matemático, el valor de la constante de velocidad de adsorción (k) es relativamente bajo, lo cual nos indica que las columnas de este tipo deben mantener un flujo de entrada mesurado o aumentar el volumen del lecho, el valor del coeficiente de cambio de volumen por gmol de CO_2 adsorbido, indica que al adsorberse 1 mol de CO_2 el volumen de la mezcla gaseosa disminuye en 2.64 l y el valor de *n* nos indica que la interacción del CO_2 con la superficie de la zeolita no se lleva a cabo molécula por molécula, si no que en este proceso interviene aproximadamente 4 moléculas al mismo tiempo.

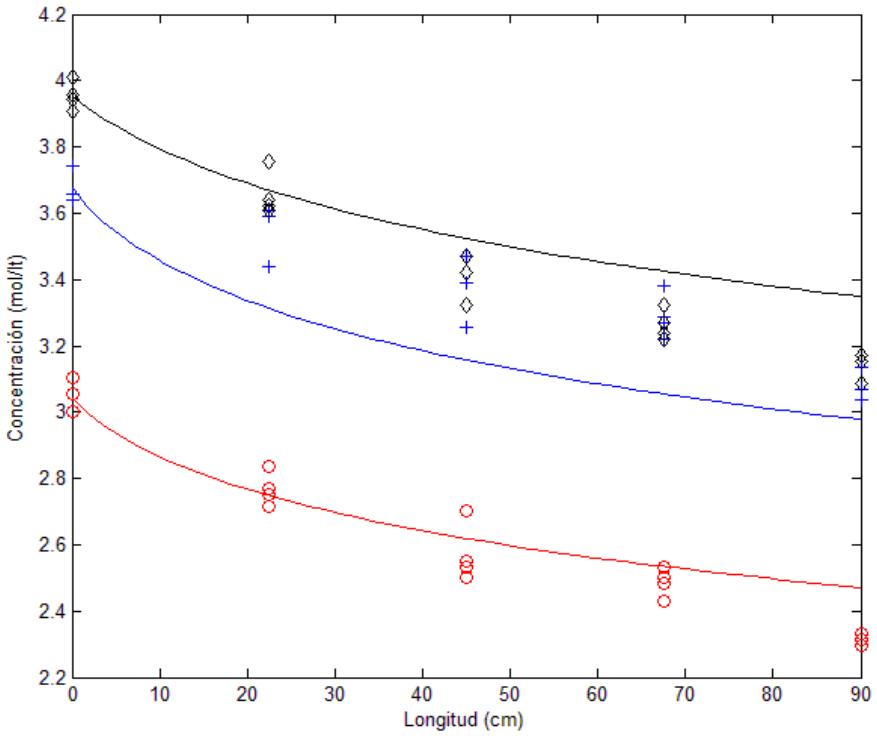


Figura 3. Grafica comparativa entre datos experimentales (5 min) y los generados por el modelo ($\%CO_2$ (v/v) vs longitud), o-corrida 2, +-corrida 3, ◊-corrida 4.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 3 se observa una comparación entre los datos experimentales y los perfiles generados por el modelo matemático, el ajuste es satisfactorio, debido a que se recrea la tendencia decreciente de la concentración a través de la longitud, se observa que el modelo se ajusta mejor a concentraciones bajas y difiere ligeramente a concentraciones altas, a pesar de esta discrepancia en el ajuste, el modelo puede ser considerado útil para explicar el fenómeno de adsorción en columnas empacadas. En la Figura 4 se muestran los perfiles en fase estacionaria que puede generar la simulación.

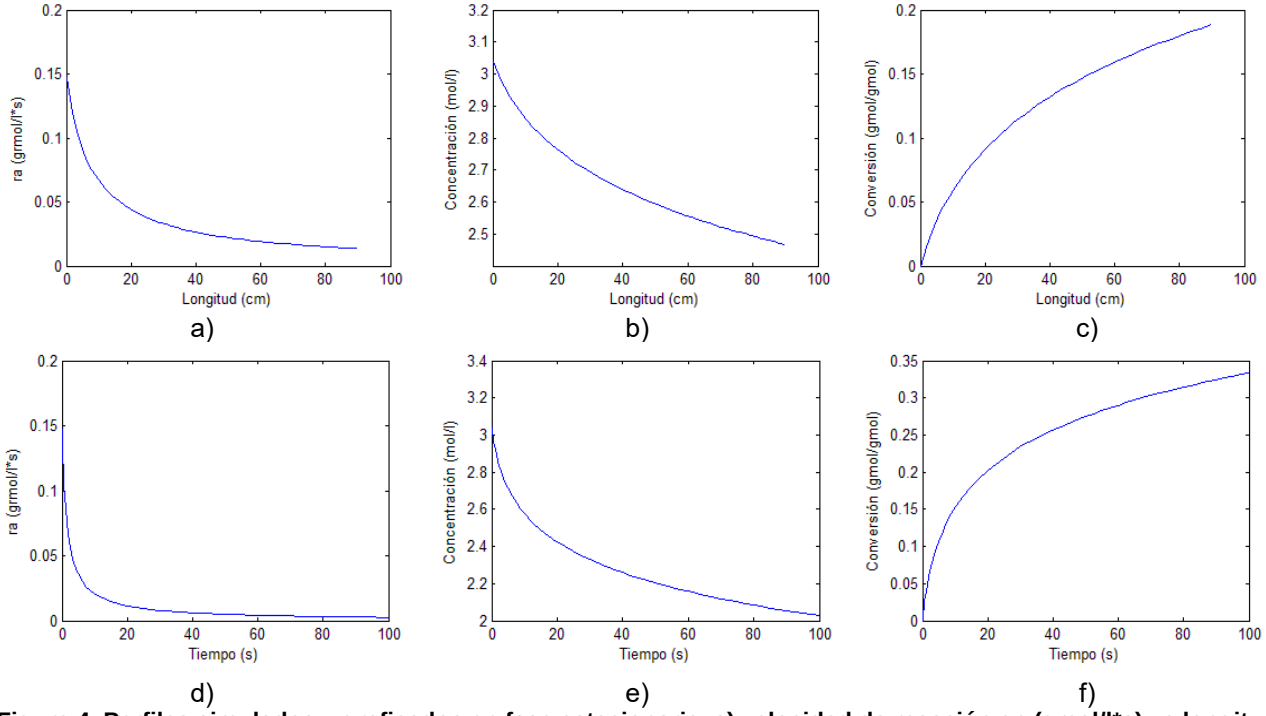


Figura 4. Perfiles simulados y graficados en fase estacionaria, a) velocidad de reacción en (gmol/l*s) vs longitud (cm). b) concentración (gmol/l) de CO_2 vs longitud (cm) c) conversión (gmol/gmol) vs longitud (cm) d) velocidad de reacción (gmol / l*s) vs tiempo (s) e) concentración (gmol/l) vs tiempo (s) f) conversión (gmol/gmol) vs tiempo (s).

En la Figura 4 se observan los perfiles generados por la simulación, cabe resaltar que para realizar la simulación se consideró que el proceso de adsorción está en fase estacionaria, por lo cual los perfiles mostrados en las figuras 4a - 4c representan los perfiles a cualquier tiempo después de su fase transitoria, los perfiles mostrados en las figuras 4d – 4f representan el cambio que sufre el elemento finito de volumen al atravesar la columna a un tiempo determinado, el perfil a) puede ser utilizado para determinar a qué longitud la velocidad de adsorción deja de ser efectiva y así evitar el diseño de columnas sobre dimensionadas, el perfil b) puede ser utilizado para determinar la longitud necesaria para obtener una determinada concentración de CO_2 y así cumplir con la normatividad de emisiones de CO_2, el perfil c) es un perfil de referencia que permite observar el tanto por uno de CO_2 que ha sido adsorbido a través de la columna, el perfil d) puede funcionar para determinar el tiempo de residencia de la mezcla gaseosa para mantener una a velocidad de adsorción efectiva, el perfil e) puede funcionar para determinar el tiempo necesario para obtener una concentración deseada en la descarga y así dimensionar la columna, el perfil f) es un perfil de referencia que permite observar el tanto por uno de CO_2 que ha sido adsorbido a través del tiempo.

Trabajo a futuro

Se deben realizar más corridas de adsorción, proponer un modelo que considere la presurización de la columna a través del lecho, considerar el proceso e fase transitoria debido al agotamiento del adsorbente, proponer alternativas para regenerar la zeolita, realizar un nuevo ajuste de parámetros para obtener un modelo matemático más robusto, así como el desarrollo de una interfaz gráfica para facilitar la operación de la simulación.

Conclusiones

Se elaboró una columna de adsorción de CO_2 utilizando zeolita como agente adsorbente, se realizó una adaptación del método Orsat para cuantificar el CO_2 adsorbido a lo largo de la columna, así como la programación de una simulación en MATLAB. Los resultados prueban el éxito de la adaptación del método Orsat para la cuantificación del CO_2, a su vez se comprobó que el CO_2 puede ser adsorbido en una columna empacada con zeolita, pudiendo cuantificar la remoción de CO_2 de una mezcla gaseosa, la simulación puede ser utilizada para realizar el diseño, escalamiento y evaluación preliminar de una columna de adsorción solido-gas.

Agradecimientos

Agradezco al Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco por el apoyo al desarrollo experimental del presente trabajo y a Andrea Valdez por su constancia implacable y amplio sentido de la responsabilidad para dar continuidad a cada una de las etapas de la presente investigación.

Referencias

1. Caravaggio, N.; Caravella, S.; Ishizaka, A. and Resce, G. (2019). Beyond CO2: A multi-criteria analysis of air pollution in Europe. *J. Cleaner Prod*, **(219)** 576-586.
2. Thang, H.; Grajciar, L.; Nachtigall, P.; Bludský, O.; Areán, C.; Frýdová, E. and Bulánek, R. (2014). Adsorption of CO2 in FAU zeolites: Effect of zeolite composition. *Cat. Today*, **(227)** 50-56.
3. Zhang, Z.; Xiao, Y.; Wang, B.; Sun, Q. and Liu, H. (2017). Waste is a Misplayed Resource: Synthesis of Zeolites from Fly Ash for CO2 Capture. *E. Procedia*, **(114)** 2537-2544.
4. Mendes, P.; Ribeiro, A.; Gleichmann, K.; Ferreira, A. and Rodrigues, A. (2017). Separation of CO 2 /N 2 on binderless 5A zeolite. *J CO_2 Utilization*, **(20)** 224-233.
5. Fogler, H. (2006). *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas*. México: Pearson Educación.

Extracción y caracterización del aceite esencial de la hoja de momo (*piper auritum*)

J.S. López Lázaro[1*], *J.R. Carrera Aguilar[1], Y.E. Hernández Cardeño[1], M.E. Ojeda Morales[1], A.L. Severo Domínguez[1]*
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km. 1 Carretera Cunduacán-Jalpa, Col. Esmeralda, Cunduacán, CP: 86040, Tabasco, México
**lopezlazaro-js@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En esta investigación se extrajo aceite esencial de las hojas de la planta Piper auritum (Kunth) llamada comúnmente hierba santa o momo, aplicando extracción supercrítica, en la técnica se utilizó CO_2. Para la experimentación se estableció un diseño experimental central compuesto, en el cual se registraron temperatura y presión, los intervalos de operación (45 a 55 °C y 3000 a 5000 psi) fueron definidos con base en estudios previamente realizados. El flujo de CO_2 utilizado fue de 3.65 g/min. La extracción estática, tuvo un tiempo de 10 min y la extracción dinámica, un tiempo de 30 min. El aceite obtenido fue analizado por la técnica de cromatografía de gases, en donde se encontró la presencia de safrol en mayor porcentaje (81-91%), el cual puede ser usado como precursor en la producción de fármacos, además cuenta con actividad repelente y sería ideal para ser usado en elaboración de plaguicidas naturales.

***Palabras clave**: momo, safrol, extracción supercrítica, Piper auritum*

Abstract

This investigation, essential oil was extracted from the leaves of the Piper auritum (Kunth) plant called commonly holy grass or momo, applying supercritical extraction, CO_2 was used in the technique. For the experimentation a central composite experimental design was established, in which temperature and pressure were recorded, the operating intervals (45 to 55 ° C and 3000 to 5000 psi) were defined based on previously conducted studies. The CO_2 flow used was 3.65 g / min. The static extraction, had a time of 10 min and the dynamic extraction, a time of 30 min. The oil obtained was analyzed by the gas chromatography technique, where the presence of safrole was found in a higher percentage (81-91%), which can be used as a precursor in the production of drugs, also has repellent activity and it would be ideal for use in the production of natural pesticides.

***Key words**: Momo, safrole, supercritical extraction, Piper auritum*

Introducción

En los últimos años, el creciente interés por sustituir productos sintéticos por productos naturales ha abierto un nuevo campo de investigación sobre las propiedades de las plantas, ya que algunos principios activos como esteroides, terpenoides, alcaloides y compuestos fenólicos se encuentran en ellas, los cuales se deben a la actividad biológica de las mismas en el entorno donde proliferan. Por otro lado, los compuestos volátiles, que son los principales componentes de las especias y plantas aromáticas, tienen funciones más específicas y requieren un trato más especial debido a sus propiedades fisicoquímicas [Herrero y col., 2015; Herrero y col., 2013]. En conjunto, esta mezcla multicomponente se conoce como aceite esencial, el cual ha sido obtenido por diversos métodos de separación, siendo la extracción sólido-líquido la más utilizada [Albishri y Hady, 2014]; sin embargo, esta técnica emplea solventes que pueden contaminar el producto o limitar su uso, dependiendo de la toxicidad, se debe recurrir a una segunda operación unitaria de separación, incrementando los costos de producción, por ello es importante investigar métodos nuevos y/o alternativos para la obtención de aceites esenciales [Peredo-Luna y col., 2009]. En esta investigación se emplea la extracción por fluidos supercríticos (SFE) utilizando CO_2 como un solvente con propiedades fisicoquímicas particulares, ya que es una técnica en la que se obtiene la extracción en menor tiempo, se obtiene mayor rendimiento a menor costo, además es un proceso ecológico que ofrece un producto libre de residuos. Dicha técnica para obtener el aceite esencial fue aplicada a las hojas de Piper auritum o comúnmente llamada momo, ya que, aunque hay cierta información sobre sus propiedades, éstas pueden variar por diversos factores, entre ellos el método de extracción [Pérez, 2016]. Sin embargo, se conoce

muy poco la composición química del aceite esencial de P. auritum, lo cual es de suma importancia ya que la planta se ha utilizado tradicionalmente como antirreumático, diurético, antiinflamatorio, antibacteriano, antifúngico y antidermatofítico. El aceite esencial se puede utilizar como condimento en la industria alimentaria, además se puede proponer para la elaboración de insecticidas, fungicidas y plaguicidas ya que se ha observado que los extractos de P. auritum han reducido el crecimiento del hongo Colletotrichum gloeosporioides en la papaya Maradol [Mgbeahuruike y col., 2017]. Los estudios hacia esta especie en particular han mostrado procedimientos generales en sus experimentos [Conde y col., 2017], por lo que no se ha realizado un análisis detallado en la obtención de su aceite aplicando un método de extracción efectivo y confiable. Es por ello que este trabajo se enfocó en determinar las condiciones óptimas de presión y temperatura que maximicen el rendimiento de la extracción del aceite esencial de P. auritum utilizando el método de extracción por fluidos supercríticos y posteriormente analizar la composición del mismo mediante la técnica de cromatografía de gases, para identificar y cuantificar su componente mayoritario.

Metodología

Recolección de las muestras: las hojas de *P. auritum* se obtuvieron de un terreno de 100 m^2 ubicado en la ciudad de Comalcalco, Tabasco, la recolección se realizó por la mañana para evitar los rayos solares directos con la finalidad de mantener las hojas en buen estado para conservar las propiedades del aceite contenido en ellas [Bowles, 2004]. Se muestrearon 10 hojas por cada ejemplar adulto (7-8 meses de edad) obteniendo un total de 350 hojas.

Determinación de humedad de las muestras:
Base húmeda: las hojas de momo (*P. auritum*) previamente muestreadas fueron sometidas al proceso de lavado con agua libre de sales para eliminar impurezas. Una vez secas, se procedió a pesarlas antes de comenzar la determinación de humedad en base húmeda. Para una mejor manipulación de las muestras se realizaron conjuntos de 10 hojas, las cuales fueron sujetadas con hilo de seda por medio del tallo, seguidamente se colocaron en una estructura metálica y se dejaron secar a la sombra (temperatura de 30±2 °C) y en un lugar con buena ventilación para evitar la contaminación de las muestras, este proceso duró 7 días. El porcentaje de humedad fue calculado mediante la ecuación siguiente:

$$\%H = \frac{Pi-Pf}{Pi} \text{x } 100 \quad (1)$$

donde $\%H$: porcentaje de humedad, Pi: peso inicial de la muestra y Pf: peso final de la muestra.

Base seca: para realizar este análisis se empleó una bandeja de aluminio de peso conocido, posteriormente se colocaron en la bandeja las muestras empleadas en la determinación anterior. Posteriormente se introdujeron al horno de secado marca Ecoshel, modelo 9023A, con una temperatura constante de 70°C durante un tiempo de 11 h, antes de pesar la bandeja se colocó en un desecador para eliminar toda la humedad excedente posible. Finalmente la humedad fue determinada mediante la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{Pibm-Pfbm}{Pibm-Pb} \text{x } 100 \quad (2)$$

donde $\%H$: porcentaje de humedad, $Pibm$: peso inicial de la bandeja con muestra, $Pfbm$: peso final de la bandeja con muestra y Pb: peso de la bandeja.

Preparación de las muestras para la extracción del aceite esencial: las hojas secas fueron trituradas en un molino mecánico para obtener un tamaño de partícula promedio de 4 mm, posteriormente estas hojas se almacenaron en recipientes de vidrio y se conservaron en refrigeración a 7 °C hasta el proceso de extracción.

Establecimiento del diseño experimental: para la determinación de los intervalos de temperatura y presión como variables del proceso se establecieron condiciones a partir del punto crítico del solvente, 31.06 °C y 1070.3 psi. Con base en estudios previos se determinaron los intervalos de operación de las variables temperatura y presión [Goyeneche y col., 2018; Ferrentino y col., 2018; Baldino y col., 2018; Patil y col., 2018; Mouahid y col., 2017]. Se estableció un rango de 45 a 55 °C como temperatura de operación y de 3000 a 5000 psi como presión de operación. Mismos parámetros fueron registrados en un diseño central compuesto especificando 2 factores, con 2 niveles cada uno, 5 puntos centrales y 4 puntos axiales, con lo cual se generó un diseño con 9 experimentos, cada uno con 3 réplicas. El modelo del diseño se encuentra representado en el modelo de segundo orden:

$$Y_i^s = \beta_0 + \sum_{i=1}^{K} \beta_i X_I + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1<}^{k} \sum_{j=1}^{k} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (3)$$

 ISSN 2007-8102

donde Y_i^s corresponde a la variable de respuesta, X_i y X_j son los factores, β_0, β_i, β_{ij} y β_{ii} son los coeficientes constantes, lineales, de interacción y cuadráticos, respectivamente y ε es el error aleatorio.

A partir de los datos de operación, se calculó la constante α, la cual determina los límites de operación que pueden manejarse en el proceso (puntos axiales). A partir del valor de α, se determinaron los valores de los puntos axiales, se registraron parámetros mínimos y máximos de operación, teniendo una temperatura de operación mínima de 42.92 °C y una máxima de 57.07 °C, de igual manera una presión mínima de operación de 2 585.79 psi y una máxima de 5 414.21 psi (Figura 1). Para el análisis estadístico de los resultados se usó el software Minitab ® 17.

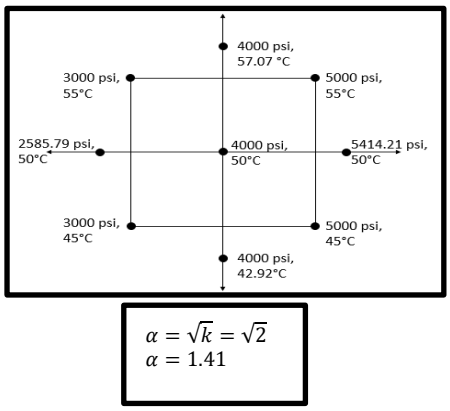


Figura 1. Diseño central compuesto

Extracción del aceite esencial: para realizar dicha extracción se empleó el método de extracción por fluidos supercríticos y para ello se utilizó el equipo de extracción supercrítica modelo SFT-150 SFE SYSTEM.

Para cada corrida en el equipo mencionado anteriormente se colocó en la celda de extracción 30 g de hoja triturada. Se emplearon dos tipos de extracción, dinámica y estática. La celda se calentó hasta la temperatura indicada por el diseño experimental y fue presurizada de acuerdo a la presión correspondiente. Posteriormente, se estableció un tiempo de extracción estática de 10 min para que el fluido supercrítico entrara en contacto directo con la muestra el tiempo suficiente para arrastrar los analitos, al finalizar ese tiempo, se aperturó la válvula dinámica/estática y mediante la válvula restrictora se estableció un flujo de CO_2 de 3.65 g/min. La extracción dinámica tuvo un tiempo de 30 min manteniendo un flujo constante en todo el proceso. Una vez concluido, la celda de extracción fue despresurizada por completo y el vial colector de analitos (previamente pesado) se retiró y se calculó la cantidad de aceite esencial obtenido. Mediante estos datos, se realizaron los cálculos de rendimiento obtenido en el proceso de extracción. Finalmente, se tomó una muestra de 0.1 g de aceite, se introdujo en un contenedor y se diluyó en 1 mL de hexano HPLC, este procedimiento se repitió para cada uno de los tratamientos establecidos en el diseño experimental. Los contenedores se almacenaron en refrigeración para su análisis posterior.

Rendimiento en la extracción: el rendimiento del proceso se calculó mediante

$$y = \frac{Extracto}{Muestra} \times 100 \quad (4)$$

en donde, *y* es el rendimiento de la extracción en %, *Extracto* es la cantidad de extracto obtenido en *g y Muestra* es la cantidad de muestra inicial en *g.*

Análisis químico del aceite esencial: para el análisis de cada una de las muestras, se tomaron 10 µL del aceite diluido y conservado previamente de cada tratamiento, dicha cantidad fue diluida en 1 mL de hexano grado HPLC. Para realizar el análisis de los compuestos químicos se empleó la técnica de cromatografía de gases utilizando el cromatógrafo de gases marca SHIMADZU modelo GCMS-QP2010 ULTRA. La identificación y cuantificación del safrol (componente mayoritario), se realizó a través de la técnica del estándar interno. Por tener características químicas similares al safrol se eligió al estragol como estándar interno.

En la separación de los compuestos, se utilizó una columna SH-Rxi-5Sil MS (30 m de largo × 0.25 mm de diámetro), recubierta con una película (0.25 µm) de 5% fenil y 95% dimetil polisiloxano. Las condiciones de análisis

fueron las siguientes: helio como gas portador a un caudal de 15.5 mL/min, 250 °C como temperatura del inyector, volumen de inyección de 1 µL, relación de división 10:1, temperatura programada a partir de 60 °C y aumentando a 4 °C/min hasta alcanzar los 250 °C. La energía de ionización era de 70 eV. El rango de masa de barrido fue de 43-350 m/z.

Resultados y discusión

Determinación de humedad de las hojas de *P. auritum:* Base húmeda: la humedad promedio de las hojas de momo fue del 78.75 %, lo cual indica que las hojas contienen una gran cantidad de agua presente en ellas.
Base seca: el porcentaje de humedad final promedio que presentaron las hojas fue del 12.75 % lo cual demuestra que las hojas perdieron una gran cantidad de humedad durante el proceso de secado.

Estudio del aceite esencial: el aceite obtenido en la extracción fue de un tono amarillo obscuro. El rendimiento obtenido de cada tratamiento se encuentra registrado en la Tabla 1.

Tabla 1. Rendimientos de extracción obtenidos de SFE.

Parámetros de operación	Rendimiento en %			
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Promedio por tratamiento
3 000.00 psi - 55.00 °C	2.27	2.33	2.34	2.31
4 000.00 psi - 50.00 °C	2.21	2.17	2.24	2.20
4 000.00 psi - 42.92 °C	1.66	1.62	1.58	1.62
5 000.00 psi - 45.00 °C	2.10	2.21	2.53	2.28
5 000.00 psi - 55.00 °C	2.51	2.44	2.49	**2.48**
2 585.79 psi - 50.00 °C	2.07	2.14	2.09	2.10
4 000.00 psi - 57.07 °C	2.32	2.34	2.28	2.31
5 414.21 psi - 50.00 °C	2.22	2.26	2.39	2.29
3 000.00 psi - 45.00 °C	1.98	1.98	1.83	1.93

Respecto a la Tabla 1 se puede observar que existe un mayor rendimiento en el tratamiento a 5 000.00 psi y 55.00 °C. Para analizar estadísticamente el rendimiento de extracción, se realizó el análisis de superficie de respuesta. El análisis de varianza de los factores establecidos en el diseño (presión y temperatura) se concentra en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis de varianza.

Fuente	DF	Adj SS	Adj MS	Valor-F	Valor-P
Modelo	5	1.33448	0.266896	13.95	0.000
Lineal	2	1.14842	0.574208	30.01	0.000
Presión	1	0.23130	0.231301	12.09	0.002
Temperatura	1	0.91712	0.917116	47.93	0.000
Cuadrado	2	0.16085	0.080427	4.20	0.029
Presión*Presión	1	0.01173	0.011733	0.61	0.442
Temperatura*Temperatura	1	0.05242	0.052418	2.74	0.113
Interacción de 2 vías	1	0.02521	0.025208	1.32	0.264
Presión*Temperatura	1	0.02521	0.025208	1.32	0.264
Error	21	0.40182	0.019134		
Falta de ajuste	3	0.25562	0.085206	10.49	0.000
Error puro	18	0.14620	0.008122		
Total	26	1.73630			

En el análisis de varianza, se observa que, en términos lineales, los factores mostraron efectos significativos ($p<0.05$), sin embargo, en los términos cuadráticos y de interacción, se mostraron efectos no significativos en la respuesta (rendimiento). El análisis presentó una R^2 en el modelo de 76.86 %, valor por encima del 70 %, el cual es sugerido como mínimo para fines de optimización [Gutiérrez-Pulido y de la Vara-Salazar, 2008]. También se realizó un análisis en busca de multicolinealidad para descartar toda correlación entre las variables, la cual puede provocar inestabilidad entre los coeficientes del modelo afectando directamente el diseño experimental; sin embargo, los valores VIF (factores de inflación de la varianza) fueron de 1, por lo que no se encontró multicolinealidad.

 ISSN 2007-8102

Fue necesario realizar una reducción del modelo para ajustar de mejor manera la respuesta al diseño experimental. Por lo que se eliminaron los términos no significativos de uno en uno empezando por el valor más alto, esto se realizó hasta obtener valores de significancia estadística ($p<0.05$) en cada término el valor de R^2 obtenida en este modelo es 74.73%. En la tabla de coeficientes codificados (Tabla 3) se muestra el ajuste realizado en el modelo.

Tabla 3. Coeficientes codificados.

Término	Efecto	Coef	SE Coef	Valor-T	Valor-P	VIF
Constante		2.2600	0.0416	54.27	0.000	
Presión	0.1963	0.0982	0.0282	3.48	0.002	1.00
Temperatura	0.3910	0.1955	0.0282	6.93	0.000	1.00
Temperatura*Temperatura	-0.2017	-0.1008	0.0361	-2.80	0.010	1.00

A partir del ajuste realizado en el análisis estadístico, se encontraron los coeficientes para formar el polinomio de respuesta

$$Y = -10.17 + 0.000098\,A + 0.442\,B - 0.00403\,B^2 \quad (5)$$

siendo *Y* el rendimiento de la extracción, *A* y *B*, presión y temperatura, respectivamente.

Aunado a lo anterior, se construyó la gráfica de superficie de respuesta 3D (Figura 2), en la cual puede observarse de mejor manera el comportamiento de los parámetros y la interacción entre ellos en la obtención de la respuesta. Este gráfico no mostró una inclinación lineal, por lo que puede observarse un máximo en los parámetros entre 5 000 psi y 55 °C, obteniendo un máximo rendimiento del 2.48 %. En un plano en 2D, en el gráfico de contornos (Figura 3), se tiene una visión más clara de la variación en el rendimiento a partir de los parámetros de operación empleados. Se puede observar que el máximo rendimiento se obtuvo dentro de los parámetros de operación establecidos.

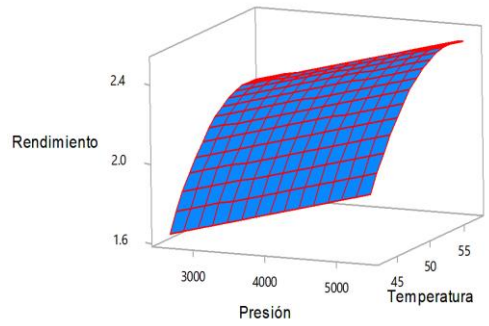


Figura 2. Gráfica 3D de superficie de respuesta

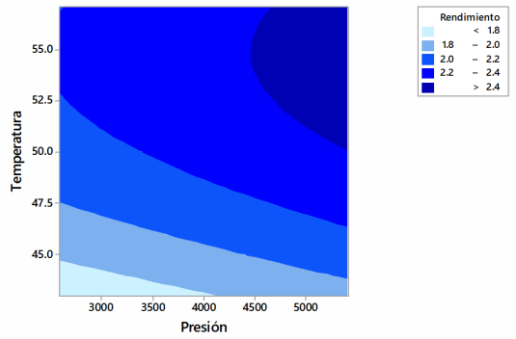


Figura 3. Gráfico de contornos

Para analizar el comportamiento de los dos factores empleados en el diseño (presión y temperatura), de manera independiente respecto a la respuesta, se construyó un diagrama de dispersión para cada factor. En el gráfico de presión vs rendimiento (Figura 4), se puede observar, que se obtuvo un buen rendimiento en el punto axial del diseño (5 414 psi), también puede observarse que el rendimiento fue relativamente menor pero significativo en el punto axial mínimo (2 585 psi). Sin embargo, el mayor rendimiento se obtuvo empleando una presión de 5 000 psi (valor por debajo del punto axial máximo). Por otra parte, en el gráfico de temperatura vs rendimiento (Figura 5), se observa un comportamiento más progresivo. Sin embargo, también se muestra un rendimiento considerable en el punto axial máximo (57.07 °C), pero, el rendimiento aumentó al disminuir la temperatura a 55 °C.

 ISSN 2007-8102

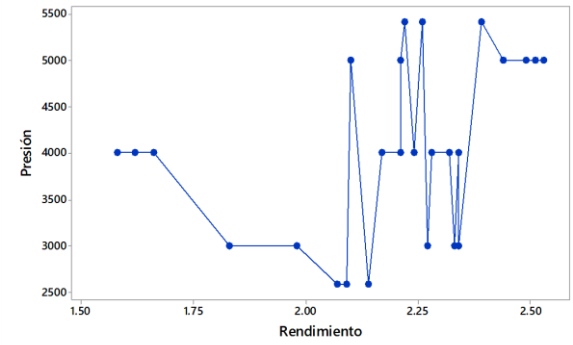


Figura 4. Gráfico de dispersión presión vs rendimiento

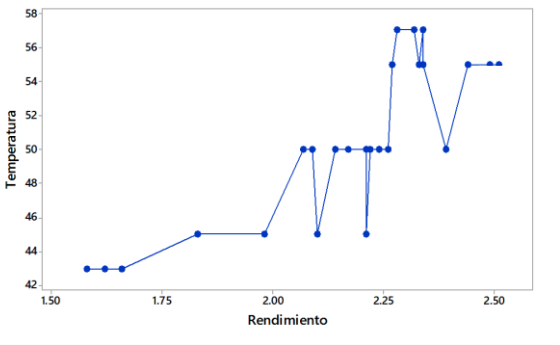


Figura 5. Gráfico de dispersión temperatura vs rendimiento

Composición del aceite esencial obtenido de las hojas de P. auritum: en el análisis cromatográfico se identificaron 8 componentes distintos, la mayoría de ellos fueron dependientes de los parámetros, es decir, la composición del aceite obtenido tuvo variaciones a partir de un incremento o decremento en la temperatura y la presión. Todos los componentes identificados en el aceite esencial se encuentran en la Tabla 4, la cual muestra los diferentes parámetros de operación en el proceso, así como el porcentaje de área promedio de cada uno de ellos en el cromatograma.

Los componentes identificados por cromatografía coincidieron con los componentes encontrados en el aceite esencial de la hoja de *P. auritum*, el cual fue obtenido en experimentos previos mediante destilación por vapor [Conde y col., 2017; Gupta y Arias, 1985]. Por otra parte, el safrol estuvo presente en mayor proporción en todos y cada uno de los experimentos de extracción. Así también, presentó un porcentaje de área de pico mayor (81-91 %), en proporción con los demás componentes identificados, los cuales presentaron un porcentaje de área menor (0.8-18 %).

Con base en los porcentajes de área, se determinó, que al igual que los estudios previos reportados de la composición de la hoja [Conde y col., 2017; Novaes y col., 2014; Potzernheim y col., 2012; Gupta y Arias, 1985], el safrol fue el componente mayoritario del aceite.

Tabla 4. Componentes obtenidos de la hoja de Momo mediante extracción supercrítica a distintos parámetros de extracción.

Parámetros de extracción	Componentes identificados	% área
3 000 psi- 55 °C	Safrol	81.03
	Docosano	18.97
3 000 psi – 45 °C	Safrol	86.99
	β-cariofileno	4.83
	trans-4-Metoxicinamaldehído	3.16
	Fitol	5.02
5 000 psi- 55 °C	Safrol	88.95
	Delta-3-Careno	1.49
	β-cariofileno	4.95
	Fitol	3.55
	trans-4-Metoxicinamaldehído	1.06
5 000 psi – 45 °C	Safrol	88.49
	β-cariofileno	4.98
	Fitol	3.47
	Tetratetracontano	1.75
	Delta-3-Careno	1.31
4 000 psi- 50 °C	Safrol	90.34
	Delta-3-Careno	0.86
	β-cariofileno	4.77
	Fitol	3.01
	trans-4-Metoxicinamaldehído	1.02
2 585 psi- 50 °C	Safrol	91.47
	β-cariofileno	4.16

	trans-4-Metoxicinamaldehído	1.64
	Fitol	2.73
5 414 psi – 50 °C	Safrol	88.87
	β-cariofileno	4.72
	trans-4-Metoxicinamaldehído	1.57
	Fitol	3.45
	Delta-3-Careno	1.39
4 000 psi - 57.07 °C	Safrol	87.48
	β-cariofileno	5.11
	trans-4-Metoxicinamaldehído	2.43
	Fitol	4.15
	Delta-3-Careno	0.83
4 000 psi - 42.95 °C	Safrol	89.43
	β-cariofileno	5.54
	Fitol	2.78
	Pentacosano	1.40
	trans-4-Metoxicinamaldehído	0.85

Selectividad en la extracción: en la Tabla 5, se puede observar, que las mayores concentraciones de safrol se obtuvieron con los parámetros de operación de 4 000 psi – 50 °C y 4 000 psi – 57.07 °C, lo cual indica que se puede obtener la mayor cantidad de safrol a temperaturas por debajo de los 60 °C (favoreciendo la preservación de los compuestos termolábiles) manejando presiones moderadas de 4 000 psi; sin embargo, al tener un aumento en la presión, y manteniendo este rango de temperatura, la disminución de la concentración es considerable (5 000 psi – 55 °C) por lo que se puede decir, que la presión es un factor importante que afecta la concentración del componente mayoritario.

Sin embargo, si ocurre una disminución en la presión, y se mantiene este rango de temperatura, la concentración disminuye, pero no tan radicalmente como en el caso anterior, esto se puede ver en los parámetros de 2 585 psi – 50 °C. Por otra parte, también puede notarse que manejando presiones y temperaturas bajas (3 000 psi – 45 °C), se obtuvo la menor concentración de safrol, por lo que el uso de parámetros de operación bajos o moderados, son deficientes en la obtención de una cantidad óptima de safrol. Por lo tanto, en cuanto a selectividad en la obtención de safrol de la hoja de momo *(P. auritum*), los parámetros óptimos de operación son 4 000 psi y un rango de temperatura de entre 50 y 57.07 °C.

Tabla 5. Concentraciones de safrol en el aceite esencial de hoja de momo.

Parámetros de operación (psi-°C)	***C* (mg/mL)**
3 000 - 55	**34**
3 000 - 45	**31**
5 000 - 55	**41**
5 000 - 45	**34**
4 000 - 50	**57**
2 585 - 50	**52**
5 414 - 50	**34**
4 000 - 57.07	**57**
4 000 - 42.95	**52**

Trabajo a futuro

Dada la alta presencia de safrol en el aceite esencial, falta estudiar su uso en un producto biotecnológico.

Conclusiones

Las composiciones calculadas del aceite obtenido mostraron grandes cantidades de safrol, y en proporción a los demás componentes, se determinó como el componente mayoritario, por lo que para fines específicos, podría ser aislado y procesado para obtener un compuesto puro que pueda ser usado para la elaboración de algunos productos en la industria. Se ha demostrado que el safrol contiene propiedades específicas para ser usado como precursor en la producción de fármacos, por lo que podría ser una opción importante para su extracción en grandes cantidades empleando esta técnica. Sin embargo, el punto más fuerte del safrol es su actividad repelente,

y sería ideal para ser usado como sinérgico en conjunto con otras sustancias específicas para la elaboración de plaguicidas naturales. El resto de los componentes identificados por cromatografía tienen propiedades farmacológicas que podrían ser de interés en algunas investigaciones médicas. En el uso de los diferentes parámetros de operación, las concentraciones de safrol fueron variadas, obteniendo cantidades considerables del compuesto; sin embargo, en los parámetros 4 000 psi – 50 °C y 4 000 psi - 57.07 °C, se obtuvo la mayor concentración, 57 mg/mL. Y como se observa, los parámetros son cercanos entre sí, por lo que puede determinarse que para efectos de selectividad en el proceso de extracción, una presión de 4 000 psi y una temperatura de 50±4 °C son los parámetros ideales para obtener la mayor concentración de safrol en el aceite esencial de *P. auritum.* Esto ligado a los parámetros con los cuales se obtuvo el mayor rendimiento en los experimentos (5 000 psi – 55 °C), indica que, para efectos de selectividad y rendimiento en la SFE de la planta *P. auritum,* presiones entre 4 000 y 5 000 psi, y temperaturas de 55±5 °C, son los parámetros óptimos para un buen rendimiento en la extracción y una selectividad efectiva en la obtención de safrol.

Referencias

1. Albishri, H., y Hady, D. (2014). Eco-friendly ionic liquid based ultrasonic assisted selective extraction coupled with a simple liquid chromatography for the reliable determination of acrylamide in food samples. *Talanta,* (***118)***,129-136.
2. Baldino, L., Della, G., Sesti, L., Reverchona, E. y Adami, R. (2018). Concentrated oleuropein powder from olive leaves using alcoholic extraction and supercritical CO2 assisted extraction. *The Journal of Supercritical Fluids, (**113)**,* 65-69.
3. Bowles, J. M. (2004). Guide to plant collection and identification. Herbarium workshop in plant collection and identification. University of Western Ontario. Recuperado desde: http://www.uwo.ca/biology/facilities/herbarium/ collectingguide.pdf
4. Conde, L., Espinosa, J., y Guerrero, J. (2017). Supercritical extraction of essential oils of Piper auritum and Porophyllum ruderale. *The Journal of Supercritical Fluids, (**127)***, 97-102. doi:10.1016/j.supflu.2017.03.026
5. Ferrentino, G., Morozova, K., Kongi, O., Ramezani, M., y Scampicchio, M. (2018). Biorecovery of antioxidants from apple pomace by supercritical fluid extraction. *Journal of Cleaner Production, (**186)**,* 253-261.
6. Goyeneche, R., Fanovich, A., Rodriguez, C., Nicolao, M., y Scala, K. (2018). Supercritical CO2 extraction of bioactive compounds from radish leaves: Yield, antioxidant capacity and cytotoxicity. *The Journal of Supercritical Fluids. **(135)**,* 78-83.
7. Gupta, M., y Arias, T. (1985). Safrole, the main component of the essential oil from Piper auritum of Panama. *Journal of Naturals Products, **(48)***, 330.
8. Gutiérrez-Pulido H. y de la Vara-Salazar R.N. (2008). Análisis y diseño de experimentos. Recuperado desde: http://gc.initelabs.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf
9. Herrero, M., Castro, M., Mendiola, J., e Ibañez, E. (2013). Compressed fluids for the extraction of bioactive compounds, *Trends in Analytical Chemistry, **(43)**,* 67-83.
10. Herrero, M., del Pilar, A., Cifuentes, A., e Ibáñez, E. (2015). Plants, seaweeds, microalgae and food by-products as natural sources of functional ingredients obtained using pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *Trends in Analitical Chemistry*. 1-13.
11. Mgbeahuruike, E., Yrjönen, T., Vuorela, H., y Holm, Y. (2017). Bioactive compounds from medicinal plants: Focus on Piper species. *South African Journal of Botany*, **(*112)***, 54-69.
12. Mouahid, A., Bouanga, H., Crampon, C., y Badens, E. (2017). Supercritical CO2 extraction of oil from Jatropha curcas: An experimental and modelling study. *The Journal of Supercritical Fluids, **(141)**,* 2-11.
13. Mouahid, A., Dufour, C., y Badens, E. (2017). Supercritical CO2 extraction from endemic Corsican plants; comparison of oil composition and extraction yield with hydrodistillation method. *Journal of CO2 Utilization, **(20)**,* 263-273.
14. Novaes, A., Da Silva, J., Barison, A., Veber, C., Negrão, F., Kassuya, C., y de Barros, M. (2014). Diuretic and antilithiasic activities of ethanolic extract from Piper amalago (Piperaceae). *Phytomedicine,* **(*21)**, 523-528.
15. Patil, P., Dandamudi, K., Wang, J., Deng, Q., y Deng, S. (2018). Extraction of bio-oils from algae with supercritical carbon dioxide and cosolvents. *The Journal of Supercritical Fluids, **(135)***, 60-68.
16. Peredo-Luna H, Palou-García E, López-Malo A. (2009). Aceites esenciales: métodos de extracción. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos**. 3(1):** 24-32.
17. Pérez, R. (2016). Antidiabetic and antioxidant Properties, and α-amylase and α-glucosidase Inhibition Effects of Triterpene Saponins from Piper auritum. *Food Science and Biotechnology, **25*****(1)**, 229-239.
18. Potzernheim, M., Bizzo, H., Silva, J., y Vieira, R. (2012). Chemical characterization of essential oil constituents of four populations of Piper aduncum L. from Distrito Federal, Brazil. *Biochemical Systematics and Ecology, **(42)***, 25-31.

Encapsulados elaborados con mucílago de chía – alginato de sodio para aplicación en la industria alimentaria

D. G. Martínez Vázquez[1], G. Rueda Altunar[1], S. C. Rangel Ortega[1], E. Cerna Chávez[2], E. J. Jiménez Regalado[3],*
[1] Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923 Buenavista C.P. 25315, Saltillo, Coah., México
[2]Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923 Buenavista C.P. 25315, Saltillo, Coah., México
[3]Departamento de Procesos de Polimerización, Centro de Investigación en Química Aplicada, Blvd. Enrique Reyna Hermosillo 140 C.P. 25294, Saltillo, Coah., México
**gabriela.martinez@uaaan.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se formaron encapsulados a partir de mezclas binarias de mucílago de chía y alginato de sodio, éste último en forma de solución acuosa de diferente concentración a partir de la técnica de gelificación iónica. Se realizó un análisis reológico para determinar el efecto de la composición en la viscosidad de las mezclas. Los resultados muestran que todas las mezclas tienen un comportamiento no newtoniano tipo pseudoplástico, además de que su índice de consistencia se incrementa al aumentar el contenido de alginato de sodio, lo que dificulta la formación de las cápsulas. Por otro lado, la presencia de mucílago de chía en una proporción del 25 o 50% en la mezcla con alginato de sodio al 3% facilita la formación de cápsulas moldeables, simétricas y estables. Las imágenes de la hidratación de las cápsulas indican un aumento regular de su volumen, lo que resulta favorable para el proceso de encapsulación.

***Palabras clave**: Encapsulados, mucílago de chía, alginato de sodio*

Abstract

Encapsulated from binary chia mucilage and sodium alginate mixtures were formed, the latter in the form of aqueous solution at different concentrations obtained through ionic gelation technique. A rheological analysis was carried out so as to determine the composition effect on mixtures´ viscosity. Results show that all mixtures have a non-Newtonian pseudoplastic behavior, besides that consistency index increases as sodium alginate does, which hinders capsule formation. On the other hand, the presence of chia mucilage in a proportion of 25 or 50% in the mixture with sodium alginate at 3% facilitates the formation of moldable, symmetrical and stable capsules. Capsules hydration images indicate a regular volume increment, which is satisfactory for encapsulation process.

***Key words**: Encapsulated, chia mucilage, sodium alginate.*

Introducción

La encapsulación es una tecnología que permite el almacenamiento de compuestos bioactivos (aceites esenciales, vitaminas, minerales, polifenoles, carotenoides y otros compuestos) que pueden estar en estado sólido o líquido dentro de otro material de soporte obteniendo partículas de diferente escala [Tong y col., 2019]. La sustancia encapsulada suele llamarse fase de núcleo, relleno, activa, interna o carga útil, por lo que el material empleado para encapsular es llamado membrana de recubrimiento, cubierta, cápsula, material de soporte, fase externa o matriz [Halady y col., 2017]. La tecnología de encapsulación se ha aplicado ampliamente en la industria farmacéutica, nutraceútica y alimentaria como una barrera importante para mejorar la estabilidad de los compuestos bioactivos durante el procesamiento y almacenamiento [Castanho y col., 2018]. En cuanto al tamaño de las cápsulas obtenidas, el proceso de encapsulación se clasifica de manera general en dos tipos, macroencapsulación (milímetros a centímetros) y microencapsulación (1-1000 µm) [Halady y col., 2017]. El

objetivo de la encapsulación es el de atrapar una sustancia activa y liberarla a través de cambios de fase de gel, en respuesta a estímulos externos, con lo cual el activo es liberado por difusión [Kurozawa y Hubinger, 2017].

En la actualidad existe la tendencia del uso de los encapsulados, ya que ofrece una mayor estabilidad entre los diferentes componentes, así como la protección contra la humedad, temperatura, daño mecánico, permeabilidad y reactividad [García y López, 2012]. Por lo anterior, ha habido una necesidad de mezclar biopolímeros para mejorar las características individuales, reológicas y propiedades gelificantes para la retención y protección de los compuestos encapsulados por diferentes técnicas [Aguirre, 2013]. Entre algunos de estos biopolímeros se encuentra la mezcla del mucílago de la semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) con goma de mezquite (*Prosopis* spp.) como material de pared en microcápsulas para almacenar aceite esencial de limón, el cual es ampliamente utilizado en la industria de los alimentos [Pérez y col., 2018]. Por su parte el alginato, que es un hidrocoloide con propiedades gelificantes, ha sido utilizado en el proceso de microencapsulación de sustancias activas tales como vitaminas, proteínas, aminoácidos, enzimas, microorganismos, extractos, sabores, y aromas [Sanguansri y Augustin, 2010]. Entre las sales de alginato más utilizadas se encuentra la sal de sodio debido a su alta solubilidad en agua fría y característica transición sol-gel de forma instantánea e irreversible ante en presencia del ión calcio [Funami y col., 2009].

Debido a un creciente interés en la tecnología y los beneficios mejorados de los compuestos bioactivos encapsulados, en este estudio se pretende encontrar la concentración óptima de la mezcla del mucílago de chía y alginato de sodio como matriz de encapsulación para compuestos activos; así mismo analizar sus propiedades reológicas las cuales influyen en la formación de las cápsulas. Finalmente se evaluó la velocidad de hidratación de las cápsulas y con esto poder dilucidar su capacidad de encapsular ingredientes funcionales, así como la liberación de éstos, todo lo anterior con un enfoque en la aplicación dentro de la industria alimentaria.

La formación de los encapsulados se llevó a cabo mediante gelificación iónica por goteo la cual es una técnica de encapsulación simple y eficiente, ya que no requiere equipos especializados, altas temperaturas ni solventes orgánicos, además de que puede considerase de bajo costo [Castanho y col., 2018].

Metodología

Materiales

Se utilizaron semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) (Marca Plantavit), $CaCl_2$ (Marca Jalmek) grado reactivo analítico, alginato de sodio grado reactivo (Marca Cape Crystal) y agua destilada.

Acondicionamiento y extracción de mucílago de chía (*Salvia hispanica* L.)

Se acondicionaron las semillas de chía para la extracción del mucílago realizando el siguiente procedimiento: en una proporción 1:10 (p/v) se hidrataron las semillas de chía en agua destilada a una temperatura de 37°C durante 2h en agitación constante a una velocidad de 1000 rpm. Para la extracción del mucílago, la muestra hidratada se trituró en una licuadora a velocidad media durante 3 s, separando el mucílago de la semilla por filtración utilizando una tela de gasa, y posteriormente se introdujo el mucílago en una centrífuga (Marca Velab) a 5000 rpm durante 20 min. Finalmente, mediante filtración se separaron las partículas dispersas del sobrenadante. El mucílago libre de partículas se almacenó en el refrigerador a una temperatura de 8°C hasta su posterior uso.

Evaluación de concentración de mucílago de chía y alginato de sodio

Se evaluaron cinco muestras de diferente proporción de mucílago de chía con el alginato de sodio, obteniendo mezclas homogéneas, las cuales se presentan en la Tabla 1. Se emplearon tres diferentes concentraciones de alginato de sodio expresadas en porcentaje (2%,3% y 5%), para determinar la concentración correspondiente a la cantidad de alginato presente en la cápsula.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Concentración porcentual de la mezcla de mucílago de chía (M) y alginato de sodio (A).

Muestra	%M	%A*
1	0	100
2	25	75
3	50	50
4	75	25
5	100	0

*La proporción de alginato se aplicó para tres diferentes soluciones: 2, 3 y 5%

A cada muestra preparada se le realizaron pruebas reológicas en un viscosímetro de cono y plato (Marca Physica MCR-501) para analizar su comportamiento de deformación ante la aplicación de un esfuerzo tangencial, así como para la determinación de la viscosidad.

Preparación de las cápsulas mediante la técnica de gelificación iónica

Para llevar a cabo la encapsulación se prepararon soluciones de $CaCl_2$ al 0.1M y alginato de sodio en agua destilada a una temperatura de 60°C y con agitación constante hasta disolverse por completo (ambas soluciones por separado). Posteriormente se prepararon las mezclas de mucílago-alginato de acuerdo a las proporciones descritas anteriormente en la Tabla 1. La técnica de encapsulación se llevó a cabo mediante la suspensión a través de una jeringa BD Plastipak de 5 ml, la cual contenía la mezcla. Después se fue agregando gota a gota en un vaso de precipitado que contenía la solución de $CaCl_2$ manteniendo en agitación discontinua y dejando reposar por 10 min en la solución. Por último, las cápsulas se recuperaron por filtración colocándolas en un recipiente y sometiéndolas a secado por 24 h en una estufa a 32°C.

Caracterización e hidratación de las cápsulas

La morfología de las cápsulas deshidratadas se determinó mediante el software DinoCapture 2.0, midiendo su diámetro inicial, así como la variación del mismo durante un proceso de hidratación en agua destilada a lo largo de 4h esto con la finalidad de determinar la velocidad de hidratación de los encapsulados.

Resultados y discusión

Análisis de la Viscosidad de las mezclas mucílago de chía – alginato de sodio

Las diferentes mezclas binarias de mucílago-alginato, este último componente en tres diferentes soluciones (2,3 y 5%) y con las proporciones indicadas en la Tabla 1, se sometieron a una prueba de esfuerzo - deformación en un viscosímetro giratorio de cono y plato, obteniendo en todos los casos un comportamiento reológico no newtoniano del tipo pseudoplástico, tal como se muestra en la Figura 1a.

La viscosidad aparente de un fluido pseudoplástico disminuye al aumentar la tensión tangencial aplicada o la velocidad de deformación, tal como se observa en la figura 1b. El origen de esta variación suele deberse a que la fuerza externa provoca un descenso en la intensidad de las fuerzas de cohesión entre moléculas o partículas, lo que facilita su orientación en la dirección de la tensión rasante. Por otro lado, puede suceder que los agregados de partículas rompan liberando el líquido que tenía ocluido. Todos estos fenómenos tienden a disminuir el rozamiento, la consistencia y, por lo tanto, la resistencia al flujo [Aguado y col. 1999].

 ISSN 2007-8102

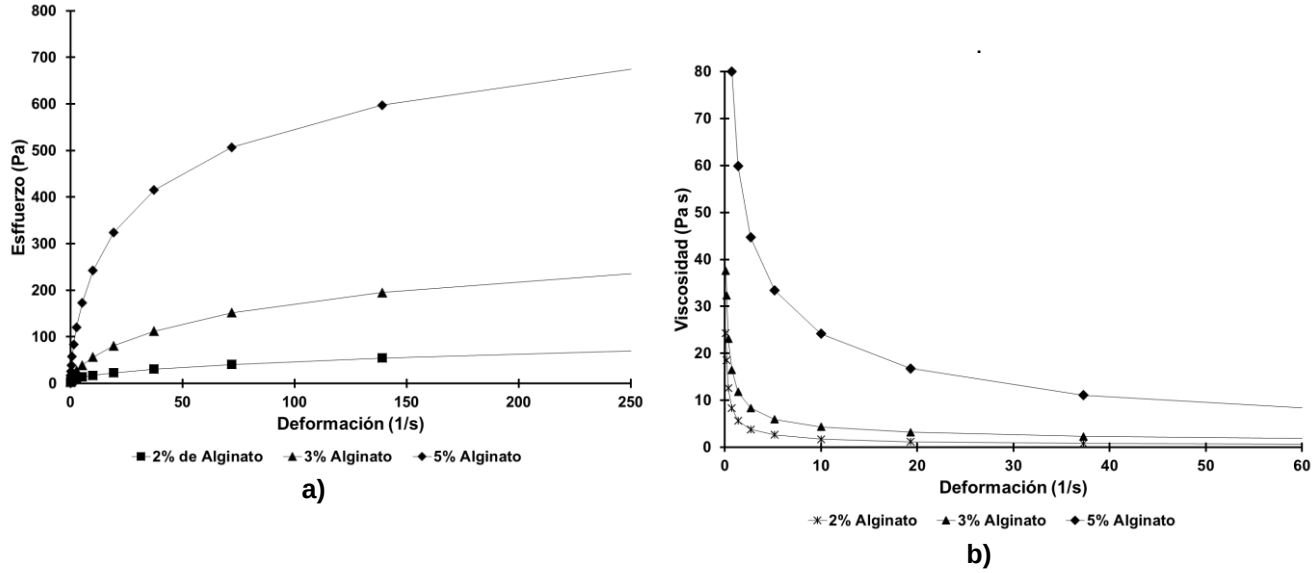


Figura 1. Comportamiento reológico de la mezcla de mucílago de chía – alginato de sodio en una proporción del 50:50 utilizando para el segundo componente soluciones de alginato de diferente concentración: a) Deformación del fluido debido a la aplicación de un esfuerzo tangencial, b) Variación de la Viscosidad del fluido al incrementar la velocidad de deformación

El comportamiento reológico pseudoplástico obedece a la ecuación de la ley de la potencia:

$$\tau = k\gamma^n \quad (1)$$

Donde k es el índice de consistencia y n el índice de comportamiento, siendo este último menor a la unidad (n<1). Para conocer el valor de estos parámetros, se puede linealizar la ley de la potencia aplicando logaritmo en ambos miembros de la ecuación (1):

$$log\ \tau = log\ k + n\ log\ \gamma \quad (2)$$

La ecuación 2 representa una línea recta de pendiente n y ordenada al origen $log\ k$. Los valores obtenidos de estos parámetros para las diferentes mezclas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros reológicos de las mezclas de mucílago de chía y alginato de sodio a partir de la ley de la potencia.

	Soluciones de Alginato					
Mezcla	**2%**		**3%**		**5%**	
%M-%A	***n***	***k***	***n***	***k***	***n***	***k***
0-100	0.56±0.16	6.75±1.11	0.58±0.02	30.91±0.52	0.54±0.02	153.34±17.62
25-75	0.58±0.0	6.79±0.28	0.53±0.0	21.36±0.50	0.55±0.0	118.13±15.63
50-50	0.45±0.03	6.74±0.27	0.48±0.01	15.55±1.55	0.48±0.0	61.42±3.48
75-25	0.35±0.01	7.42±0.34	0.39±0.02	8.86±0.86	0.43±0.0	19.99±2.33
100-0	0.35±0.04	6.29±1.14	0.36±0.03	5.49±0.89	0.38±0.0	5.72±0.21

Nota: Las mediciones se realizaron por triplicado

En estos resultados se observa que el valor de n disminuye conforme se incrementa la proporción de contenido de mucílago de chía, este tipo de comportamiento se presenta de manera similar independientemente de la concentración de la solución de alginato utilizada. Mientras que, para una misma mezcla, el valor de k se incrementa en un factor de 5 conforme aumenta la concentración de las soluciones de alginato, principalmente en la muestra donde está ausente el mucílago. Los alginatos son sales del ácido algínico que puede ser formados con cationes tales como Na^{+1}, K^{+1}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, entre otros, formado sales con diferente grado de solubilidad en

 ISSN 2007-8102

agua, lo cual confiere diversos grados de viscosidad [Yabur y col. 2007]. Por otro lado, conforme se incrementa la proporción de mucílago en las mezclas, el valor de k se sigue incrementando pero en un factor de un grado menor, es decir, para los porcentajes de mucílago de 25, 50, 75 y 100%, los factores promedio aproximados en los cuales se incrementa k son 4, 3, 2 y 1, respectivamente, con respecto al aumento de la concentración de soluciones de alginato. En tanto que, para una misma concentración de solución de alginato, al aumentar el contenido de mucílago el índice de consistencia disminuye drásticamente, siendo más evidente en las soluciones mayores o iguales del 3%.

Formación de encapsulados por gelificación iónica

El alginato es un polisacárido aniónico debido a los grupos carboxilo que aparecen a lo largo de su cadena, y tienen la capacidad den formar geles a partir de reacciones químicas de intercambio iónico de sodio (Na^{+1}) por cationes divalentes como el Ca^{+2} [Funami y col. 2009]; por lo tanto la mezclas con soluciones más concentradas de alginato y una mayor proporción de éstas, muestran una consistencia más elevada que aquellas donde está presente el mucílago de chía. La figura 2 muestra las imágenes de las esferas formadas con las diferentes soluciones de alginato en ausencia de mucílago de chía.

Conforme aumenta el contenido de alginato, tanto en concentración de la solución como en proporción de la mezcla, se incrementó la dificultad para manipular la matriz y formar los encapsulados con una geometría regular, debido a la alta viscosidad de la muestra. El tamaño y la forma de las cápsulas depende principalmente del comportamiento de la viscosidad de la solución de alginato de sodio en presencia del mucílago de chía. Cabe mencionar que en las mezclas donde estaba ausente el alginato (%M = 100, %A = 0), no hubo la formación de encapsulados.



a) **b)** **c)**

Figura 2. Micrografía de los encapsulados deshidratados elaborados a partir de soluciones de alginato de sodio a) 2%, b) 3%, c) 5% en ausencia de mucílago de chía (%M = 0, %A = 100)

El tamaño y la forma de las cápsulas varía con las diferentes soluciones de alginato de sodio, siendo planas, esféricas e irregulares, para las concentraciones del 2, 3 y 5%, respectivamente, tal como se observa en la figura 2.

Cinética de hidratación de los encapsulados.

La velocidad de hidratación se monitoreó obteniendo el diámetro promedio (ø) de la cápsula en cuatro direcciones, medidos en intervalos de una hora, en un tiempo total de 4 horas. Al graficar el diámetro promedio respecto del tiempo, se obtiene una línea recta, cuya pendiente representa la velocidad de cambio de tamaño de los encapsulados debido al proceso de hidratación. En la Tabla 3 se presenta esta la velocidad para cada una de las cápsulas obtenidas a partir de las mezclas en estudio.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Velocidad de hidratación (*m*) de los encapsulados obtenidos a partir de mezclas de mucílago de chía y alginato de sodio.

	Soluciones de Alginato		
Mezcla	**2%**	**3%**	**5%**
%M-%A	***m(mm/h)***	***m(mm/h)***	***m(mm/h)***
0-100	0.1170	0.1647	0.1867
25-75	0.1817	0.1538	0.1810
50-50	0.1200	0.1943	0.1522
75-25	0.1029	0.1542	0.1926
100-0	---	---	---

En esta tabla se puede apreciar que conforme se incrementa la concentración de la solución de alginato de sodio utilizada en la mezcla, la velocidad de hidratación obtiene un mayor valor al incorporar el mucílago de chía de manera gradual, es decir, la velocidad máxima de hidratación para la solución de alginato al 2% se obtuvo en una proporción en la mezcla del 25% de mucílago de chía (0.1817mm/h), mientras que la solución del 3% de alginato, se hidrató más rápidamente con un 50% de mucílago (0.1943 mm/h) y finalmente, se obtuvo un incremento del diámetro promedio de 0.1926mm/h en la cápsula formada con una solución del 5% de alginato y un 75% de mucílago de chía. La incorporación del mucílago de chía en la mezcla facilita la velocidad de hidratación de las cápsulas debido a que es un polisacárido capaz de absorber varias veces su peso en agua [Salgado-Cruz y col., 2005].

La figura 3 muestra el proceso de hidratación de uno de los encapsulados en estudio en donde se aprecia la variación en el diámetro promedio de la cápsula.

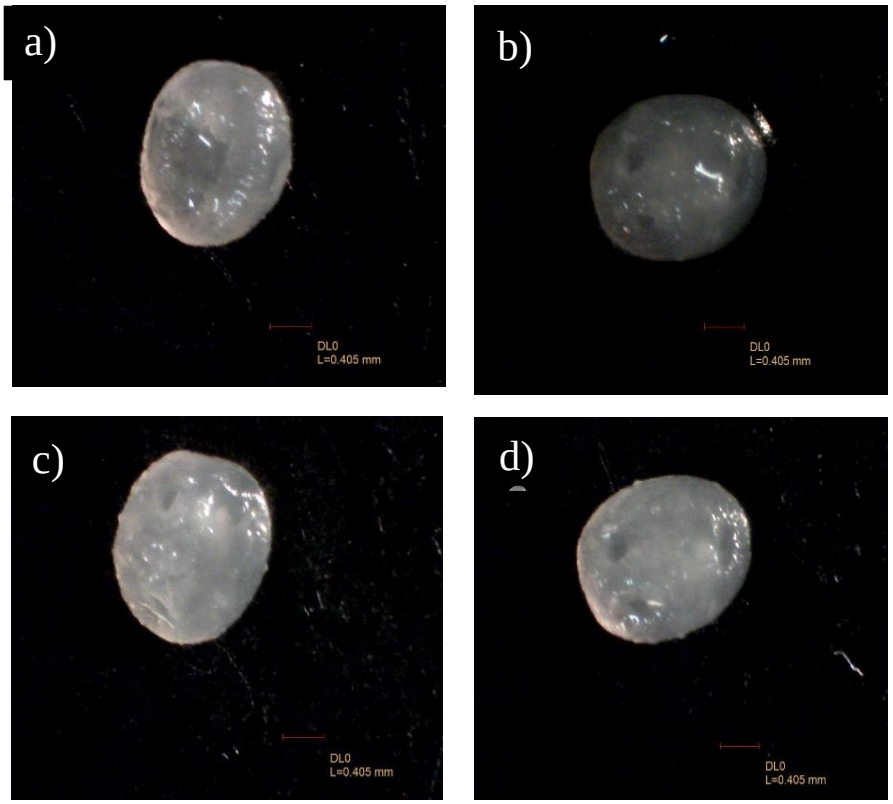


Figura 3. Micrografía de los encapsulados elaborados con una solución del 3% de alginato de sodio y en una proporción de %M =50, %A = 50 a diferentes tiempos de hidratación ($ø_o$=1.243mm): a) 1h (ø=1.829mm), b) 2h (ø=1.981mm), c) 3h (ø=2.05mm), d) 4h (ø=2.104mm).

Trabajo a futuro

Hasta el momento se han determinado las condiciones óptimas en cuanto a la composición de las mezclas de mucílago de chía y alginato de sodio para la formación de encapsulados. Los estudios sucesivos al presente trabajo se enfocarán en la evaluación de la compatibilidad del recubrimiento, la viabilidad y degradación del material activo que se requiera almacenar, así como la velocidad de liberación de éste en matrices alimentarias que puedan darle a éstas un calificativo de “Alimento funcional”.

Conclusiones

Se formaron encapsulados a partir de la mezcla de los biopolímeros: mucílago de chía y alginato de sodio, este último en forma de solución acuosa de diferente concentración, mediante la técnica de gelificación iónica. Previamente se analizó el comportamiento reológico de cada una de las mezclas con la finalidad de determinar el efecto de su composición en la viscosidad de las mismas, así como la influencia de ésta en la formación de las cápsulas. Los resultados mostraron que cuando el alginato de sodio se encuentra en mayor proporción dentro de la mezcla (> 50%) y, principalmente a concentraciones elevadas (>3%), la viscosidad de la mezcla se incrementa mostrando un mayor índice de consistencia presentando una mayor dificultad para fluir, lo que dificulta la formación de cápsulas por goteo. Cabe mencionar que cualitativamente el índice de comportamiento de las mezclas es independiente de su composición, ajustándose todas a un modelo reológico de fluido no newtoniano tipo pseudoplástico (n<1).

En cuanto a la velocidad de hidratación de los encapsulados, se observó que se incrementó al aumentar el porcentaje de mucílago de chía en la mezcla binaria, al mismo tiempo que se incrementa la concentración de la solución de alginato de sodio utilizada; sin embargo, un parámetro de selección de la mezcla más adecuada deberá ser aquella en la que se obtengan las cápsulas de forma simétrica, para evitar bordes irregulares que impidan un adecuado almacenamiento de la sustancia activa de interés, así como su estabilidad. Los resultados preliminares de este estudio mostraron que la mezcla en la que el mucílago de chía se encuentra en una proporción del 25 ó 50%, y la solución de alginato al 3%, dieron lugar a la formación de encapsulados más moldeables, simétricos y estables.

Agradecimientos

Al Dr. Enrique Javier Jiménez Regalado, investigador del Departamento de Procesos de Polimerización del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por la capacitación en el uso del viscosímetro de cono y plato dentro de las instalaciones del centro, para la realización de este estudio. Así como a la M.C. Alma Leticia Martínez Herrera (Técnica Académica del Laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la UAAAN) por las facilidades otorgadas y su apoyo técnico.

Referencias

Aguado-Alonso J., Calles-Martín J., Cañizales-Cañizales, P.,López-Pérez, B., Rodriguez- Somolinos, F., Sántos-López, A. ySerrano-Granados, D.P. (1999) Capítulo 3. Reología *Ingeniería de la Industria Alimentaria. Conceptos Básicos Vol. I.*Editorial Sintesis. Pag.55-85. ISBN:84-7738-667-6

Aguirre, T.R. (2013). Encapsulación de licopeno empleando polielectrolitos. Influencia del secado y congelado sobre su estabilidad. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. *Tesis de Maestría*.

Castanho, R.D.M.; Aceval, N.D.; Ian, P.;Wilcox, M. and Lucini, L. (2018). Encapsulation of stevia rebaudiana Bertoni aqueous crude extracts by ionic gelation – Effects of alginate blends and gelling solutions on the polyphenolic profile, *J. Food Chemistry.* (275) 123-134.

Funami, T., Fang, Y., Noda, S., Ishihara, S., Nakauma, M.,Draget, K. Nishinari, K. y Phillips, G. (2009) Rheological properties of sodium alginate in an aqueous system durine gelation in relation to supermolecular structures and Ca^{+2} binding. *Food Hydrocolloids*. (23) 1746-1756

Garcia, A. y Lopez, A. (2012). Biopolimeros utilizados en la encapsulaciòn.. *Temas Selectos de Ingenieria de Alimentos.* (6) 84-97.

Halady, P.; Kavitake, D.; Kadasamy, S. and Bruntha, P. (2017). Recent developments on encapsulation of lactic acid bacteria as potential starter culture in fermented foods – A review, *J. Food Bioscience.* (21) 34-44.

Kurozawwa, L.E. and Hubinger, M.D. (2017). Hydrophilic food compounds encapsulation by ionic gelation, *J. Food Science.* (15) 50-55.

Pérez, C.; Cortes, S.; Acuña, E.; Rodríguez, M.E.; Román, A. and Varela, V. (2018). Effect of chia mucilage addition on oxidation and release kinetics of lemon essential oil microencapsulated using mesquite gum – Chia mucilage mixtures, *J. Food Research International.* (116) 1010-1019.

Salgado-Cruz, M.P.; Cedillo-López, D. y Beltrán Orozco, M.C. (2005). Estudio de las propiedades funcionales de la semilla de chía (Salvia hispánica) y de la Fibra Dietaria. *Memorias del VII Congreso Nacional de Ciencias de los Alimentos y Tercer Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, pp 358-366.

Sanguansri, L. y Augustin, M. A. (2010). Microencapsulation in functional food product development. *In Funtional food product development*. United Kingdom: Wiley-Blackwell. pp. 1-23

Tong, Q.; Rehman, A.; Ahmad, T.; Aadil, R.M.; Spotti, M.J.; Bakry, A.M.; Khan, I.M.; Zhao, L. and Riaz, T. (2019). Pectin polymers as wall materials for the nano-encapsulation of bioactive compounds, *Trends in Food Science & Technology.* (90) 35-46.

Yabur, Bashan, Y. y Hernández-Carmona, G. (2007) Alginate from the macroalgae Sargassum Sinicola as a novel source for microbial immobilization material in wastewater treatment and plant growth promotion. *Journal of Applied Phycology*, (19) 43-53

Tratamiento de agua residual de una gasolinera utilizando carbón activado elaborado con bagazo de caña

H. Jiménez Jiménez, E. Del Ángel Meraz, M. A. Pantoja Castro, A. E. Cruz Pérez, A.L. Gómez Calzada*

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Licenciatura en Ingeniería Química, Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1. Col. La Esmeralda CP. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.

*e-mail: *ebelia.delangel@ujat.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se empleó bagazo de caña de azúcar para producir monolitos de carbón activado, para utilizarlo en el tratamiento de agua residual de una gasolinera. Los carbones activados se caracterizaron con las técnicas de microscopía electrónica de barrido, espectrofotometría de infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR), difracción de rayos X (DRX) y adsorción física de nitrógeno, con los cuales se determinaron sus propiedades estructurales y morfológicas. El agua residual se analizó antes y después de ser tratada, los análisis realizados fueron: determinación de materia orgánica, grasas y aceite, metales pesados, adsorción atómica de plomo, turbidez, pH y conductividad eléctrica. Los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros de las normas oficiales mexicanas: NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996, NOM-066-ECOL-1994 y la NOM-069-ECOL-1994 para determinar si después del tratamiento estaban dentro de los parámetros permisibles. La mayoría de los valores obtenidos fueron favorables para la disminución de los contaminantes del agua residual.

***Palabras clave**: adsorción, aguas residuales, carbón activado, monolitos.*

Abstract

Sugarcane bagasse was used to produce activated carbon monoliths, for use in the treatment of wastewater from a gas station. Activated carbons were characterized using scanning electron microscopy, infrared spectrophotometry techniques with Fourier transform (FT-IR), diffraction of x-rays (DRX) and physical adsorption of nitrogen, which determined its structural and morphological properties. Used residual water were analyzed before and after being treated, the analyses were: determination of organic matter, grease and oil, heavy metals, Atomic adsorption of lead, turbidity, pH and electrical conductivity. The results were compared with the parameters of the Mexican official standards: NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996, NOM-066-ECOL-1994 and the NOM-069-ECOL-1994 to determine whether they were within the parameters after treatment permissible. Most of the values obtained were favorable for the decrease in wastewater contaminants.

***Key words**: adsorption, sewage, activated carbon, monoliths*

Introducción

La contaminación del agua es una de las principales preocupaciones a nivel global, así como el aumento en la población, la urbanización y la industrialización, debido a la gran importancia que tiene para la existencia de la vida [Mor y Chhoden, 2017]. Anualmente se desechan al mar 450 mil hm^3 de aguas residuales en México, mientras que para Tabasco las descargas municipales es de 7.41 miles de hm^3/año (234.9 m^3/s) de cual el 6.79 se recolectan en el alcantarillado de las casa y solo el 4.28 del total se tratan [CONAGUA, 2018].

Uno de los adsorbentes más eficaces y factibles de utilizar para el tratamiento de aguas residuales es el carbón activado, no solo por las propiedades adsorbentes que posee, también es debido a que pueden ser fabricados de materias primas verdes o mediante aplicación de procedimientos que implican un bajo costo y que no dañan el medio ambiente, por lo que se emplea en: purificación de agua, tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, la desalación, almacenamiento de gas, purificación de gas y separación, eliminación de contaminantes y el olor, como soporte para catálisis, almacenamiento de energía, y en aplicación médica [Plaza-Recobert y col., 2017]. Dentro de los métodos existentes en el tratamiento de agua (la adsorción, intercambio iónico, ósmosis inversa, oxidación química, precipitación, destilación, extracción con disolventes, etc.) la adsorción es una tecnología eficiente y unos de los métodos fisicoquímicos más recomendados en el tratamiento de aguas, reconocido en las metodologías de recuperación y purificación [Bonassa y col., 2016]. Por ser un

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

material adsorbente y facilitar la adsorción de contaminantes debido a la gran cantidad de grupos funcionales que posee, el carbón activado es un sólido predominantemente amorfo conocido por su gran área superficial, porosidad (que consiste en macro, micro y meso-poroso), alta estabilidad fisicoquímica, y una excelente reactividad de la superficie [Tan y col., 2017]. En esta investigación se realizó la síntesis y caracterización de carbones activados elaborados a partir del bagazo de caña de azúcar, con el fin de utilizarlo como un material adsorbente para el tratamiento de aguas residuales de una gasolinera.

Metodología

Elaboración del carbón activado

Para la síntesis de monolitos de carbón activado (CA), se utilizó bagazo de caña de azúcar como materia prima. El tratamiento de la materia prima consistió en lavar las muestras con agua destilada y ponerlas a secar mediante exposición al sol durante 72 horas, posteriormente se cortaron en tamaños de aproximadamente 1.5 cm y se introdujeron en la estufa de secado por 24 horas a 100 °C. Para la activación química del carbón se utilizó el ácido nítrico (HNO_3) y el ácido fosfórico (H_3PO_4), el desarrollo experimental se realizó de acuerdo al diseño experimental que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Diseño experimental para la producción de carbón activado por el método de pirólisis.

Agente activante	Tiempo de reposo (h)	Concentración molar (M)	Temperatura(°C)	Nombre del carbón activado
H_3PO_4	24	3.5	850	CA-1
		5.0	850	CA-2
	48	5.0	650	CA-3
HNO_3	24	3.5	850	CA-4
		5.0	850	CA-5
	48	5.0	650	CA-6

Las muestras se carbonizan a 650 ºC y 850 ºC por 60 minutos en una mufla (con programación digital y rampa programable de temperatura y tiempo) a una velocidad de calentamiento de 9 ºC por minuto. Después de la pirólisis el carbón activado se lavó con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) a 1 M hasta llegar a un pH neutro y se enjuagó con agua destilada. Posteriormente se procedió a secar el carbón a una temperatura de 100 °C hasta obtener un peso constante (aproximadamente 8 horas).

Elaboración de monolitos de CA

Para la elaboración de los monolitos de CA (Figura 1a) se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Giraldo y Moreno-Pirajá [2008] en la cual se preparó una mezcla de carbón activado, agua destilada y carboxilmetilcelulosa usada como agente aglomerante, esta mezcla se puso en agitación y calentamiento hasta quedar casi seca, posteriormente se sometió en una prensa hidráulica (Figura 1b) a una presión de 3 kN.

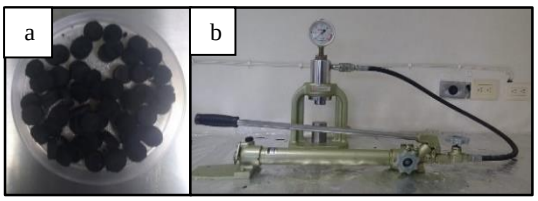


**Figura 1. a) Monolitos de carbón activado.
b) Prensa hidráulica.**

Tratamiento del agua residual con monolitos

El agua residual se recolecto de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-AA-003-1980, en un dren de desagüe de una gasolinera ubicado en la carretera Circuito Del Golfo 389, el Bajio 2ª sección, en Cárdenas, Tabasco. Carretera Cárdenas-Villahermosa. Se recolectaron 15 L y se mantuvieron a una temperatura de 4 °C para su posterior utilización. El agua residual se trató con los monolitos de carbones activados con tratamiento adicional de H_3PO_4 y HNO_3. Se hicieron unos pequeños filtros con tubos de policloruro de vinilo (PVC) como se muestra en la Figura 2, simulando unas columnas empacadas de tres etapas en las cuales se introdujeron los monolitos

de CA y se operaron en paralelo, se hizo pasar el agua durante 8 horas con un flujo de aproximadamente 1cm^3 /15 seg.

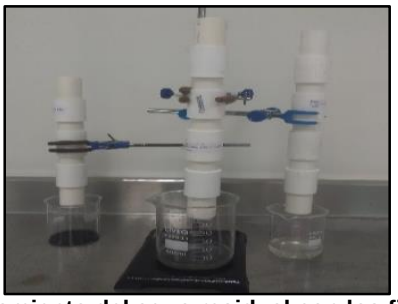


Figura 2. Tratamiento del agua residual con los filtros de PVC.

Caracterización del carbón activado

En la Tabla 2, se describen las caracterizaciones realizadas al carbón activado así como también el equipo utilizado en cada una de la misma.

Tabla 2. Caracterizaciones realizadas al carbón activado, equipos utilizados y una breve descripción de lo que se obtiene en cada una de ellas.

Análisis	Equipo	Descripción
Microscopía electrónica de barrido.	Microscopio electrónico de barrido marca JEOL, modelo JSM-6010LA, con detector de energía dispersiva de rayos X (EDS).	Se observa la morfología de las muestras, para conocer el tamaño de los poros, determinar la composición elemental a través de un análisis cualitativo y cuantitativo.
Espectrofotometría de infrarrojo.	Espectrofotómetro marca Shimadzu, modelo IRAffinity-1, con transformada de Fourier	Permite obtener un espectro de absorbancia o transmitancia en el infrarrojo medio y se puede identificar la presencia de los principales grupos funcionales.
Difracción de rayos X.	Equipo “Bruker”, modelo 2Dphaser	Se analizó la composición y las fases que se formaron durante el proceso de activación
Adsorción física de nitrógeno.	“Micromeritics Tristar II”, utilizando N_2.	Se determina las isotermas de adsorción física de N_2 y las propiedades texturales de acuerdo al método BET.

Caracterización del agua residual con y sin tratamiento

En la determinación de las propiedades fisicoquímicas antes y después del tratamiento se aplicaron algunas Normas Mexicanas (Tabla 3).

Tabla 3. Normas aplicadas para cada caracterización del agua residual antes y después del tratamiento.

Parámetros	Norma aplicada
DQO (mg O_2/L)	NOM-067-ECOL-1994
Grasas y aceites (mg/L)	NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996 Y NOM-067-ECOL-1994
Concentración de plomo (mg/L)	NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996
Turbidez (NTU)	NOM-127-SS1-1994 Y EL REAL DECRETO 1620/2007 DE ESPAÑA.
pH	NOM-001-ECOL-1996, NOM-067-ECOL-1994 Y NOM-069-ECOL-1994
Conductividad eléctrica (µmhos/cm)	

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Microscopía Electrónica de Barrido

En la Figura 3 se muestra la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) para los carbones activados con H_3PO_4, a 500x (1a – 3a) y 3000x (1b – 3b), donde se visualiza la similitud de poros en las tres diferentes muestras de carbón(CA-1, CA-2 y CA-3), estos poros presentan una microestructura en forma de tubos y para los carbones activados con HNO_3, a 500x(4a – 6a) y 3000x(4b – 6b), en el cual podemos observar la superficie de las tres muestras(CA-4, CA-5 y CA-6). Los carbones CA-4 y CA-5 presentan una microestructura parecida a la varilla de grafito en cambio la microestructura del carbón CA-6 tiene forma de panal probablemente se debe a que la temperatura de calcinación fue menor que las otras dos y un tiempo de impregnación mayor.

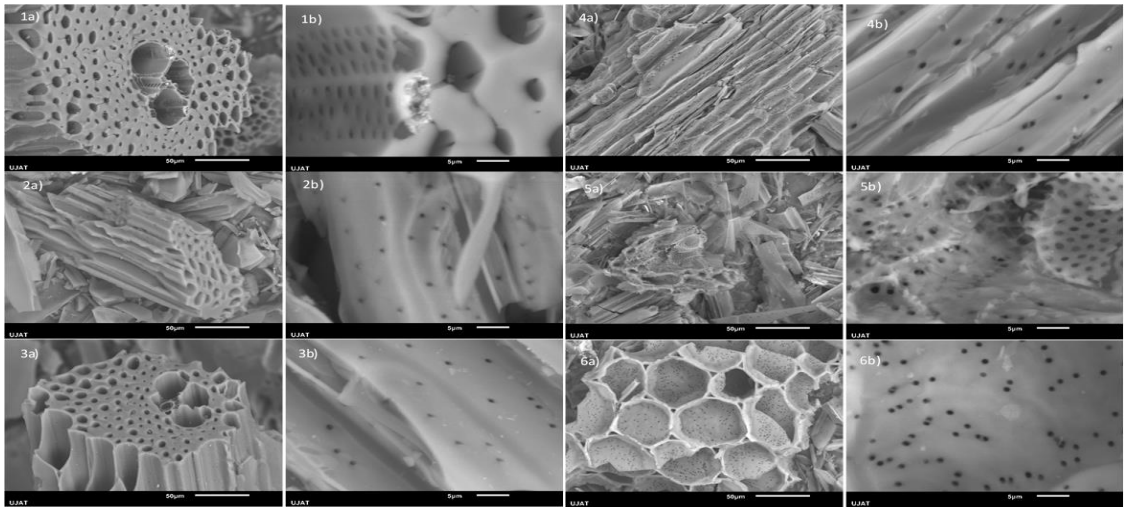


Figura 3. Micrografía de los carbones activados con H_3PO_4 y HNO_3.

De los tres tipos de poros que podemos encontrar el que más se puede apreciar en este caso es el macroporo que según la clasificación de la IUPAC son mayores a 50 nm, en la Tabla 4 se muestran los rangos de los diámetros de los poros de cada muestra, estos se determinaron según las medidas de los diámetros de poros presentes en la superficie.

Tabla 4. Rangos de los diámetros de poros para los carbones activados con H_3PO_4 y HNO_3.

Tipo de carbón	Muestra	Rango (nm)	Clasificación IUPAC
Carbones activados con H_3PO_4	CA-1	45,604 – 664	Macroporos >50 nm
	CA-2	16,952 – 433	Macroporos >50 nm
	CA-3	7,477 – 869	Macroporos >50 nm
Carbones activados con HNO_3	CA-4	1,373 – 657	Macroporos >50 nm
	CA-5	1,688 – 471	Macroporos >50 nm
	CA-6	1,169 – 527	Macroporos >50 nm

Mediante la técnica EDS (Espectroscopía de Energía Dispersiva) se determinaron los elementos presentes, así como su porcentaje en masa y mol los cuales se muestran en la Tabla 5. El elemento en mayor cantidad es el carbón en todas las muestras, los elementos presentes en menor proporción de las muestras CA-1, CA-2 y CA-3, se deben a que se utilizó H_3PO_4 en la activación de los carbones y el NaOH para su neutralización. También encontramos presencia de nitrógeno y oxígeno. Además, se detectaron impurezas de potasio y calcio en muy poco porcentaje esto se debe a que son elementos de la caña y el agente activante no se logró eliminar por completo durante los lavados.

 ISSN 2007-8102

Tabla 5. Resultados obtenidos de la Espectroscopia de Energía Dispersiva (EDS) de las muestras de carbón activados con H_3PO_4 y HNO_3.

Muestra	CA-1		CA-2		CA-3		CA-4		CA-5		CA-6	
Elemento	Masa %	Mol %	Masa %	Mol %	Masa %	Mol %	Masa %	Mol %	Masa %	Mol %	Masa %	Mol %
C	75.8	82.5	76	82.2	79.2	85	88.3	91.4	82.5	86.5	73.46	77.8
Ca	-------	------	-------	------	-------	------	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
N	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	11.55	10.5
Na	0.9	0.5	2.1	1.2	1.4	0.8	-------	------	-------	------	-------	------
K	-------	------	-------	------	-------	------	0.4	0.1	0.4	0.1	0.27	0.1
O	18.2	14.9	18.7	15.2	15.8	12.7	10.9	8.4	16.8	13.3	14.51	11.5
P	5.1	2.1	3.2	1.4	3.6	1.5	-------	------	-------	------	-------	------

Espectrofotometría de infrarrojo

Mediante la técnica FTIR fue posible identificar los principales grupos funcionales presentes en las muestras de carbón activado de bagazo de caña. El análisis se realizó en un rango de IR medio de 400-4000 cm^{-1}.

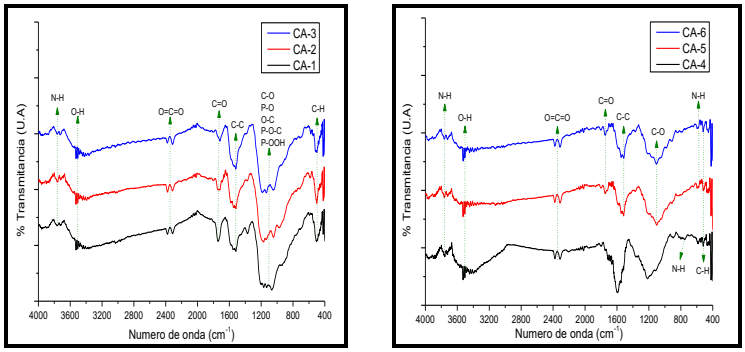


Figura 4.- Espectros IR de los carbones activados con H_3PO_4 (CA-1 a CA-3) y HNO_3 (CA-4 a CA-6).

En la Figura 4 se muestran los espectros IR de los carbones activados, las muestras CA-1, CA-2 y CA-3 con H_3PO_4, los cuales presentan grupos funcionales: N-H(3760-3730 cm^{-1}), O-H(3600-2800 cm^{-1}), O=C=O(2340-2314 cm^{-1}), C=O(1740-1720 cm^{-1}), C-C(1530-1517cm^{-1}), C-O(1190-1000 cm^{-1}) [P-O, O-C, P-O-C y P-OOH] [Yakout y col., 2016] y C-H(500 cm^{-1}). Para las muestras CA-4, CA-5 y CA-6 (carbones activados con HNO_3) son muy similares a los espectros de los carbones activados con H_3PO_4.Se observa que la banda presente entre 3600-2800 cm^{-1} perteneciente al enlace O-H es menos pronunciada en los carbones CA-5 y CA-6. La pequeña banda que aparece entre 1740-150 cm^{-1} visibles en los carbones CA-5 y CA-6 representa al igual que los carbones activados con H_3PO_4 vibraciones de estiramiento del enlace C=O de los grupos carbonilo conjugados. La banda que representa el enlace C-C de aromáticos en el carbón CA-4 se desplazó un poco a la izquierda en comparación con los otros dos. También se puede apreciar una banda entre 1000-1200 cm^{-1} la cual se asocia a las vibraciones de estiramiento del enlace C-O de tipo alcohol. El pico encontrado en 580 cm^{-1} para los carbones CA-5 y CA-6 y en 780 cm^{-1} para el carbón CA-4 pertenece a una banda de flexión fuera del plano del enlace N-H de tipo amina.

Difracción de Rayos X

Los difractogramas de las diferentes muestras de carbón activado, tiene características amorfas con picos de poca intensidad y señales anchas, un indicador distintivo de materiales carbonosos. En la Figura 5 se muestran los difractogramas de los carbones a partir de bagazo de caña activados con H_3PO_4 los cuales muestran estructuras amorfas con poca cristalinidad. El carbón CA-1 a 2θ = 26.6° (006), muestra señal de intensidad que podría corresponder al carbón hexagonal (PDF 00-026-1076), en los carbones CA-2 y CA-3 hay un cambio en el espectro probablemente afectado en el cambio de Molaridad, teniendo un pico distintivo en 2θ = 26.34 (002) las cuales pueden corresponder al carbón hexagonal grafito (PDF OO-001-0640). Los difractogramas de los carbones a partir de bagazo de caña activados con HNO_3, los cuales muestran perfiles que son típicos en carbones activados, en los tres espectros se encontró el mismo pico característico a 2θ = 43.6 (111) probablemente

 ISSN 2007-8102

correspondiente al carbón cúbico (PDF 00-060-0053). También encontramos señales pequeñas de compuestos formados por C, H, O, N, provenientes del agente impregnante.

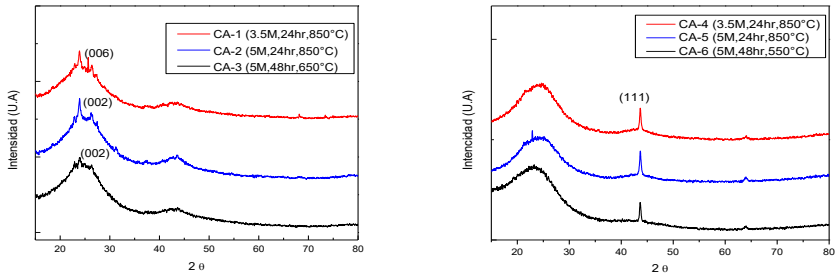


Figura 5. Difractogramas de los carbones activados con H_3PO_4 (CA-1 a CA-3) y HNO_3 (CA-4 a CA-6).

Determinación de las isotermas de adsorción y área superficial del carbón activado con el Método de BET
En la Figura 6, se muestran las isotermas de adsorción de las muestras con mejores áreas superficiales y volumen de poro que presentaron los carbones activados con H_3PO_4(CA-1) y HNO_3(CA-4) respectivamente a partir del bagazo de caña de azúcar, según la clasificación de IUPAC el carbón activado CA-1 presenta una isoterma de tipo IV (Figura 6) en el cual la adsorción multicapa-monocapa es apreciable al inicio de la isoterma, conforme aumenta la presión en la parte media encontramos bucles de histéresis que se debe a la condensación capilar de los mesoporosos [Sing y col., 1985] mostrando histéresis que corresponde al tipo H4.para el carbón activado CA-4 según la IUPAC corresponde a la isoterma de tipo I que es un característico de materiales microporosos donde se aprecia el aumento de la cantidad de masa del gas a presiones bajas y un aumento en la masa de gas adsorbido al acercarse a la monocapa que se forma al aumentar la presión. La isoterma exhibe un alzamiento en la curva lo cual se debe a que no solo hay presencia de microporos, sino que igual hay de mesoporos [Al-Hajjaj y col., 2011], mostrando una isoterma de tipo H4 correspondiente a materiales porosos.

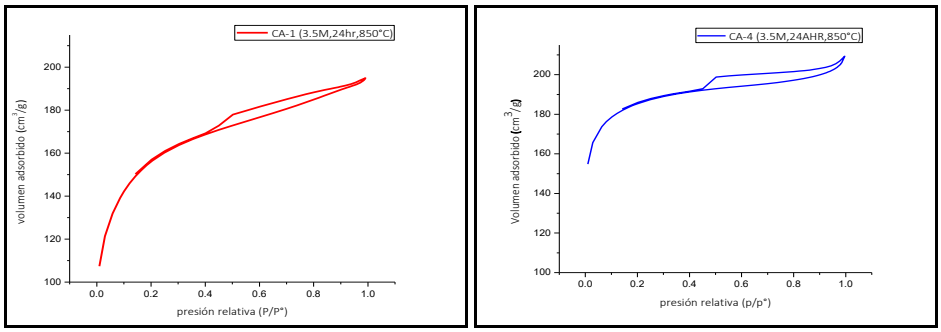


Figura 6. Isotermas de adsorción de N_2 a 77 °K para el carbón CA-1 (activado con H_3PO_4) y para el carbón CA-4 (activado con HNO_3).

La técnica BET de adsorción y desorción de N_2 además de las isotermas nos proporcionó la información (Tabla 6.) del área específica BET (SBET), el área superficial de microporos (Smicro), el volumen total de poro (VT), el volumen del microporo (Vmicro) y el diámetro promedio de poro (DP) de los carbones activados CA-1(3.5M de H_3PO_4, 24hr, 850°C) y CA-4(3.5M de HNO_3, 24hr, 850°C), ambas a las mismas condiciones de molaridad con diferente agente activante, el mismo tiempo de impregnación y de temperatura.

Tabla 6. Parámetros texturales obtenidos de la adsorción de N_2 A 77 ° K, de las muestras de carbón activado del bagazo de caña de azúcar (CA-1 Y CA-4).

Muestra	SBET (m^2/g)	S micro (m^2/g)	VT (cm^3/g)	V micro (cm^3/g)	DP (nm)
CA-1	543.798	249.619	0.300	0.112	2.207
CA-4	627.003	478.637	0.3186	0.221	2.032

Valores de los parámetros encontrados del tratamiento del agua residual

En la Tabla 7 se observa la nomenclatura con la que se nombraron las muestras de agua y el carbón activado con el cual se hizo el tratamiento.

Tabla 7. Muestra de agua residual tratada con el carbón activado correspondiente

Muestra	Carbón (condiciones experimentales)
M-1	CA-1 (H_3PO_4, 3.5M, 24 hr, 850°C)
M-2	CA-2 (H_3PO_4, 5M, 24 hr, 850°C)
M-3	CA-3 (H_3PO_4, 5M, 48 hr, 650°C)
M-4	CA-4 (HNO_3, 3.5M, 24 hr, 850°C)
M-5	CA-5 (HNO_3, 5M, 24 hr, 850°C)
M-6	CA-6 (HNO_3, 5M, 48 hr, 650°C)

La mayoría de los valores obtenidos fueron favorables para la disminución de los contaminantes del agua residual, esto se aprecia en la Tabla 8, donde comparamos los límites máximos permisibles establecidos en las Normas mexicanas (NOM) con los resultados encontrados.

Tabla 8. Resultados obtenidos de muestras tratadas con carbón activado a partir de bagazo de caña de azúcar.

Parámetros	**Límites máximos permisibles (NOM)**	**Muestras**						
		Patrón	*M-1*	*M-2*	*M-3*	*M-4*	*M-5*	*M-6*
DQO (mg O_2/L)	250	384.5	724.5	299.5	914.5	504.5	319.5	509.5
Grasas y aceites (mg/L)	10 - 100	542	20	244	437	198	182	140
Concentración de plomo (mg/L)	0.2 - 1	29.13	6.902	15.54	9.044	0	9.29	1.34
Turbidez (NTU)	5	30.57	3.38	4.98	4.20	18.53	22.97	4.967
Temperatura (°C)	40	24.7	26.4	26.5	26.7	25.4	25.6	26.2
pH	6 - 9	5.44	6.02	6.44	6.3	7.17	7.2	7.23
Conductividad eléctrica (µmhos/cm)	2500	582	868	878	1236	574	556	582

Los datos reflejados en la Tabla 8 con respecto al parámetro de DQO no fueron favorables en algunos casos hubo un aumento en su valor, de 384.5 mg O_2/L (patrón) a 914.5 mg O_2/L (M-3) después del tratamiento, debido a que el carbón disperso provoco el aumento del contenido de carbón orgánico que contenían las muestras, que dando así por arriba de los límites máximos permisibles establecidos por la NOM. El parámetro con mejor resultados fue en la concentración de plomo, el cual se observa un 100% de eliminación del contenido de plomo en la muestra M-4. La turbidez disminuyó de 30.57 NTU (patrón) a 3.38 NTU (M-1) quedando dentro de los límites permisibles establecidos por las normas mexicanas. Los valores de pH quedaron entre los rangos de 6.02 a 7.23, siendo la muestra M-4 el valor más cercano a un pH neutro (7), la conductividad eléctrica lo cual es un estimado de la concentración de sales totales, teniendo la muestra M-5 con la conductividad eléctrica más baja de 556 µmhos/cm. Podemos observar un aumento en la conductividad de algunas muestras siendo en la muestra M-3 la más relevante esto se debe a la presencia de Na, P, O, C, N, en el carbón activado debido al agente ácido usado en la activación del carbón y así mismo al hidróxido de sodio que se usó para neutralizar el carbón, los porcentajes de estos elementos los podemos ver en el EDS del carbón y en la determinación de grasas y aceites el valor con mejor resultado fue la M-1 teniendo como resultado 20 mg/L estando dentro del rango establecido por la NOM.

Trabajo a futuro

Se realizarán pruebas con carbones activados fabricados con cáscara de coco para evaluar cuales son más resistentes al fabricarlos como monolitos y ver su eficiencia en cuanto a la eliminación de contaminantes.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos concluir que el carbón activado a partir del bagazo de caña si mostró buenas propiedades adsorbentes en la reducción de los contaminantes presentes en

las aguas residuales. Esto se logró determinar a través de las caracterizaciones fisicoquímicas del material y su posterior evaluación en la adsorción de contaminantes. En los análisis realizados al agua residual se concluye que el carbón de HNO_3 no es factible en forma de monolitos ya que al contacto con el agua se disuelve formando una pasta carbonosa, sin embargo, por su estructura microporosa logro una mejor adsorción del plomo, neutralizando el pH del agua y manteniendo la conductividad eléctrica baja. Si se desea fabricar monolitos de carbón activado para tratamiento de agua residual se sugiere fabricarlos con activación a partir de H_3PO_4 ya que el mejor carbón fue el CA-1 logrando eliminar la mayor cantidad de contaminante llegando a obtener valores que están dentro de los rangos máximos permisibles que indican las normas oficiales mexicanas.

Agradecimientos

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo financiero para realizar esta investigación, a Sofía González Jiménez y a Santiago Morales Hernández por el apoyo en el desarrollo experimental de este trabajo de investigación, a la Ing. Anabel González Díaz por el apoyo en la medición de SEM y FTIR.

Referencias

1. Mor, S.; Chhoden, K.; Negi, P. and Ravindra, K. (2017). Utilization of nano-alumina and activated charcoal for phosphate removal from wastewater. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Manage*. **(7)** 15-23.
2. CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México 2018. *Comisión Nacional del Agua*. 1-303.
3. Plaza-Recobert, M.; Trautwein, G.; Pérez-Cadenas, M. and Alcaniz-Monge, J. (2017). Preparation of binderless activated carbon monoliths from cocoa bean husk. *Microporous and Mesoporous Materials.* **(243)** 28-38.
4. Bonassa, G.; Schneider, L-T.; Alves, H-J.; Meier, T-R-W.; Frigo, E-P. and Teleken, J-G. (2016). Sugarcane bagasse ash for waste cooking oil treatment applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering.* **(4)** 4091-4099.
5. Tan, X-F.; Liu, S-B.; Liu, Y-G.; Gu, Y-L.; Zeng, G-M.; Hu, X-J.; Wang, X.; Liu, S-H. and Jiang, L-H. (2017). Biochar as potential sustainable precursors for activated carbon production: Multiple applications in environmental protection and energy storage. *Bioresource Technology.* **(227)** 359-372.
6. Giraldo, L. and Moreno-Pirajá, C-M. (2008). Monolitos de carbón activado a partir de cáscara de coco e impregnación con níquel y cobre. *Revista Colombiana de Química.* **(37)** 355-370.
7. Yakout, S-M. and Sharaf El-Deen, G. (2016). Characterization of activated carbon prepared by phosphoric acid activation of olive stones. *Arabian Journal of Chemistry.* **(9)** 1155-1162.
8. Sing, K-S-W.; Everett, D-H.; Haul, R-A-W.; Moscou, L.; Pierotti, R-A.; Rouquerol, J. and Siemieniewska, T. (1985). Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. *Pure and Applied Chemistry.* **(57)** 603-619.
9. Al-Hajjaj, A.; Zamora, B.; Shah, A-A.; Reguera, E.; Bavykin, D-V. and Walsh, F-C. (2011). On the application of standard isotherms to hydrogen adsorption in microporous materials. *International Journal of Hydrogen Energy.* **(36)** 14464-14476.

Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas por electrocoagulación

Z. Y. Medrano Hurtado, J. C. Medina Aguirre, A. Galarza Toledo, J. A. Soto Ruiz, K. M. Santoyo Corona
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mexicali, Av. Instituto Tecnológico s/n, Plutarco Elías Calles, 21376 Mexicali, B.C.
zulmamh@yahoo.com.mx, jcmaitm@itmexicali.edu.mx, a17490700@itmexicali.edu.mx, a17490759@itmexicali.edu.mx, a14590794@itmexicali.edu.mx
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen:

En los hogares se emplea una gran cantidad de agua para el lavado de prendas de vestir, lo que presenta una gran oportunidad para la reducción del consumo de agua proveniente del servicio público de suministro de agua potable, a través de su reutilización. La electrocoagulación es una técnica que puede emplearse en el tratamiento de aguas residuales. Se basa en la inducción de electricidad de corriente directa de bajos niveles de tensión en aguas residuales a través de la utilización de placas metálicas conectadas en serie o en paralelo de diversos materiales para desestabilizar los contaminantes del agua que se encuentren suspendidos, disueltos o emulsificados. La electrocoagulación presenta una solución en el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la lavadora. Por lo que la electrocoagulación es una alternativa viable en el reto que presenta el proteger, conservar y recuperar el recurso hídrico.

Palabras clave: *Tratamiento de aguas residuales, lavadora, electrocoagulación.*

Abstract:

In the houses, a large amount of water is used for washing clothes, which presents a great opportunity to reduce the consumption of water from the public drinking water supply service, through its reuse. Electrocoagulation is a technique that can be used in wastewater treatment. It is based on the induction of direct current electricity of low voltage levels in wastewater through the use of metal plates connected in series or in parallel of various materials to destabilize water contaminants that are suspended, dissolved or emulsified. The electrocoagulation presents a solution in the treatment of domestic wastewater from the washing machine. So electrocoagulation is a viable alternative in the challenge of protecting, conserving and recovering the water resource.

Keywords: *Wastewater treatment, washing machine, electrocoagulation.*

Introducción

Las aguas residuales (AR) son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo natural de agua, al suelo para recarga de acuíferos o descargadas al sistema de alcantarillado público [De la Peña y col., 2013].

El propósito principal del TAR es remover el material contaminante, orgánico e inorgánico el cual puede estar en forma de partículas en suspensión y/o disueltas, con objeto de alcanzar una calidad de agua requerida por la normativa de descarga o por el tipo de reutilización a la que se destinará [Noyola y col., 2013].

En general las plantas de tratamiento de agua (PTAR) están basadas en tecnologías convencionales como son los procesos biológicos y procesos fisicoquímicos, aunque hoy en día se presentan nuevas tecnologías basadas en procesos electroquímicos.

Los procesos fisicoquímicos utilizan coagulantes primarios como el sulfato de aluminio o sales de hierro para el proceso de coagulación y polímeros sintéticos los cuales pueden ser contaminados durante su proceso de fabricación con monómeros u otras sustancias toxicas, entre las cuales se encuentra la acrilamida que pueden reaccionar con otras sustancias químicas añadidas al agua durante su tratamiento, como el ozono y el cloro, generando sustancias peligrosas para la salud [Pérez Carrión, 1980].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Los procesos biológicos (lodos activados, métodos naturales, adsorción), utilizan bacterias para el proceso de depuración del agua, siendo un proceso eficiente que, sin embargo, presenta un elevado costo en su operación y mantenimiento (ya que las bacterias dependen de determinadas condiciones de pH y carga orgánica). Asimismo, los lodos activados presentan una concentración de coliformes totales y fecales, los cuales generan malos olores, y presencia de compuestos nocivos y tóxicos que al ser anaerobios contaminan el ambiente y pueden generar enfermedades respiratorias a las personas que se encuentren cercanas a estos compuestos.

Los procesos de depuración naturales son aquellos en los que el tratamiento principal es proporcionado por componentes del medio natural. Se divide en dos grandes grupos: métodos de tratamiento mediante aplicación en el terreno y los sistemas acuáticos. En ellos, el efecto depurador se debe a la acción de la vegetación, suelo, microorganismos (terrestres y acuáticos) y en menor medida a la acción de animales superiores sin la intervención de agentes artificiales.

En los tipos de PTAR del tipo fisicoquímicos y biológicos usan cloro gas como agente desinfectante (tratamiento terciario); sin embargo, el cloro reacciona con la materia orgánica presente formando compuestos organoclorados, siendo los trihalometanos los más abundantes. Estos compuestos son tóxicos para la salud humana [Reyes López, 2016]. Por otra parte, cuando el agua contiene nitrógeno amoniacal se generan cloraminas que son compuestos derivados del amonio; estos compuestos pueden llegar a causar problemas respiratorios, mientras que para la vida acuática son tóxicos [Reyes López, 2016].

El empleo de procesos electroquímicos para la eliminación de contaminantes orgánicos tiene algunas ventajas en comparación con los procesos biológicos y procesos fisicoquímicos. Recientemente, las técnicas electroquímicas están ganando importancia para el TAR que contienen compuestos orgánicos e inorgánicos tales como fenoles [Belaid y col., 2013], taninos [Murugananthan y col., 2007], tintes [Muthukumar y col., 2007]; y cromo hexavalente [Lakshmipathiraj y col., 2008].

Los procesos biológicos y fisicoquímicos pueden usarse para la descomposición de muchos contaminantes orgánicos, pero estos métodos requieren grandes cantidades de reactivos químicos o bacterias que son nocivas para la salud.

Los métodos electroquímicos tienen pocos efectos negativos en el medio ambiente, ya que esta técnica no implica el uso de reactivos nocivos. Entre los diferentes métodos electroquímicos, las tecnologías más aplicadas incluyen la oxidación de contaminantes orgánicos por generación catódica de peróxido de hidrógeno [Linares-Hernández y col., 2011]; oxidación anódica utilizando diferentes electrodos [Panizza y Cerisola, 2001]; la extracción catódica de metales [Fu y Wang, 2011] y la electrocoagulación [Acosta y col., 2013]. Es de vital importancia presentar proyectos sustentables que permitan contribuir con la cultura del agua, adoptando nuevas tecnologías en el TAR y con ello brindar un mejor futuro a las generaciones venideras.

Metodología

Diseño del prototipo

Se diseñó un prototipo para el tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando el proceso de electrocoagulación para la reutilización del agua proveniente de la lavadora [Medrano y col., 2018].

La investigación se llevó a cabo utilizando aguas residuales con jabón a la cual se le midió pH, conductividad eléctrica y turbiedad. Para llevar a cabo la investigación se realizó el tamizado de las pruebas, se observó el comportamiento de diferentes variables fisicoquímicas en el medio acuoso; se recolectó información a priori que permitió determinar los valores de corriente eléctrica, distancia entre electrodos, tiempo de tratamiento, que llevaron a la aplicación del proceso de electrocoagulación con valores de pH 8,91; 9,43; 9,84; 10,52, densidad de corriente (J) con valor de 1.8 A/m^2 y tiempo (t) con observaciones a 15, 30 y 45 min. El pH se dejó variar libremente a lo largo de la realización de cada muestra. El porcentaje de remoción de la turbidez se determinó midiendo los parámetros antes y después de cada tratamiento a través de la toma de muestras que se enviaron a un laboratorio certificado en la localidad con nombre “LAB SIN Servicios profesionales S. A. de C. V. Análisis químicos, físicos y bacteriológicos”. Durante el proceso se realizaron mediciones de pH y conductividad del medio acuoso. Todos los análisis se realizaron en el laboratorio antes descrito. La electrocoagulación se llevó a cabo para cada prueba en una celda electrolítica construida en PEAD (Polietileno de alta densidad) con capacidad para 500 L, provista de cuatro electrodos de aluminio 2024 T351. 250 bare plate, dos usados como

 ISSN 2007-8102

electrodos de sacrificio, con separaciones de 5 centímetros dispuestos alternadamente y en forma paralela, que se conectaron a una fuente de voltaje de 15Vcd con capacidad hasta 10 Amperios (Figura 1 y 2). Las variables de respuesta fueron el porcentaje de reducción de turbiedad y color. La tabla 1, muestra los parámetros y las condiciones del sistema a controlar.

Tabla 1. Parámetros y condiciones del sistema (elaboración propia).

Parámetros a medir:	Parámetros a controlar:	Condiciones de operación
Corriente total consumida en el sistema. Voltaje entre ánodo y cátodo	Encendido y apagado del proceso (ON/OFF) Tiempo del ciclo de EC Alternar ánodo y cátodo para disminuir el desgaste de placas.	Tipo de Reactor: Batch. Muestra: Agua residual con jabón. Volumen: 500 L. Dimensiones del reactor electrolítico: TVC (tubo vertical cerrado) 500 L/Medida: Diámetro 0.55 x Altura 1.39 mts. Número de electrodos: 2 electrodos de aluminio 2024 T351. 250 bare plate y 2 electrodos de aluminio 2024 T351. 250 bare plate. Separación entre electrodos: 5 cm. Dimensiones de las placas: 61 cm x 1.22 mts. x 2,54 cm. Área superficial de electrodos: (2(ab+ac+bc)) 15.81364cm^2. Cátodo: aluminio. Ánodo: aluminio. Voltaje: 15 Vcd Corriente: 1.8 Amperios de cd. Tiempo del ciclo de EC: 15, 30 y 45 min.

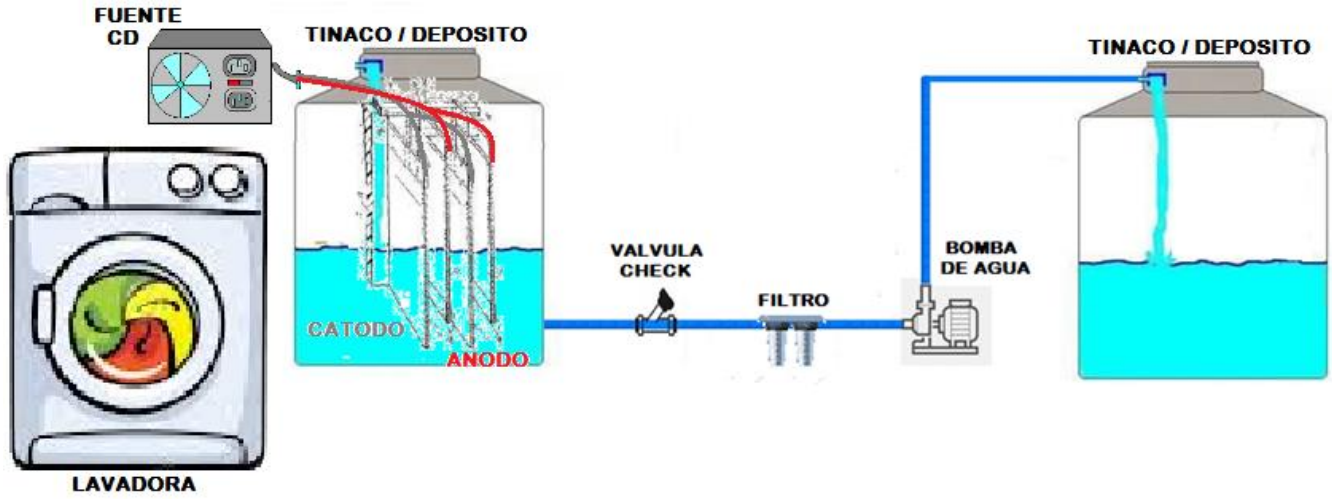


Figura 1. Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas. Incluido: lavadora, fuente de alimentación, reactor electrolítico, válvulas, filtro, bomba de agua (dibujo esquemático).

 ISSN 2007-8102

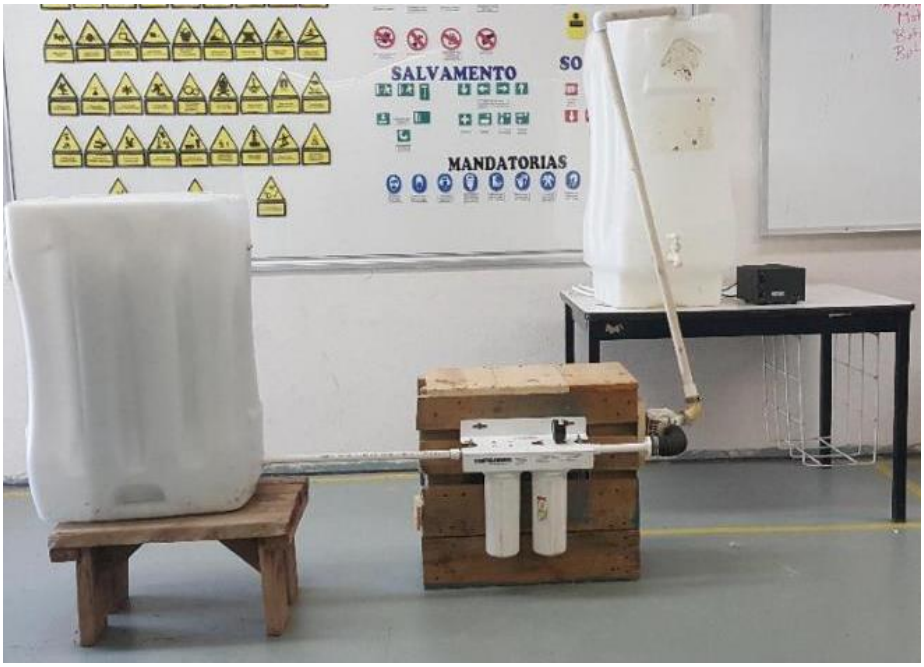


Figura 2. Reactor electrolítico (prototipo).

Resultados y discusión

Se realizó el escalamiento del proceso de EC para verificar que dicho proceso funciona para grandes cantidades de agua (uso doméstico) pasándose del modelo de laboratorio que contenía 1 L a un prototipo con PEAD 500 L, comprobándose que los valores se mantienen estables cuando se llevan a cabo pruebas a gran escala.

La investigación se llevó a cabo utilizando aguas residuales con jabón para lavar manos las cuales fueron caracterizadas midiendo el pH, la turbiedad, la conductividad y el color. La caracterización de la muestra de agua procedente del recipiente de almacenamiento antes de aplicar el proceso de EC cuenta con unos parámetros iniciales de: pH 8,91, turbiedad 75, conductividad 7,95. Para desarrollar el modelo experimental se realizó la observación del comportamiento de diferentes variables fisicoquímicas en el medio acuoso; se fijaron los valores de: densidad de corriente, tiempo de tratamiento y pH. La variable de respuesta fue el porcentaje de reducción de turbiedad. De este modo se diseñó el experimento con tiempo (t) con observaciones a 0, 15, 30 y 45 min. Las variables de respuesta fueron la turbiedad, conductividad y color. El porcentaje de reducción de turbiedad, pH, conductividad y color, se determinó midiendo estos parámetros antes y después de cada tratamiento. La electrocoagulación se llevó a cabo para cada prueba en una celda con capacidad para 500 L, provista de cuatro electrodos de aluminio, dos de usados como electrodos de sacrificio con separaciones de 5 centímetros dispuestos alternadamente y en forma paralela, que se conectaron a una fuente de voltaje de 15 Vcd, con una corriente de 1.8 Acd.

La Figura 3a) presenta los resultados para la disminución del color y la turbiedad (Figura 3b) a pH de 8,91; 9,43; 9,84; 10,52 y a la conductividad de 1,8 A/m^2 para tiempos de tratamiento de 15, 30 y 45 min. En esta gráfica se puede observar que el porcentaje de disminución de turbiedad aumenta con el incremento de la conductividad y el tiempo de tratamiento, con un aumento del pH. Se observa que se obtiene la mayor disminución de turbiedad a los 45 min, la menor proporción cuando se tiene el tiempo de 15 min y una proporción promedio a los 30 min. Es importante indicar que la literatura marca que el proceso de electrocoagulación presenta mejores resultados para valores de pH cercanos a 7.

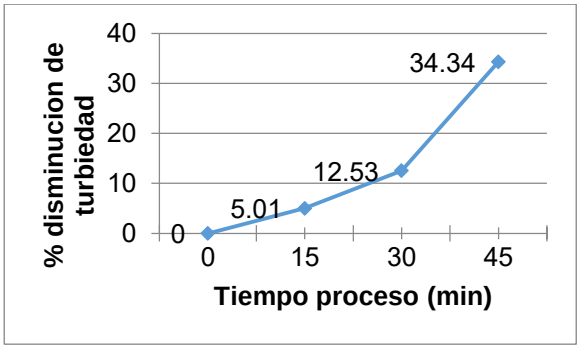
La Figura 4a) muestra el pH final obtenido al aplicar la electrocoagulación. Se puede observar que el pH durante el proceso de electrocoagulación aumenta con el tiempo en relación con el pH inicial del agua residual; es aproximadamente 1,6 unidades. Este aumento puede tener explicación dado que durante la

 ISSN 2007-8102

electrocoagulación hay formación de hidróxido de aluminio como producto de las reacciones asociadas al desgaste del electrodo de sacrificio. La Figura 4b) muestra los porcentajes de variación de la conductividad; se puede observar que la conductividad aumenta hasta un 6% en los 45 min de proceso. Este comportamiento puede explicarse por la cantidad de hidróxido de aluminio que se forma y al mismo tiempo por el aumento en el pH.

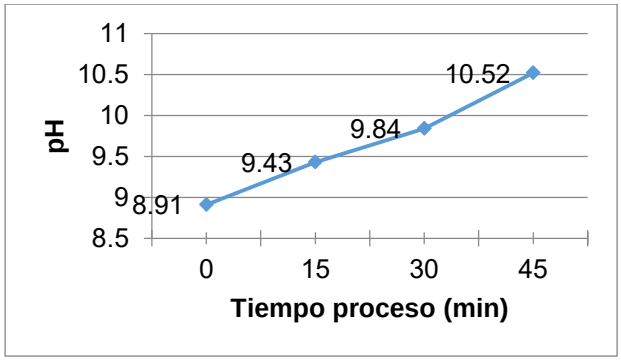


a)

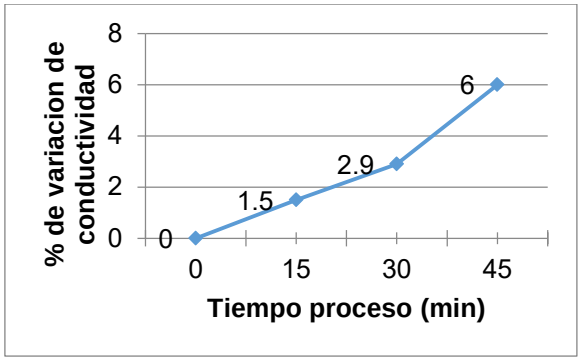


b)

Figura 3. Turbiedad. a) Color, b) % de disminución de turbiedad.



a)



b)

Figura 4. a) pH, b) Conductividad.

Trabajo a futuro

Se necesitan realizar más pruebas con diferentes tipos de electrodos para poder encontrar los adecuados llevando a cabo un estudio costo-beneficio, para poder escalar el tratamiento de aguas residuales a través del proceso de electrocoagulación y llegar al proceso de electrooxidación, y así poder subsanar la principal desventaja (de la EC) que representa la reposición de los electrodos de sacrificio.

Conclusiones

Se desarrolló un prototipo realizando el escalamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales por electrocoagulación llevado a cabo anteriormente a nivel laboratorio demostrándose que es un proceso viable para el tratamiento efectivo de aguas residuales domésticas.

La condición óptima que permiten obtener el mayor porcentaje disminución de turbiedad para aguas con residuos de jabón es con un tiempo de 45 min. Durante el proceso de electrocoagulación de aguas residuales con residuos de jabón se observa un aumento del pH de la solución acuosa; este aumento es aproximadamente de 1,6 unidades. La conductividad del medio acuoso presenta una disminución durante todo el tratamiento (se puede aumentar los rangos de los resultados para valores de pH de 7.

Los resultados de las pruebas demostraron que el tratamiento de electrocoagulación aporta una reducción en la concentración de contaminantes, evaluados en el experimento a través de la remoción de la turbiedad, color y aumento en la conductividad.

La electrocoagulación es en la actualidad una tecnología emergente que se presenta como alternativa para el tratamiento de aguas residuales, ofreciendo un gran potencial en la remoción de muy diversos contaminantes contenidos en las aguas residuales de diferentes fuentes.

Haciendo hincapié en los diferentes procesos electroquímicos aplicada al TAR y a la producción de agua potable que presenta ventajas comparativas con respecto a los procesos químicos como son: mayor eficiencia, menores costos, y nulo impacto ambiental.

El costo debido al consumo energético de los tratamientos electroquímicos, está definido por el voltaje aplicado, el tiempo de operación y la corriente desarrollada durante el proceso, por lo anterior, se plantea uso de nuevas tecnologías como la solar a través de la utilización de paneles fotovoltaicos para lograr la disminución en la huella de carbono, así como la reducción en los costos de energía eléctrica alcanzando el reto de proteger, conservar y recuperar el recurso hídrico.

Referencias

1. Acosta, G.; Coy, C.; Bourdón, A. y Cuervo. E. (2013). La Electrocoagulación como un tratamiento eficiente para la remoción de metales pesados presentes en aguas residuales. *Universidad Militar Nueva Granada*. **(9)** 306-317.
2. Belaid, Ch.; Khadraoui, M.; Mseddi, S.; Kallel, M.; Elleuch, B.; Fauvarque, J. F. (2013). Electrochemical treatment of olive mill wastewater: Treatment extent and effluent phenolic compounds monitoring using some uncommon analytical tools. *Journal of Environmental Sciences.* **(25)** 220-230
3. De la Peña, M. E.; Ducci, J. y Zamora, V. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México. Banco Interamericano de Desarrollo. *Nota Técnica # IDB-TN-521.* 1-42.
4. Fu, F. y Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management.* **(92)** 407-418.
5. Lakshmipathiraj, P.; Bhaskar, R.; Raviatul, B.; Parvathy, S. and Prabhakar, S. (2008). Removal of Cr (VI) by electrochemical reduction. *Separation and Purification Technology.* **(60)** 96-102.
6. Linares-Hernández, I.; Martínez-Miranda, V.; Barrera-Díaz, C.; Pavón-Romero, S.; Bernal-Martínez, L.; y Lugo-Lugo, V. (2011). Oxidación de materia orgánica persistente en aguas residuales industriales mediante tratamientos electroquímicos. *Avances en Ciencias e Ingeniería.* **(2)** 21-36.
7. Medrano, Z. Y.; Medina, J. C.; Montano, J. P., Feliz, O. G.; y Rivera, E. J. (2018). Sistema de tratamiento de aguas residuales por electrocoagulación. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*. **(6)** 1623-1630.
8. Murugananthan, M.; Yoshihara, S.; Rakuma, T.; Uehara, N.; Shirakashi, T. (2007). Electrochemical degradation of 17β-estradiol (E2) at boron-doped diamond (Si/BDD) thin film electrode. *Electrochimica Acta.* **(52)** 3242-3249.
9. Muthukumar, M.; Thalamadai, M.; Bhaskar, R. (2007). Electrochemical Removal of CI Acid Orange 10 from Aqueous Solutions. *Separation and Purification Technology.* **(55)** 198-205.
10. Noyola, A.; Morgan-Sagastume, J. M.; Guereca, L. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas. Instituto de Ingeniería UNAM.* 1-140.
11. Panizza, M. y Cerisola, G. (2001). Removal of organic pollutants from industrial wastewater by electrogenerated Fenton's reagent. *Water Research.* **(35)** 3987-3992.
12. Pérez Carrión, J. (1980). Estado del Arte – Coagulación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. *CEPIS.* 1-44.
13. Reyes López, M. G. (2016). Uso del cloro en las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas: Desinfección y formación de subproductos. *Tesis de Grado de Maestría. Instituto Politécnico Nacional Centro de Investigación Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango.* 1-94.

Estimación directa del K_La mediante un algoritmo de optimización en un respirómetro nitrificante

M. Carrión Jiménez[1], M. Blanqueto Estrada[1], J. González Bucio[1], W. Magaña[1] y A. Ordaz[2]*
[1]División de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana Roo, Boulevard Bahía s/n, col. del Bosque, C.P. 77019, Chetumal Quintana Roo, México
[2]Unidad de Estudios Superiores de Tultitlán, Universidad Mexiquense del Bicentenario, Tultitlán, Estado de México
**jmcarrion@uqroo.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El coeficiente de transferencia de oxígeno volumétrico (K_La) fue estimado en un respirómetro nitrificante, mediante el ajuste directo de los datos experimentales de oxígeno disuelto a la ecuación diferencial de balance de oxígeno, usando un algoritmo de optimización basado en el método de Runge-Kutta y él de mínimos cuadrados. Los datos de oxígeno fueron obtenidos con el método dinámico de eliminación de gas (gassing-out). Los valores de K_La estimados con este algoritmo fueron comparados con valores de K_La estimados con el método gráfico. Los ajustes realizados a los datos experimentales de oxígeno con el algoritmo de optimización presentaron mejor correlación que los ajustes realizados con el método gráfico ya que la estimación directa no requiere el cálculo de las derivadas de oxígeno disuelto disminuyendo así el error en la estimación del K_La.

***Palabras clave**: Coeficiente de transferencia de oxígeno volumétrico, método dinámico de eliminación de gas, KLa, algoritmo de optimización, nitrificación.*

Abstract

The volumetric oxygen transfer coefficient (K_La) was estimated on a nitrifying respirometer, by directly fitting the experimental dissolved oxygen data to the differential oxygen balance equation, using an optimization algorithm based on the Runge-Kutta and least squares methods. The oxygen data were obtained with the dynamic gassing-out. The estimated K_La values with this algorithm were compared with estimated K_La values with the graphic method. The fittings to the experimental oxygen data with the optimization algorithm showed a better correlation than the fittings with the graphic method since the direct estimation does not require the calculation of the derivatives of dissolved oxygen thus reducing the error in the estimation of the K_La..

***Key words**: volumetric oxygen transfer coefficient, gassing-out dynamic method, optimization algorithm, nitrification.*

Introducción

En años recientes la respirometría ha surgido como una herramienta potencial en la estimación de parámetros cinéticos, tanto del proceso de remoción de materia orgánica así como de remoción de nitrógeno amoniacal (nitrificación) en tratamiento de aguas residuales; ya que es una técnica simple y directa en la cual a través de experimentos realizados en un respirómetro, se obtiene un perfil de consumo de oxígeno de los microorganismos, el cual se ajusta a modelos matemáticos para estimar los parámetros cinéticos y estequiométricos del proceso [Spanjers y Vanrolleghem, 2016]. La estimación de parámetros cinéticos del proceso de nitrificación se puede realizar mediante un método respirométrico en lote con alimentación continua de aire [Ordaz y col., 2008, Spanjers y Vanrolleghem, 2016]. Sin embargo para realizar la estimación de los parámetros cinéticos en este método, es esencial tener una buena estimación del valor del coeficiente de transferencia de oxígeno volumétrico (K_La) del respirómetro, para generar una curva de consumo de oxígeno exógeno experimental. Un método ampliamente usado para estimar el K_La es el método dinámico de eliminación de gas (gassing-out) desarrollado por Bandyopadhyay y Humprey [1967]. En este método cuando la concentración de oxígeno disuelto es estable se

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

interrumpe la aireación en el respirómetro; así la velocidad de disminución de la concentración de oxígeno es debida al consumo de oxígeno de los microorganismos ($Q_{O2}X$). El decremento en la concentración de oxígeno es lineal y la pendiente del gráfico de la concentración de oxígeno en función del tiempo es el valor del consumo de oxígeno. Antes de que el oxígeno disuelto alcance un límite crítico se debe reiniciar la aireación para no estresar a los microorganismos y la aireación se mantiene hasta que la concentración de oxígeno regresa al valor donde se inició el experimento. Mediante los datos obtenidos en la fase de aireación el K_La puede ser estimado mediante el método gráfico. En éste método K_La se obtiene a partir de la pendiente del gráfico de la concentración de oxígeno en función de las derivadas de la concentración de oxígeno con respecto al tiempo (dCo/dt) más el $Q_{O2}X$ [Patel y Thibault, 2009]. En el método gráfico se tienen que calcular las derivadas de los datos experimentales de oxígeno disuelto lo cual puede propagar un error en la estimación del K_La.

En este trabajo la estimación del K_La se realiza mediante el ajuste directo de los datos experimentales de oxígeno disuelto mediante la integración de la ecuación diferencial por el método de Runge-Kutta y la optimización del K_La con mínimos cuadrados y se compara el valor estimado con la estimación realizada por el método gráfico.

Metodología

Materiales

Para realizar los experimentos del método dinámico se utilizó un respirómetro con un volumen de trabajo de 5 litros (Figura 1) equipado con un agitador de velocidad variable. Para el suministro de aire, se utilizó un aireador con un difusor poroso, colocado en la parte inferior del reactor. El oxígeno disuelto se midió en un intervalo de 10 segundos con un medidor de oxígeno disuelto de banco (HI2400, Hanna Instruments) y sus lecturas se almacenaron en una computadora mediante un sistema de adquisición de datos conectado al medidor.

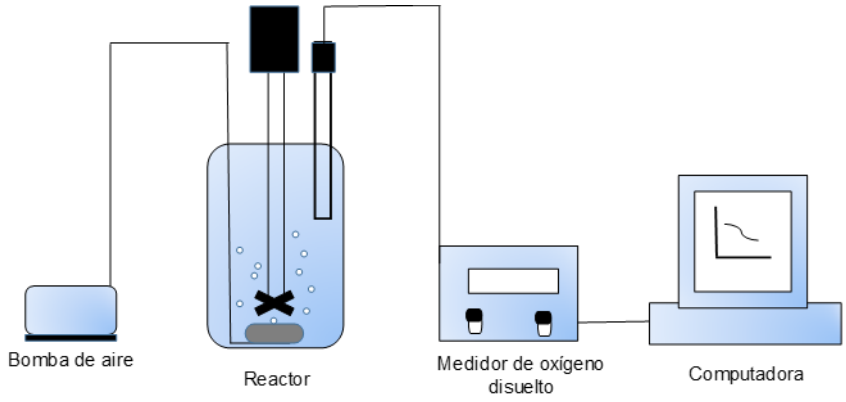


Figura 1. Esquema del arreglo experimental para la estimación del coeficiente de masa volumétrico.

Tiempo de respuesta del electrodo de oxígeno disuelto

El tiempo de respuesta del electrodo (τ_p) fue caracterizado como el tiempo necesario para alcanzar el 63% de la concentración de oxígeno disuelto [Linek y col., 1987]:

$$\tau_p \frac{dCo}{dt} = (Co - Cp) \quad (1)$$

Donde Co es la concentración de oxígeno disuelto medida en el tiempo t, y Cp es la concentración de oxígeno verdadera. El electrodo fue calibrado usando nitrógeno (0%) y aire (100%) inyectado en una muestra de líquido esterilizado proveniente del respirómetro.

Método dinámico de eliminación de gas

El coeficiente de transferencia de oxígeno se estimó usando el método dinámico de eliminación de gas. En este método se suspende la aireación al inicio del experimento. La interrupción de aire provoca una caída en la concentración de oxígeno debido al consumo de oxígeno de los microorganismos y antes de que se alcance una concentración de oxígeno crítica para los microrganismos se reinicia la aireación; originando así que la concentración de oxígeno se incremente en función del tiempo hasta regresar a la concentración estable. Mediante el ajuste a los datos de oxígeno obtenidos cuando la aireación es interrumpida se obtiene la velocidad de consumo de oxígeno de los microorganismos. La concentración de oxígeno en el respirómetro en la fase de aireación se describe mediante:

$$\frac{dCo}{dt} = K_L a\,(Co^* - Co) - Q_{O2}X \tag{2}$$

Donde $Q_{O2}X$ es la velocidad de consumo de oxígeno de los microorganismos y Co^* es la concentración de oxígeno límite de saturación en el medio líquido. En el método convencional la concentración de oxígeno se describe despejando la concentración de oxígeno de la ecuación (2) [García y Ochoa, 2010]:

$$Co = -\frac{1}{K_L a}\left[\frac{dCo}{dt} + Q_{O2}X\right] + Co^* \tag{3}$$

Lo cual resulta en una ecuación de una línea recta con pendiente $-1/K_La$; donde el valor de $Q_{O2}X$ es determinado de la pendiente del ajuste de los datos obtenidos en la fase de interrupción de aireación, K_La es estimado a partir del ajuste de la ecuación (3) a los datos de oxígeno disuelto obtenidos en la fase de aireación.

Estimación del K_La mediante el método gráfico

Las derivadas de la concentración de oxígeno disuelto con respecto al tiempo de los datos experimentales correspondientes a la fase de aireación, fueron calculadas con el software USI (Un-Scan-It automated digiting system) tomando la primera derivada ponderada cuadrática suavizada. K_La fue estimado a partir de la pendiente del grafico Co vs (dCo/dt) del ajuste a la ecuación (3).

Estimación del K_La mediante el algoritmo de optimización

El K_La fue estimado mediante el ajuste directo de los datos experimentales de oxígeno disuelto a la ecuación (2) mediante un algoritmo de optimización aplicando un método de Runge-Kutta de segundo orden aplicado en la resolución de la ecuación (2):

$$Co_{i+1} = Co_i + \left(\frac{1}{2}k_1 + \frac{1}{2}k_2\right)h \tag{4}$$

donde:

$$k_1 = f(t_i, Co_i) \tag{5}$$
$$k_2 = f(t_i + h, Co_i + k_1 h) \tag{6}$$

 ISSN 2007-8102

El parámetro K_La fue estimado minimizando la suma de los errores residuales al cuadrado ($SERC$) de los datos de oxígeno consumido con las predicciones del modelo teórico:

$$SERC = \sum_{i=1}^{n} \lfloor (Co_{obs})_i - (Co_{teo})_i \rfloor^2 \quad (7)$$

Donde Co_{obs} es el oxígeno consumido observado y Co_{teo} es el oxígeno consumido teórico de un total de n observaciones. El algoritmo de optimización fue programado en Matlab 2016.

Resultados y discusión

La Figura 2 presenta un ajuste realizado a los datos de oxígeno disuelto utilizando el método gráfico. Las derivadas de oxígeno fueron calculadas y suavizadas mediante el software USI; de acuerdo con Torres y col., [2017] el proceso de suavizado reduce el impacto del ruido de los datos experimentales facilitando de esta manera la identificación de parámetros. El K_La promedio estimado con el método gráfico fue de 20.83 h^{-1} ± 2.57, con un tiempo de transferencia de masa característico ($1/K_La$) igual a 172.8 segundos. Es importante mencionar que el tiempo de respuesta promedio medido del electrodo de oxígeno fue de 14 segundos, ya que de acuerdo con Patel y Thibault, [2009] la dinámica del electrodo de oxígeno se vuelve un factor clave en la estimación del K_La cuando la diferencia del tiempo de transferencia característico y del tiempo de respuesta es menor de 50 segundos. Los valores estimados del K_La con el método gráfico y el algoritmo de optimización presentaron una diferencia mayor de 50 segundos por lo cual la dinámica del electrodo no fue tomada en cuenta para la corrección de las medidas de oxígeno disuelto.

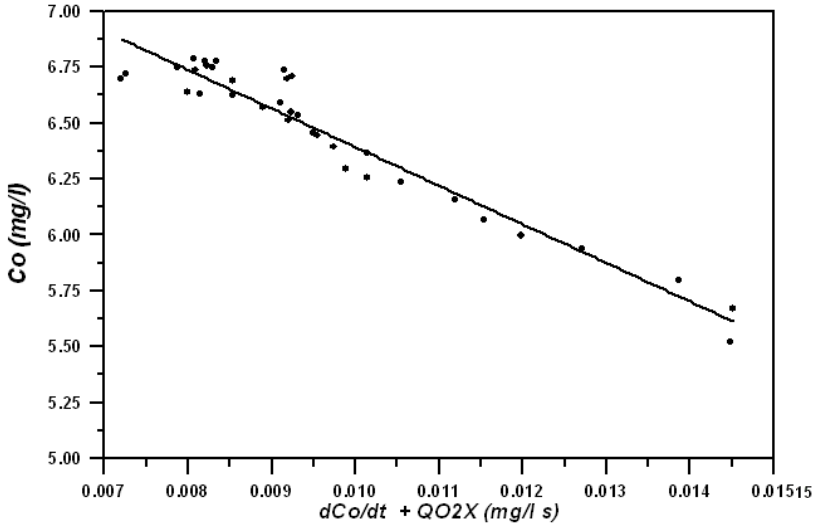


Figura 2. Ajuste de los datos experimentales de oxígeno disuelto mediante el método gráfico (r^2=0.9336, – Co calculada, ●Co experimental).

Como se puede observar en la Figura 2, con el método gráfico se presenta una mayor dispersión de datos y se obtienen coeficientes de correlación menores que los obtenidos con el algoritmo de optimización donde el coeficiente de correlación promedio obtenido con el método grafico fue de 0.9472 ± 0.02842 y el coeficiente de correlación promedio obtenido con el algoritmo de optimización fue de 0.9825 ± 0.01411. En la Figura 3 se muestra un ajuste de los datos experimentales de oxígeno disuelto mediante el algoritmo de optimización. Los ajustes realizados con el algoritmo presentaron mejores correlaciones que los realizados con el método gráfico con un valor promedio de K_La, estimado de 18.53 h^{-1} ± 1.35. La mejor correlación es debido a que al realizar el cálculo de las derivadas de oxígeno el error asociado al procedimiento incide en el ajuste de los datos, tal como puede observarse en la Figura 2 donde se presenta una mayor dispersión de los datos experimentales de la concentración de oxígeno.

 ISSN 2007-8102

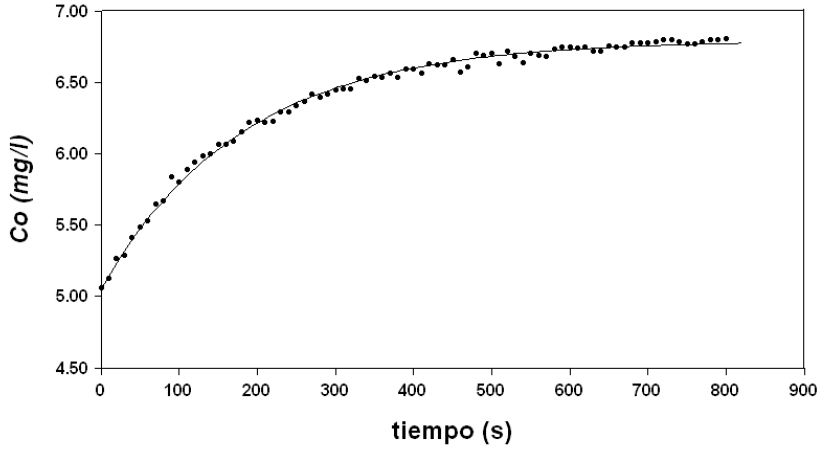


Figura 3. Ajuste de los datos experimentales de oxígeno disuelto mediante el algoritmo de optimización (r^2=0.9953, –Co calculada, ●Co experimental.

En la Figura 4 se muestran las derivadas calculadas con el software USI para los datos de oxígeno experimentales. Se puede observar que cuando la concentración de oxígeno disuelto se acerca a la concentración estable, las derivadas presentan una mayor dispersión lo cual afecta en la estimación del K_La.

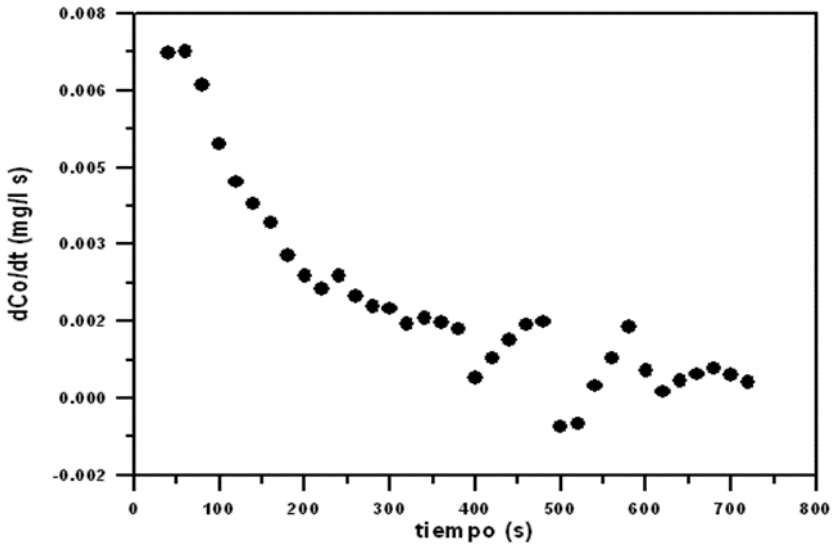


Figura 4. Derivadas de los datos experimentales de oxígeno disuelto calculadas y suavizadas con el software USI.

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se considera realizar experimentos utilizando lodos activados para estimar el KLa de manera directa con el algoritmo de optimización y considerando la dinámica del electrodo de oxígeno disuelto.

Conclusiones

La estimación del K_La.mediante el algoritmo de optimización propuesto presento mejores correlaciones que las estimaciones realizadas por el método gráfico, presentando la ventaja adicional de no requerir el cálculo y suavizado de las derivadas de las concentraciones de oxígeno disminuyendo de esta manera el error asociado con el cálculo de las derivadas y el tiempo de estimación del K_La .

Referencias

1. Bandyopadhyay B. and Humprey A. (1967). Dynamic measurement of the volumetric oxygen transfer coefficient in fermentation systems. *Biotechnology and Bioengineering*. **(9)**:533-544
2. García-Ochoa F. and Gómez E. (2010). Oxygen Transfer Rate Determination: Chemical, Physical and Biological Methods. Encyclopedia of Industrial Biotechnology. Wiley, New York, NY.
3. Linek V.; Vacek V. and Benes P. (1987). A critical review and experimental verification of the correct use of the dynamic method for the determination of oxygen transfer in aerated agitated vessels to water, electrolyte solutions and viscous liquids. *Chem. Eng. J.* **(34)**:11–34.
4. Ordaz A.; Oliveira C.; Aguilar R.; Carrión M. and Thalasso F. (2008). Kinetic and stoichiometric parameters estimation in a nitrifying bubble column through ‘‘In-Situ’’ pulse respirometry. *Biotechnology and Bioengineering*. **(100)**:94-101.
5. Patel N. and Thibault J. (2009). Data Reconciliation using neural networks for the determination of K_La. In: do Carmo Nicoletti M., Jain L.C. (eds) Computational intelligence techniques for bioprocess modelling, supervision and control. Studies in computational intelligence. **(218)**. Springer, Berlin, Heidelberg.
6. Spanjers H. and Vanrolleghem P. (2016). Respirometry. In: van Loosdrecht.; Nielsen H.; López-Vázquez N. and Brdjanovic D. (eds) Experimental methods in wastewater treatment. IWA publishing.
7. Torres P.; Cerri O.; Perencin M.; Pérez-Correa R. y Agosin E. (2017). Automated algorithm to determine k_La considering system delay. J Chem Technol Biotechnol. **(92)**:1630-1637.

Experimentación en una planta piloto para producir biodiesel a partir de aceite usado.

A. López López[1], E. del Angel Meraz[1], H. Martínez García[2], Mayra Agustina Pantoja Castro[1], C.M. Flores Guzmán[1]*

[1] Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Licenciatura en Ingeniería Química, Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1. Col. La Esmeralda CP. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.

[2] Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Básicas, Doctorado en Ciencias con orientación en: Materiales, Nanociencias y Química Orgánica (PNPC), Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1. Col. La Esmeralda CP. 86690, Cunduacán, Tabasco, México

**ebelia.delangel@ujat.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química.*

Resumen

Se determinaron y evaluaron las condiciones adecuadas para obtener biodiesel a partir de aceite vegetal usado (AVU). Se analizaron 18 muestras con relación molar CH_3OH: Aceite de 5:1 con condiciones de temperatura de 65-100 °C, empleando catalizadores: ácido (H_2SO_4) y básico (NaOH), a concentraciones molares de: 0.15-0.7 y 0.6-2.10 % (m/m) respectivamente. El biodiesel obtenido por transesterificación se sometió a pruebas de acuerdo a la norma EN 14214 B100: contenido de metil-éster, contenido de ácido linoléico, viscosidad cinemática y contenido de humedad. Los resultados obtenidos se compararon con los establecidos por la Norma antes mencionada. El mejor resultado de acuerdo a la Norma fue: 100 °C de temperatura, tiempo de reacción de 75 minutos, catalizador H_2SO_4 a 0.15 % (m/m), relación molar CH_3OH: Aceite de 5:1; se obtuvo la conversión de metil-éster de 97.5 %, a estas condiciones de operación se obtienen resultados favorables de acuerdo a la norma establecida.

***Palabras clave**: aceite vegetal, biodiesel, catálisis, transesterificación.*

Abstract

Appropriate conditions for obtaining biodiesel from used vegetable oil (AVU) were determined and evaluated. 18 samples were analyzed with molar ratio CH_3OH: 5: 1 oil with temperature conditions of 65-100 ° C, using catalysts: acid (H_2SO_4) and basic (NaOH), at molar concentrations of: 0.15-0.7 and 0.6-2.10 % (m / m) respectively. The biodiesel obtained by transesterification was tested according to EN 14214 B100: methyl ester content, linoleic acid content, kinematic viscosity and moisture content. The results obtained were compared with those established by the aforementioned standard. The best result according to the standard was: 100 ° C temperature, 75 minute reaction time, H_2SO_4 catalyst at 0.15% (m / m), CH_3OH molar ratio: 5: 1 oil; 97.5% methyl ester conversion was obtained, at these operating conditions favorable results are obtained according to the established standard.

***Key words**: vegetable oil, biodiesel, catalysis, transesterification.*

Introducción

La disminución de las reservas de petróleo, ha creado un enfoque hacia el estudio de la creación de nuevas fuentes de combustibles renovables [Ott y col., 2018]. El biodiesel está ganando aceptación en el Mercado como combustible y lubricante [Atadashi y col., 2010], además es un combustible alternativo similar al diésel [Rouhany y Montgomery., 2019]. Se utilizan aceites vegetales como materia prima, en la producción de biodiesel [Issariyakul y Dalai., 2014]. La producción del biodiesel se realiza por transesterificación de triglicéridos en aceites comestibles con metanol, en presencia de un catalizador alcalino ácido o básico [Di Serio y col., 2010].

Por lo general la transesterificación se efectúa en un reactor Batch, durante el proceso ocurren tres reacciones reversibles y consecutivas, para cada reacción un mol de éster metílico es liberado [Atadashi y col., 2011]. Se basa en combinar un aceite vegetal con un alcohol ligero y como subproducto se obtiene glicerol [Rashid y col.,

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

2009]. En la presente investigación se evaluaron las condiciones adecuadas con el fin de obtener biodiesel a partir de aceite vegetal usado en una planta piloto de Biodiesel tipo Batch.

Metodología

La experimentación se realizó en dos fases, la primera fase comprende la producción de biodiesel a partir del catalizador ácido; ácido sulfúrico (H_2SO_4), la segunda fase comprende la producción a partir de catalizador básico; hidróxido de sodio (NaOH). En la Figura 1 se ilustran los ensayos para producir biodiesel de acuerdo a la Norma EN 14214 B100.

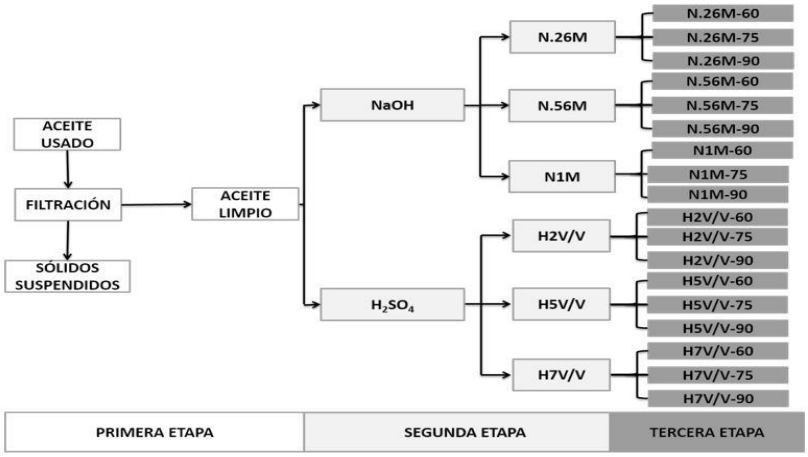


Figura 1. Diagrama del proceso de la producción de biodiesel a partir de aceite de cocina usado

La producción de biodiesel a partir de aceites vegetal usado se dividió en tres etapas, en la primera etapa se eliminan los sólidos suspendidos filtrando el aceite por medio de un papel filtro de 12 µm para eliminar las partículas suspendidas, después de liberar el aceite de sólidos y agua se prepara para la segunda etapa la cual se divide en dos vertientes de acuerdo al catalizador empleado, se han propuesto tres variaciones de concentración para cada caso, y tres variaciones de tiempo para cada concentración como se específica en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones experimentales empleadas para la producción de Biodiesel

Código	Experimento número	Rel. Molar CH_3OH:Aceite	Catalizador %(m/m_{aceite}) x10^{-2}	T (°C)	Tiempo (min)
H2V/V-60	1	5:1	0.70	100	60
H2V/V-75	2	5:1	0.15	100	75
H2V/V-90	3	5:1	0.28	100	90
H2V/V-60	4	5:1	0.70	100	60
H2V/V-75	5	5:1	0.15	100	75
H2V/V-90	6	5:1	0.28	100	90
H2V/V-60	7	5:1	0.70	100	60
H2V/V-75	8	5:1	0.15	100	75
H2V/V-90	9	5:1	0.28	100	90
N.26-60	10	5:1	0.60	65	60
N.26-75	11	5:1	1.50	80	75
N.26-90	12	5:1	2.10	100	90
N.56-60	13	5:1	0.60	65	60
N.56-75	14	5:1	1.50	80	75
N.26-90	15	5:1	2.10	100	90
N.26-60	16	5:1	0.60	65	60
N.26-75	17	5:1	1.50	80	75
N.26-90	18	5:1	2.10	100	90

Instalación experimental

La planta piloto de Biodiesel consta de un reactor de vidrio de forma cilíndrica con fondo plano, de 3 L de capacidad, provisto de 2 bocas, la boca central, la mayor está conectada al condensador y la menor está

conectada al mezclador, además de tiene un sistema de evacuación de productos para su posterior separación en decantadores (Figura 2).

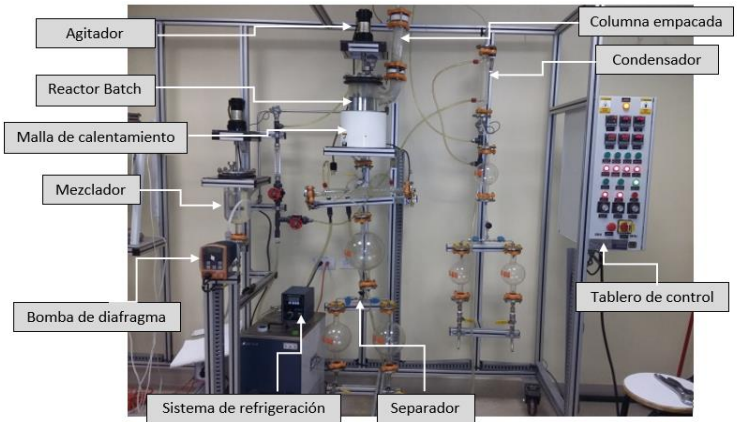


Figura 2. Planta Piloto de Biodiesel y sus componentes

El Sistema de calefacción y control de temperatura trabaja en el intervalo de 30 a 100 °C: el sistema de calefacción proporciona las condiciones térmicas adecuadas para llevar a cabo la reacción de Transesterificación mediante una malla de calentamiento compuesta de resistencias eléctricas y revestidas de fibra de vidrío para que la energía sea emitida de manera homogénea. El control de la temperatura se lleva a cabo mediante el termopar que monitorea y controla la energía emitida de la malla de calentamiento. El Sistema de condensación se emplea para recuperar el metanol evaporado mediante un refrigerante de vidrio en espiral con camisa, mediante el cual circula agua en contracorriente. Los sistemas auxiliares están conformados por la bomba de diafragma, la bomba de recirculación, el agitador mecánico, el mezclador, separador.

En el esquema de la Figura 1 y Tabla 1, se muestra el procedimiento y las condiciones experimentales para cada uno de los ensayos. El arranque y operación del equipo inicia con la energización del tablero, se agregó al mezclador el ácido sulfúrico y metanol a las concentraciones especificadas en cada ensayo; se agregó en el reactor el AVU (Figura 2) y se precalentó a la temperatura de reacción especificada en la Tabla 1, con la bomba de diafragma se agregó el catalizador al reactor desde el mezclador y se dio inicio a la reacción encendiendo el reactor. Al finalizar la reacción los productos se pasaron al sistema de separación por decantación para separar por diferencia de densidades cada producto obtenido (glicerina y biodiesel).

Instrumentación y condiciones analíticas del cromatógrafo de gases

En la Figura 3 se ilustra el equipo analítico empleado para la determinación cualitativa y cuantitativa de los esteres metílicos en las muestras consta de un cromatógrafo de gases provisto de un detector de ionización de llama (FID) y un integrador. El cromatógrafo empleado es un Agilent Technologies 7890 A, dotado de una columna capilar Supelco^{TM} 37 component FAME mix y sistema de inyección automática. El análisis de cada muestra tuvo una duración 40 minutos por el método: cuantificación de lípidos (FAME).

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Cromatógrafo de gases.

Métodos de análisis

Para determinar las propiedades físicas y químicas del biodiesel obtenido se siguieron los métodos sugeridos por la Norma EN 14214 B100, estas propiedades se describen en los siguientes apartados;

Contenido de metil-éster

El contenido de metil-éster (% FAME) se determinó empleando cromatografía gaseosa con una columna de composición polar como fase estacionaria. La Norma estandarizada EN 14103 considera los ésteres contenidos entre el miristato (C14:0) y el metil éster del ácido nervónico (C24:1). Se utiliza metilheptadecanoato (99.5 % de pureza) como patrón interno.
El contenido de éster (C), expresado como fracción masa en tanto porciento, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(\sum A) - A_{EI}}{A_{EI}} * \frac{C_{EI} - V_{EI}}{m} * 10 \qquad [1]$$

Donde:

$\sum(A)$ Es el área total de los picos desde el éster metílico de C_{14} hasta el $C_{24:1}$
A_{EI} Es el área del pico correspondiente al heptadecanoato metílico.
C_{EI} Es concentración de la disolución de heptadecanoato metílico utilizada, en miligramos por mililitro.
V_{EI} Es el volumen de la disolución de heptadecanoato metílico utilizada, en mililitros.
m Es la masa de la muestra en mililitros.

Los resultados se expresan indicando una fracción decimal.

El contenido de éster metílico de ácido linoléico (L), expresado como fracción masa en tanto porciento, se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$L = \frac{A_L}{(\sum A) - A_{EI}} * 100\% \qquad [2]$$

Donde:
$\sum(A)$ Es el área total de los picos desde el éster metílico de C_{14} hasta el $C_{24:1}$
A_{EI} Es el área del pico correspondiente al heptadecanoato metílico
A_L Es el área correspondiente al éster metílico del ácido linoléico

Los resultados se expresan indicando una fracción decimal.

 ISSN 2007-8102

Viscosidad cinemática

Para determinar la viscosidad cinemática se utilizó la Norma COVENIN 3627:2000, el procedimiento consistió en llenar el viscosímetro con la muestra a ensayar y se colocó en el baño de temperatura controlada, este procedimiento fue conforme al empleado cuando el viscosímetro es calibrado. Se repitió el ensayo, hasta que dos medidas coincidan. Con la expresada repetitividad para la muestra, se calculó su promedio y se usó este valor para determinar la viscosidad cinemática.

Contenido de humedad

Para el contenido de humedad se utilizó la norma NMX-F-428-1982 para determinar el contenido de humedad en biodiesel en una termo balanza equipada con una lámpara infrarroja de 250 W con platillos de aluminio.

Resultados y discusión

Se analizaron algunos parámetros requeridos por la Norma EN 14214 B100 para determinar la calidad del biodiesel, tales como: Contenido de metil-éster, contenido de ácido linoléico, viscosidad cinemática y contenido de humedad. Asimismo se evaluaron los efectos en la conversión de metil-éster con respecto a: tiempo de reacción, concentración de catalizador y temperatura de reacción.
En la Figura 4, se muestra el contenido de metil-éster con respecto al número de muestras, para la catálisis ácida (■) y básica (▼). La Norma EN 14214 B100 establece el contenido mínimo de metil-éster de 96.5 % (m/m) en biodiesel obtenido.

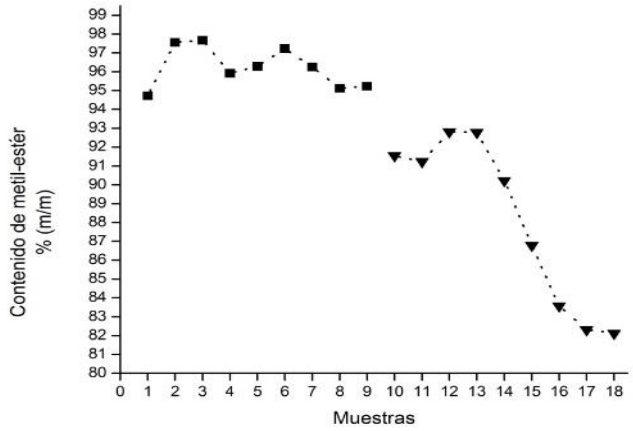


Figura 4. Contenido de metil-ésteres en el biodiesel obtenido por transesterificación.

Existe una gran similitud en la posición de los picos obtenidos por catálisis ácida que indican la presencia de componentes característicos del biodiesel, además concuerda con el contenido mínimo de metil-éster (96.5 %) establecido por la Norma EN 14214 B100, este contenido se encuentra entre los componentes ácido niristico (C14:0) y nervonato de metilo (C24:1).

Ensayos experimentales realizados por Salar [2016], con biodiesel a partir de aceite de Jatrofa, en un reactor tipo Batch empleando catalizador ácido (H_2SO_4), y temperatura en el intervalo de 100 a 150 °C y tiempo de reacción de 90 min, logro obtener 98 % (m/m) de contenido de metil-éster en el biodiesel. Asimismo Lian Wu y col., [2016] emplearon el aceite de soya para producir biodiesel por transesterificación básica (NaOH), la síntesis del biodiesel se llevó a cabo a presión atmosférica a 60 °C, tiempo de reacción de 1 hora y concentración de NaOH de 2.1 M.

Estos autores reportaron el contenido de metil-éster de 91.65 % (m/m). Lo anterior comprueba que las condiciones establecidas en la metodología para llevar a cabo la transesterificación coinciden y son reproducibles por diversos autores para obtener el mayor contenido de metil-éster en muestras de biodiesel. En este estudio la mayor conversión se obtuvo empleando catalizador H_2SO_4 a 5 % (v/v), 100 °C de temperatura y 1 hora de reacción.

 ISSN 2007-8102

Contenido de ácido linoléico

En la Figura 5, se presenta el contenido de ácido linoléico en cada muestra de biodiesel catalizadas con H_2SO_4 (■) y NaOH (▼), empleando el método EN 14103 para la determinación del ácido linoléico, la norma EN 14214 B100 establece el contenido máximo de 12 % (m/m) de ácido linoléico.

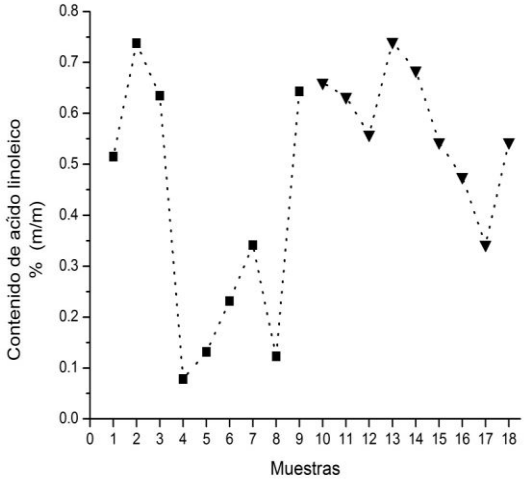


Figura 5. Contenido de ácido linoléico.

Se observa gran similitud en el contenido de ácido linoléico en muestras transesterificadas con catalizador ácido y básico. Además todas las muestras se encuentran dentro del rango establecido de acuerdo a la norma EN 14214 B100. Guerrero y col., [2010] determinó un promedio de 5.85 % (m/m) de contenido de ácido linoléico en muestras de biodiesel en función de la temperatura, estos autores emplearon aceite de soya y catalizador básico (NaOH), y no observaron diferencia significativa con respecto a la temperatura de reacción dispuesta entre 30 y 50 °C.

Viscosidad cinemática

Para establecer las propiedades del biodiesel, se evaluó la viscosidad cinemática mediante un viscosímetro Brookfield modelo DV-II + PRO. En la Figura 6 se muestra la viscosidad cinemática de cada una de las muestras de biodiesel obtenidas a partir de aceite vegetal usado, clasificadas por el catalizador empleado: ácido (■) y la básico (▼). La norma EN 14214 B100 específica un intervalo entre 3.50 $mm^2\ s^{-1}$ y 5.0 $mm^2\ s^{-1}$.

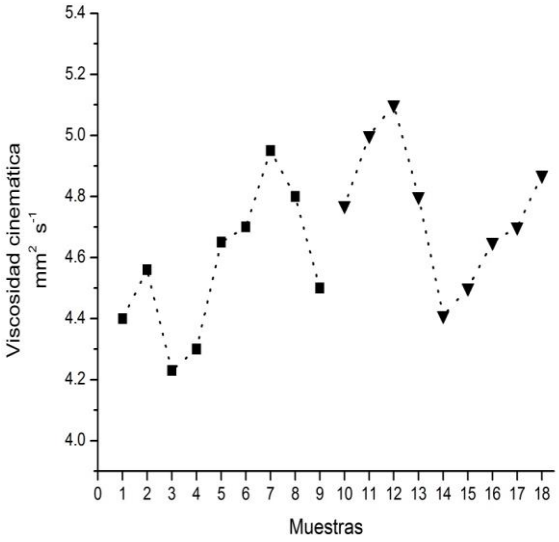


Figura 6. Viscosidad cinemática

Se puede observar que las muestras ácidas (1-9) se encuentran dentro del parámetro establecido por la Norma EN 14214 B100, mientras que las muestras básicas presentan ligera desviación. Las muestras básicas 11 y 12 (Tabla 1), presentan viscosidad cinemática elevada, por lo tanto, no cumplen con el parámetro establecido de acuerdo a la Norma EN 14214 B100, esta elevada viscosidad puede conducir a una combustión generalizada más pobre y la dilución con el diésel lo cual puede afectar en el mezclado, además afecta drásticamente a la atomización del combustible en la inyección del mismo, en la cámara de combustión, aunado con la formación de depósitos en el motor, con ello, se busca que la viscosidad del biodiesel se reduzca sustancialmente. Tamayo [2012] obtuvo resultado en la viscosidad con promedio de 32.36 $mm^2 s^{-1}$ con tres replicas a partir de aceite usado vegetal, utilizando catalizador H_2SO_4 en un horno de microondas a 200 W, de acuerdo a la Norma EN 14214 B100 este valor reportado por el autor se encuentra fuera de lo establecido, esto indica que el diseño experimental que empleo no fue el adecuado.

Contenido de humedad

En la Figura 7, se muestra el contenido de humedad expresada en porcentaje % (m/m) presente en las 18 muestras; ácidas (■) y básicas (▼). El contenido de humedad se determinó mediante la termobalanza marca DHAUS modelo MB35-HOLOGEN. La norma EN 14214 B100 específica un rango máximo de 0.05 % (m/m) equivalente a 500 ppm.

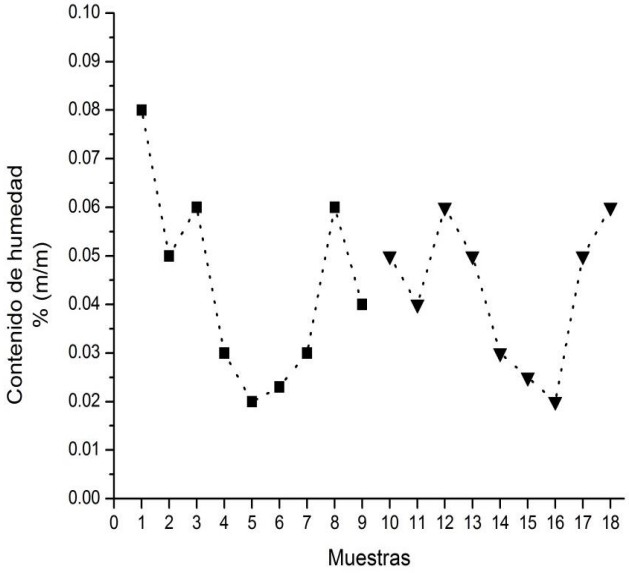


Figura 7. Contenido de humedad

Analizando los resultados de la pureza del biodiesel en los parámetros relacionados con el contenido de humedad de acuerdo a la norma EN 14214 B100, ninguna de las 18 muestras cumple con el parámetro establecido. Esto es debido al exceso de contenido de humedad residual presente en ellas, en función del método de lavado. Los ésteres metílicos son más higroscópicos que los combustibles a base de petróleo, esto da lugar a que durante el almacenamiento puedan absorber cantidades notables de agua, hasta alcanzar una concentración de aproximadamente 1000 ppm. Vivas [2010] obtuvo el contenido de humedad de 0.236 % (m/m) en muestras de biodiesel a partir de aceite usado, mediante transesterificación homogénea con ácido sulfúrico y metanol, a temperatura de 77 °C en un reactor tipo Batch, este modelo implementado es un promedio de 3 muestras analizadas, los resultados obtenidos por el autor indica que el valor obtenido está por encima de lo establecido en la norma.

Trabajo a futuro

Determinar el grado de corrosión que puede ocasionar el biodiesel en los motores de combustión interna y adaptar el diseño experimental para su correcta implementación para mejorar la calidad del producto.

Conclusiones

Los datos presentados en la producción de biodiesel mediante transesterificación con catalizador ácido (H_2SO_4) y básico (NaOH), nos posibilitan hacer las siguientes conclusiones:

De acuerdo a la determinación de contenido de metil-éster, contenido de ácido linoléico, viscosidad cinemática y contenido de humedad, En comparación con las 18 muestras, la muestra 2 presentó mejores resultados de acuerdo a la norma EN 14214 B100 y las condiciones de operación para obtener estos resultados fueron: catalizador H_2SO_4 al 0.15 % (v/v), temperatura de 100 °C y tiempo de reacción de 75 minutos, relación molar metanol: aceite de 5:1. Los cuales hacen constatar que la metodología implementada es apta para obtener biodiesel de calidad.

Agradecimientos

A el Dr. Alejandro Ruíz Marín de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Carmen por el apoyo brindado para realizar pruebas en la planta piloto de Biodiesel tipo Batch. A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo financiero para la realización de la estancia de investigación

Referencias

1. Ott, L., Riddell, M., O'Neill, E., & Carini, G. (2018). From orchids to biodiesel: Coco coir as an effective drywash material for biodiesel fuel. *Fuel Processing Technology.* **(176)** 1-6.
2. Atadashi I., Aroua, M., Aziz, A. (2010). High quality biodiesel and its diésel engine application: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **(14)** 1999-2008.
3. M. Rouhany & H. Montgomery. (2019). Global Biodiesel Production: The State of the Art and Impact on Climate Change. *Biofuel and Biorefinery Technologies*. 161-192.
4. T. Issariyakul & A.K. Dalai. (2014). Biodiesel from vegetable oils.*Renewable and Sustainable Energy Reviews.* **(31)** 446-471.
5. M. Di Serio, R.Tesser, L. Casale, A. D'Angelo, M. Trifuoggi & E. Santacesaria. (2010). Heterogeneous Catalysis in Biodiesel Production: The Influence of Leaching.*Topics in Catalysis*. **(53)** 811-819.
6. I. Atadashi, M. Aroua, A. Aziz, & N. Sulaiman. (2011). Refining technologies for the purification of crude biodiesel. *Applied Energy*. **(88)** 4239-4251.
7. Rashid U., Anwar F., Knothe G. (2009). Evaluation of biodiesel obtained from cottonseed oil. *Fuel processing technology.* **(90)** 1157-1163.
8. Salar J., Ortiz V., Olivares P., Quesada J., de los Ríos A., Hernández F. (2016). Analysis of optimal conditions for biodiesel production from Jatropha oil in supercritical methanol: Quantification of thermal de composition degree and analysis of FAMEsM. *The Journal of Supercritical Fluids*. **(112)** 1–6.
9. Lian W., Teng-youWei., Zhang-fa T., Yun Z., Zi-jun L., Jian-hua S. (2016). Bentonite-enhanced biodiesel production by NaOH-catalyzed transesterification of soybean oil with metanol. *Fuel Processing Technology*. **(144)** 334–340.
10. Guerrero C., Osorio I., Sierra F. (2010). Evaluación del efecto de la temperatura en la producción de biodiesel con aceite de higuerilla. *Ingeniería e investigación*. **(30)** 52-61.
11. Tamayo A. (2012). Obtención de biodiesel a partir de aceites comestibles vegetales usados. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Carrera de Ingeniería Bioquímica.
12. Vivas A. (2010). Estudio y obtención de biodiesel a partir de residuos grasos de origen bovino. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Programa de Ingeniería Química.

Efecto de la osmodeshidratación de carne de pollo sobre sus propiedades de textura y evaluación sensorial

N. D. Hernández Castellanos[*1], M. A. Pérez Vargas[1], H. A. Jiménez Avalos[1], L. Chaires Martínez[1] y A. Cruz Hernández[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache. Planta Piloto de Alimentos. (PPA-ITSAT). Km 6.5. Carretera Potrero del Llano-Tuxpan, Xoyotitla, Alamo Temapache. Veracruz, México. Tel. 7658445592

**e-mail: deyanira_ver@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La deshidratación osmótica (OD) es un pretratamiento que consiste en extraer el agua por acción de la presión osmótica de soluciones hipertónicas. La eliminación de agua permite obtener productos de humedad intermedia, se incrementa la estabilidad por la reducción de la actividad de agua debido a la presencia de solutos. Se deshidrataron por este proceso (OD) filetes de pechuga de pollo utilizando una solución ternaria (sacarosa-NaCl-agua) a tres diferentes proporciones. La mezcla con un contenido mayor de sacarosa fue la que eliminó la mayor cantidad de agua de los filetes de pollo, por lo tanto las muestras deshidratadas con esta solución ternaria fueron a las que se les realizó un análisis de textura y una evaluación sensorial, De estas determinaciones se concluyó que no existe diferencia significativa en la dureza y en la aceptación de los filetes frescos y deshidratados.

***Palabras clave**: Deshidratación Osmótica; Pechuga de pollo; Evaluación sensorial*

Abstract

Osmotic dehydration (OD) is a previous treatment that consists of extracting water by the action of osmotic pressure from hypertonic solutions. The elimination of water allows to obtain intermediate moisture products, stability is increased by the reduction of water activity due to the presence of solutes. Chicken breast fillets were dehydrated by this process (OD) using a ternary solution (sucrose-NaCl-water) at three different proportions. The mixture with the highest sucrose content was the one that removed the greatest amount of water from the chicken fillets, therefore the samples dehydrated with this ternary solution were those that had a texture analysis and a sensory evaluation. From these determinations it was concluded that there is no significant difference in hardness and acceptance of fresh and dehydrated fillets.

***Key words**: Osmotic dehydration; chicken breast; Sensory evaluation*

Introducción

La osmodeshidratación (OD) es un proceso de conservación de alimentos en el cual el agua es eliminada por acción de la presión osmótica de soluciones hipertónicas, se crea entonces una corriente de agua hacia el medio osmodeshidratante y un flujo del soluto hacia el interior del alimento. La eliminación de agua permite obtener productos de humedad intermedia y se incrementa la estabilidad por la reducción de la actividad de agua debido a la presencia de solutos. Los azúcares, sales o combinaciones de estos (soluciones ternarias) se han utilizado como agentes osmóticos. [Raoult-Wack, 1994; Rastogi y col., 2002; Torreggiani y Bertolo, 2004; Ayala y col., 2009].

La deshidratación osmótica de la carne solo se ha estudiado durante los últimos años utilizando principalmente soluciones osmóticas binarias [Deumier y col., 2003; Telis y col., 2003; Graiver y col., 2006; Schmidt y col., 2009; Castro-Giráldez y col., 2010; Santchurn y col., 2007; Barat y col., 2011; Ozuna y col., 2013; Bampi y col., 2016] y soluciones ternarias con menos frecuencia [Djelveh et al., 2001;; Dimakopoulou-Papazoglou y Katsanidis, 2016, 2017; Filipović y col., 2017; Andreou y col., 2018].

Las carnes de diversas especies han constituido desde la antigüedad un alimento básico en la dieta del hombre. Ello es debido a su aporte no sólo proteico sino de muchos micronutrientes esenciales, además de ser muy fácil de preparar y se puede diversificar mucho en su forma de cocinado. En particular, la carne de pollo y pavo son las carnes que han experimentado mayor crecimiento dentro del sector cárnico, lo que ha venido influido por muy

diversos factores, de tipo social y económico, pero también de grandes mejoras en los sistemas productivos (Garrow y James, 1999) y de las mayores exigencias del consumidor hacia productos con un mayor carácter saludable, particularmente altos en proteínas pero con baja proporción de grasas, siendo estas poco saturadas. La pechuga de pollo *(pectoralis mayors),* de acuerdo con Delgado y Wen Sun, [2002] presenta una composición química promedio de humedad de 73.81%, un pH de 5,2; proteína de 25,06%, una actividad de agua 0,980 a 0,99 y un contenido de lípidos de 0,41%.

El objetivo de este proyecto fue evaluar el efecto de la osmodeshidratación de carne de pollo sobre sus propiedades de textura y evaluación sensorial.

Metodología

Materiales

Se utilizaron filetes de pollo adquiridos en un mercado local de Álamo los cuales tenían entre 3.5-4.5 g de peso, 6 cm de longitud, 3 cm de ancho y un espesor promedio de 0.5 cm.

Deshidratación Osmótica (OD)

La deshidratación se llevó a cabo empleando un equipo de la planta piloto de alimentos del ITSAT, el cual se integra de un tanque de acero inoxidable con un agitador de paletas y conexiones para recirculación de agua, una unidad de recirculación de agua con control de temperatura y una bomba de recirculación de agua. Se colocaron las muestras dentro del equipo en bolsas de tela las cuales quedaron sumergidas en una solución ternaria (sacarosa (g)/NaCl (g) en 100 g de agua) a tres diferentes proporciones (66.67/25; 66.67/35.14 y 100/35.14) [Medina-Vivanco y col., 2002] a una temperatura de 5°C con agitación de 330 rpm. La DO se efectuó durante 4 h.

Análisis de los filetes de pollo osmodeshidratados

Terminado el proceso de OD, se procedió a escurrir y secar con papel absorbente las muestras para eliminar el exceso de la solución ternaria. La humedad se determinó por gravimetría, para ello se tomaron 5 gramos de muestra y se llevaron a una estufa eléctrica (Genlab Termal control) a convección forzada a una temperatura de 105 ºC durante 24 h, posteriormente se enfriaron en un desecador y se tomaron los pesos finales en una balanza analítica (AOAC, 1995), para el cálculo de humedad se utilizó la formula ***(1)*** presentada en la Tabla1. Para el cálculo de los sólidos ganados en la muestra (% G.S) se utilizó la ecuación ***(2).***
Después de obtener los resultados de porcentaje de humedad (%X_h) y ganancia de sólidos (% G.S.), para las tres diferentes proporciones de las soluciones ternarias, se seleccionó la muestra con mayor pérdida de humedad para la evaluación sensorial y de textura.

Tabla 1. Ecuaciones y nomenclatura para las respuestas

NOMENCLATURA	ECUACIÓN
$\boldsymbol{m_o}$= Peso de muestra fresca antes de la deshidratación en estufa. $\boldsymbol{m_t}$= Peso de muestra después de deshidratación en estufa. $\boldsymbol{M_o}$= Peso de la muestra antes de la osmodeshidratación. $\boldsymbol{X_{ho}}$= Contenido de humedad antes de la deshidratación osmótica $\boldsymbol{M_t}$= Peso de la muestra osmodeshidratada. $\boldsymbol{X_{ht}}$= Contenido de humedad de la muestra osmodeshidratada. $\boldsymbol{X_{st}}$= Contenido de sólidos después de la osmodeshidratación. $\boldsymbol{X_{so}}$= Contenido de sólidos antes de la osmodeshidratación.	***1)*** $\% X_h = \frac{m_o - m_t}{m_o}$ ***2)*** $\% G.S. = \frac{M_t X_{st} - M_o X_{so}}{M_o}$

Análisis de textura de los filetes de pollo

Los filetes de pollo se analizaron antes y después de la deshidratación osmótica utilizando un texturometro Brookfield CNS Farnell QTS 25. Las muestras se comprimieron axialmente 8 mm a una velocidad constante de 25 mm/min utilizando la geometría de Warner-Bratzler y una mesa de soporte donde se colocó la muestra. Se determinaron los parámetros de fuerza de fractura y dureza.

Evaluación Sensorial
Los filetes de pollo, frescos y deshidratados se asaron a una temperatura de 130°C por un tiempo de 10 minutos por cada lado y se les realizo una evaluación sensorial mediante una prueba de preferencia pareada para poder observar la aceptabilidad de parte de los consumidores.

Análisis Estadístico
Se verificó el nivel de significancia estadística, las medias y la desviación estándar de los tratamientos y sus réplicas. Así mismo, se analizaron los resultados mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) y pruebas post hoc (Duncan y Tukey) mediante el uso del programa estadístico SPSS Statistics V. 17.0.

Resultados y discusión

Análisis de los filetes de pollo osmodeshidratados
En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para % de humedad (%X_h) y ganancia de sólidos (% G.S) en filetes de pechuga de pollo frescos y después del proceso de deshidratación osmótica, donde se observa que las muestras que perdieron más humedad fueron aquellas con una concentración mayor de sacarosa (solución 3) donde se presentó una pérdida de humedad de 37.6 %, a diferencia de las soluciones ternarias 1 y 2, en las cuales se observó una pérdida de humedad de 24.4 y 25 % respectivamente. Los valores máximos observados de %X_h. son inferiores a los de otros estudios [Abud y col., 2008; Zapata y Montoya, 2012; Barman y Badwaik, 2016; Fernandes y col., 2016].

Con respecto a la ganancia de sólidos, en ninguna de las tres mezclas ternarias se observó diferencia significativa en cuanto a los sólidos ganados después del proceso de deshidratación osmótica por un tiempo de 8 horas manteniendo una temperatura constante de 5 °C ± 0.2.

Tabla 2. %X_h y % G.S en filetes de pechuga de pollo frescos y después de 4 horas de deshidratación osmótica

	Sacarosa (g)/NaCl (g) en 100 g de agua	%X_h		% G.S.	
		Fresco	DO	Fresco	DO
1)	**66.67/25.00**	70.20 ± 1.13	53.04 ± 1.72	14.63 ± 0.92	14.92 ± 1.84
2)	**66.67/35.14**	72.32 ± 0.95	54.24 ± 2.36	14.34 ± 1.51	14.85 ± 1.01
3)	**100.00/35.14**	72.67 ± 1.07	45.36 ± 1.49	15.17 ± 1.14	15.43 ± 0.75

La Figura 1 muestra el porcentaje de peso perdido (% P.P.) para las 3 diferentes mezclas ternarias; donde se observa una mayor pérdida de peso durante las 2 primeras horas, para, posteriormente ir disminuyendo hasta las 4 horas. Debido a que la pérdida de peso está directamente relacionada con la pérdida de humedad, también se observa un % de P.P mayor en la mezcla ternaria 3 (100.00/35.14), de hasta 31.2 % a las 4 horas de proceso; mientras que para la las mezclas ternarias 1 y 2 el % P.P. fue de 19.4 y 19.2 respectivamente.

Si analizamos el efecto de los dos solutos: sacarosa y NaCl en la pérdida de peso de las muestras, se observa que cuando se incrementa la concentración de los solutos en la solución, se produce una mayor deshidratación del producto, ya que la actividad de agua de la mezcla ternaria disminuye y la fuerza impulsora para la deshidratación es mayor.

Análisis de textura de los filetes de pollo
Para realizar el análisis de textura se seleccionó la muestra deshidratada con la mezcla ternaria 3 (100.00 g de sacarosa/35.14 g de NaCl en 100 g de agua). En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos de los parámetros de textura obtenidos de los filetes de pechuga de pollo frescos y deshidratados; donde se pueden observar diferencias estadísticamente significativas en los valores de fuerza de fractura (10.0 y 8.67 g respectivamente).

Con respecto a los valores de dureza, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los filetes frescos y los deshidratados (1884 y 1896 g respectivamente), por lo que se puede considerar que el tratamiento es eficaz ya que se conservan sus propiedades de textura. En relación a la dureza, de acuerdo a Herrero [2008], en los productos cárnicos, se considera la dureza el factor más importante que determina la calidad de la carne;

debido a que cuando hablamos de carne, utilizamos erróneamente los términos de textura y dureza, y conviene recordar que no son sinónimos; la textura es una propiedad sensorial, mientras que la dureza es un atributo de textura.

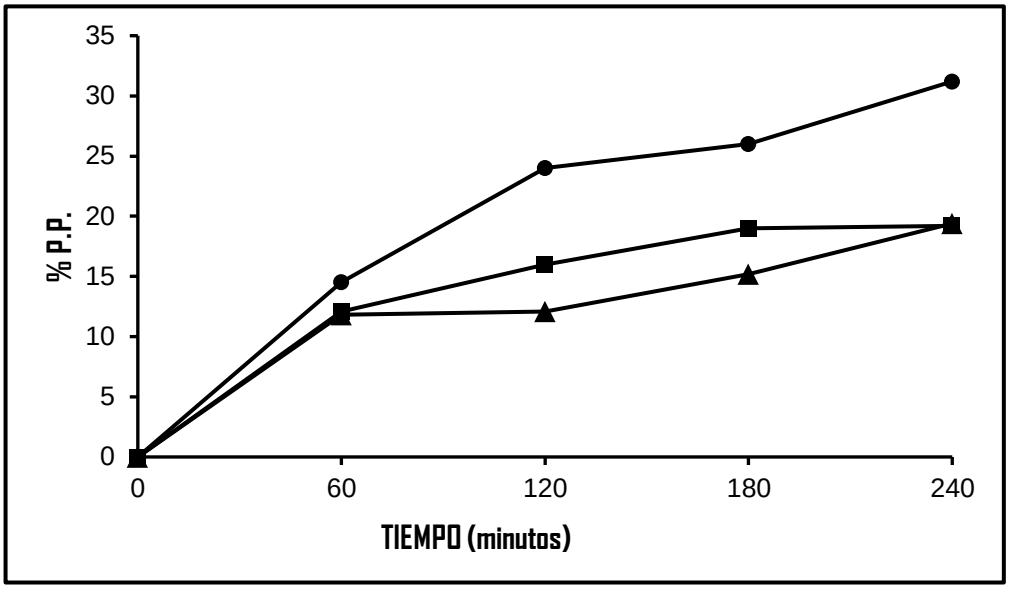


FIGURA 1. Cinética de % DE PESO PERDIDO (% P.P.) de filetes de pechuga de pollo para las soluciones ternarias Sacarosa (g)/NaCl (g) en 100 g de solución ▲(66.67/25.00); ■(66.67/35.14) y ● (100.00/35.14)

Tabla 3. Parámetros de textura de filetes de pechuga de pollo frescos y después de 4 horas de deshidratación osmótica

FILETE DE PECHUGA DE POLLO	FUERZA DE FRACTURA (g)	DUREZA (g)
FRESCO	10.00 ± 1.00 [a]	1884.33 ± 43.59 [a]
DESHIDRATADO	8.67 ± 1.53 [b]	1896.33 ± 52.54 [a]

Evaluación Sensorial

En la Figura 2 se muestran los resultados de la evaluación sensorial mediante comparación de pares de filetes de pollo frescos y deshidratados, donde se observa que 27 jueces no entrenados seleccionaron la muestra 1 (filete fresco), mientras que 23 jueces no entrenados seleccionaron la muestra 2 (filete deshidratado); no presentándose diferencias estadísticamente significativas en estos resultados, lo que indica que el proceso de deshidratación de los filetes de pollo con una solución ternaria no está afectando las características sensoriales de filetes de pollo; resultados que coinciden con los obtenidos en el parámetro de textura "DUREZA" en el cual tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Trabajo a futuro

Se sugiere trabajar la DO con otras soluciones osmoreguladoras y mezclas de ellas que incrementen el % P.P., ya que los resultados mostrados de la pérdida de peso son inferiores a los obtenidos en otros estudios de deshidratación osmótica.

 ISSN 2007-8102

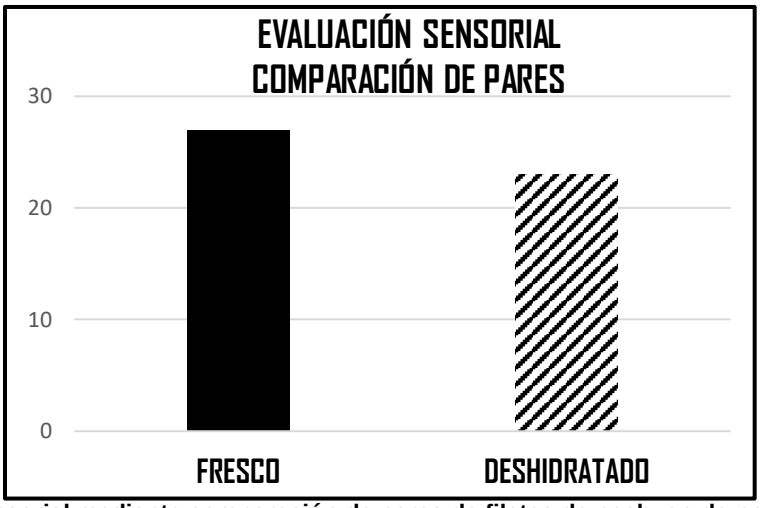


FIGURA 2. Evaluación sensorial mediante comparación de pares de filetes de pechuga de pollo frescos y deshidratados

Conclusiones

Los resultaron de análisis de textura y evaluación sensorial mostraron que no existe diferencia significativa en la dureza y en la aceptación de los filetes frescos y deshidratados; lo que indica que el proceso de deshidratación de los filetes de pollo con una solución ternaria no está afectando las características sensoriales de filetes de pollo; resultados que coinciden con los obtenidos en el parámetro de textura “DUREZA” en el cual tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Referencias

1. Abud, M., Vázquez, D., Ruiz, M., Grajales, A., Moscosa, M., Ventura, L. y Dendooven, L. (2008). Optimization of osmotic dehydration of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) using an orthogonal experimental design. Journal of Food Engineering, *84*(3), 413–419.
2. Andreou V., Tsironi T., Dermesonlouoglou E., Katsaros G., Taoukis P., 2018. Combinatory effect of osmotic and high pressure processing on shelf life extension of animal origin products – Application to chilled chicken breast fillets. Food Pack. Shelf Life, 15, 43-51.
3. Ayala, AA, Serna-Cock L. y Giraldo-Cuartas C.J. (2009), Efecto de la agitación sobre la deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus Megalanthus S.*) empleando soluciones de sacarosa. Interciencia, 34(7), 492-496.
4. Bampi M., Domschke N., Schmidt F., Laurindo J., 2016. Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. LWT- Food Sci. Technol., 74, 26-33.
5. Barat J.M., Baigts D., Aliño M., Fernández F.J., Pérez-García V.M., 2011. Kinetics studies during NaCl and KCl pork meat brining. J. Food Eng., 106, 102-110.
6. Barman, N. y Badwaik, L. (2016). Effect of ultrasound and centrifugal force on carambola (*Averrhoa carambola L*.) slices during osmotic dehydration. Ultrasonics Sonochemistry, 34, 37-44.
7. Castro-Giráldez M., Fito P.J., Fito P., 2010. Non-equilibrium thermodynamic approach to analyze the pork meat (Longissimus dorsi) salting process. J. Food Eng., 99, 24-30.
8. Delgado A. D. and D. Wen Sun. 2002.Desortion Isotherms and glass transition temperature. Journal of Food Engineering 55: 1-8
9. Deumier F., Trystram G., Collignan A., Guédider L., Bohuon P., 2003. Pulsed vacuum brining of poultry meat: interpretation of mass transfer mechanisms. J. Food Eng., 58, 85-93.

10. Dimakopoulou-Papazoglou D., Katsanidis E., 2016. Mass transfer kinetics during osmotic processing of beef meat using ternary solutions. Food and Bioprod. Process., 100, 560-569.
11. Dimakopoulou-Papazoglou D., Katsanidis E., 2017. Effect of maltodextrin, sodium chloride, and liquid smoke on the mass transfer kinetics and storage stability of osmotically dehydrated beef meat. Food Bioprocess Technol., 10, 2034-2045
12. Djelveh G., Gros J.-B., Emam-Djomeh Z., 2001. Osmotic dehydration of foods in a multicomponent solution part II. Water loss and solute uptake in agar gels and meat. LWT- Food Sci. Technol., 34, 319-323.
13. Fernandes, L., Gomes, J., Cardoso, M. L., & Barbosa, M. (2016). Osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*): Optimization for fructan retention. Food Science and Technology, vol. 71, 77-87.
14. Filipović I., Ćurčić B., Filipović V., Nićetin M., Filipović J., Knežević V. 2017. The effects of technological parameters on chicken meat osmotic dehydration process efficiency. J. Food Process. Preserv., 41, e13116.
15. Garrow, J.S., James, W.P.T., Ralph, A. (2000) Human Nutrition and Dietetics. 10th edition. Churchill Livingstone, Harcourt Publ. Ltd., London (UK).
16. Graiver N., Pinotti A., Califano A., Zaritzky N., 2006. Diffusion of sodium chloride in pork tissue. J. Food Eng., 77, 910-918.
17. Medina-Vivanco, M., Sobral, P.J.do A.; Hubinger, M.D. (2002). Osmotic dehydration of tilapia fillets in limited volume of ternary solutions. Chemical Enginering Jurnal. 86. 199-205
18. Ozuna C., Puig A., García-Pérez J.V., Mulet A., Cárcel J.A., 2013. Influence of high intensity ultrasound application on mass transport, microstructure and textural properties of pork meat (Longissimus dorsi) brined at different NaCl concentrations. J. Food Eng., 119, 84-93.
19. Raoult-Wack A.-L., 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. Trends Food Sci. Technol., 5: 255-260.
20. Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S., Niranjan K., Knorr D., 2002. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer.Trends Food Sci. Technol., 13, 48-59.
21. Santchurn S.J., Collignan A., Trystram G., 2007. Impact of solute molecular mass and molality, and solution viscosity on mass transfer during immersion of meat in a complex solution. J. Food Eng., 78, 1188-1201.
22. Schmidt F.C., Carciofi B.A.M., Laurindo J.B., 2009. Application of diffusive and empirical models to hydration, dehydration and salt gain during osmotic treatment of chicken breast cuts. J. Food Eng., 91, 553-559.
23. Telis V.R.N., Romanelli P.F., Gabas A.L., Telis-Romero J., 2003. Salting kinetics and salt diffusivities in farmed Pantanal caiman muscle. Pesquisa agropecuaria brasileira, 38: 529-535.
24. Torreggiani D., Bertolo G., 2004. Present and future in process control and optimization of osmotic dehydration: from unit operation to innovative combined process: An overview. In: Advances in Food and Nutrition Research. Taylor S.L. (ed). Academic Press, 173-238.
25. Zapata Montoya, J. E., y Montoya Rodas, A. (2012). Deshidratación osmótica de láminas de mango cv. tommy atkins aplicando metodología de superficies de respuesta. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 65(1), 6507-6518.

Análisis preliminar de la extracción de resorcinol a partir de *Pithecellobium dulce*

M. A. Pantoja Castro[1], A. R. Ramón Hernández[1], E. Del Ángel Meraz[1]*, A. E. Cruz Pérez, Ma. G. Rivera Ruedas
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, 86690, Cunduacán, Tabasco
**angelmeraz@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

.

Resumen

Las técnicas de extracción han sido los principales métodos para desarrollar una gran variedad de estudios en especies naturales. En el presente estudio se llevó a cabo el uso de la técnica de extracción convencional (maceración) para extraer los compuestos activos presentes en la corteza del *Pithecellobium dulce (Roxb.)*, se desarrolló una metodología para determinar las condiciones óptimas de extracción del 1,3-dihidroxibenceno utilizando acetona y etanol como solventes de extracción. Así como diferentes tamaños de partícula e intervalos de temperatura. Los extractos obtenidos se caracterizaron por espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y UV-Vis, los principales cromófobos identificados fueron grupos hidroxilos, alifáticos, aromáticos y carbonilos. Atreves de las técnicas espectroscópicas se determinó que el mejor solvente de extracción fue el etanol utilizando tamaños de partícula de 0.420 y 0.250 mm de diámetro respectivamente.

Palabras clave: *Pithecellobium dulce (Roxb), 1,3-dihidroxibenceno, maceración.*

Abstract

Extraction techniques have been the main methods to develop a myriad of studies on natural species. In the present study, a conventional extraction techniques (maceration) has been used to extract the active compounds present in the sweet Pithecellobium dulce (Roxb.).A methodology was develop to determine the optimal extraction conditions of the 1, 3-dihydroxybenzene using acetone and ethanol as extraction solvent. As well as different particle sizes and temperature ranges. The obtained extracts were characterized by infrared spectroscopy with Fourier transform (FTIR) and UV-Vis, the main chromophobes identified were hydroxyl, aliphatic, aromatic and carbonyl groups. At the spectroscopic techniques it was determined that the best extraction solvent was ethanol using particle sizes of (o.420 and 0.250) mm of diameter.

Key words: *Pithecellobium dulce (Roxb.), 1, 3-dihydroxybenzene, maceration.*

Introducción

Las plantas son de gran importancia en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética debido a que sintetizan compuestos biológicamente activos que son conocidos por sus múltiples beneficios y aplicaciones en la fabricación de una gran variedad de productos naturales y sintéticos. Dentro de la familia de las Mimosoideas se encuentra el Guamúchil (*Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth*) que es un árbol espinoso, perennifolio nativo de México cque es capaz de alcanzar tamaños de 20m de altura y 80cm de diámetro. Su tallo es ligeramente torcido y el color de su corteza es gris verdoso con manchas blanquecinas [Monroy y Colín, 2003].

Esta especie se distribuye en zonas de climas cálidos, en la vertiente del golfo se encuentra Michoacán, Morelos, Chiapas, Querétaro, Baja California y Sonora y puede prosperar en una amplia variedad de suelos: arcillosos, ácidos y hasta suelos con agua salobre [Monroy y Colín, 2003].

Muchos estudios informan que el Guamúchil contiene compuestos activos y de gran valor comercial que son benéficos en la salud del ser humano ya que tienen propiedades que actúan como astringente en la disentería, febrífugo, antidiabético, anticonvulsivo, antiulceroso así como efectos fungistáticos y antisépticos [Katekhaye y Kale, 2013].

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Por otra parte, en la corteza y hojas se han identificado algunos fitoquímicos tales como β-sitosterol, triterpenoides, taninos, lupeonona, lupeol, flavonoides y fenoles con altos rendimientos antioxidantes [Bautista y col., 2003].

El resorcinol (1,3- dihidroxibenceno) es un compuestos fenólico que tiene una importante aplicación en la industria farmacéutica, cosmética, tintes, y textil. Industrialmente es utilizado como intermediario para la elaboración de resinas termoestables, tintes para el cabello así como la elaboración de cremas para el acné y enfermedades de la piel [Peillard y col., 2015; Li y col., 2019].

Asimismo, se han realizado estudios que han evaluado sus efectos antioxidantes en células renales (HEK293T) y células endoteliales de vena umbilical humana (HUVEC), encontrando que el resorcinol reduce los niveles de *reactive oxygen species* (ROS), el cual es el principal causante de la inflamación vascular y enfermedades crónicas degenerativas [Basketter y col., 2007]. La principal vía de síntesis de este compuesto es la fusión alcalina del ácido *m*-bencenodisulfónico tal como se indica en la Figura 1.

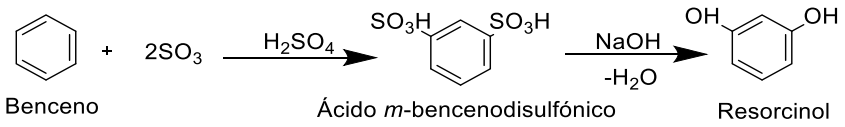


Figura 1. Sintesis alcalina del resorcinol

La principal desventaja de la síntesis alcalina es la utilización del ácido sulfúrico, largos tiempos de reacción y temperaturas elevadas lo que conlleva a la formación de sustancias toxicas y corrosivas que contaminan el medio ambiente.

Los aspectos económicos y ecológicos han sido la principal causa de experimentar nuevos mecanismos de obtención del resorcinol por lo que en el presente estudio se propone un mecanismo de extracción convencional para extraer esta sustancia contenida en la corteza del Guamúchil, utilizando como solvente de extracción etanol y acetona a diferentes intervalos de temperatura. El objetivo de este trabajo es encontrar las condiciones óptimas de extracción del resorcinol y analizar los extractos obtenidos por espectroscopía FTIR y UV-Vis.

Metodología

Materiales

La corteza de Guamúchil utilizada en este estudio se recolectó en el estado de Michoacán los solventes utilizados fueron acetona y etanol (99.5 % de pureza) grado reactivo analítico marca Signa Aldrich.

Preparación de la muestra

La corteza del *Pithecellobium dulce* fue lavada a con agua de llave para eliminar las impurezas presentes en la corteza, después fue secada bajo luz solar durante 6 horas, posteriormente se sometió a una estufa modelo H-41 Riossa a 60°C por 4 horas. Finalmente se trituró en un molino eléctrico y se tamizó en un set de tamices de la serie ASTM hasta obtener partículas de 2, 0.420 y 0.250 mm de diámetro respectivamente. Los polvos se mantuvieron en frascos herméticos para su posterior análisis.

Extracción del resorcinol

Se prepararon varias muestras usando como solvente de extracción etanol y acetona, para cada una de ellas se utilizó una relación másica de 1:10 corteza:solvente usando un vaso de precipitado tapado para realizar la maceración y evitar la evaporación del solvente.

Después fueron colocados dentro de un cristalizador con aceite para mantener una temperatura constante de 50°C. Los vasos de precipitados con las muestras se agitaron a una velocidad de 20rpm por 3 días.

Para las muestras de acetona se utilizó la misma relación másica usada anteriormente con el etanol empleando un intervalo de temperatura de 30-45 °C para cada una de las extracciones. El tipo solvente, tamaño de partícula y condiciones de operación varió para cada uno de los experimentos dando lugar a las muestras identificadas como ET1AY, ET1BY, ET1CY, AT1AY, AT1BY y AT1CY, en donde las dos primeras letras E y A están asociadas al etanol y acetona, seguidas por la temperatura (T) y después la identificación de AY a CY correspondiente a los tres tamaños de partícula empleados.

Análisis de espectroscopía FTIR

Las muestras de *Pithecellobium dulce* se caracterizaron mediante espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR). Se impregnaron 10µL de muestra en una pastilla de bromuro de potasio (KBr) (Sigma Aldrich grado FTIR). Posteriormente se analizaron en un espectrómetro FT-IR Shimadzu Mod. IRAffinity-1 en el rango de 500-4000 cm^{-1}.

Análisis de espectroscopía UV-Vis

Las extractos se caracterizaron en un espectrofotómetro UV-Vis Agilent 8453 (G1103A) en una región de 250-1100nm, a una resolución de 1.6nm. Para ello se utilizaron cubetas rectangulares de cuarzo de 10nm.

Resultados y discusión

A partir de las caracterización realizadas por FTIR se encontraron los principales grupos funcionales identificados en los espectros de la corteza del *Pithecellobium dulce* (Tabla 1).

Tabla 1. Señales identificadas en los espectros FTIR de la corteza del *Pithecellobium dulce*

Grupos funcionales	Señales observadas (cm^{-1})	
	Etanol	Acetona
Tensión OH	3376	3394-3405
Estiramiento simétrico *C-H*	2957-2870	2926-2936
Estiramiento Ar-C=C	1929	-
Tensión C=O	1600-1620	1611
Estiramiento C=C	-	1466
Flexión OH	1377-1399	1362
Flexión C-OH	1289	1296
Flexión Ar-C-H	-	1290
Estiramiento C-O	1091	-1129
Estiramiento *C-H*	891	-

Por otra parte, en las Figura 2 a 4 se muestran los espectros de FTIR de la corteza de *Pithecellobium dulce* analizadas en un rango de 4000-500 cm^{-1}, las bandas que aparecen en la región de 3376 cm^{-1} se atribuyen al enlace O-H mientras que las bandas comprendidas en la región 2975-2901 cm^{-1} pertenecen a las vibraciones asimétricas y simétricas de los enlaces CH_2 y $C\text{-}H_3$ que indican la presencia de hidrocarburos alifáticos. Para dos muestras en etanol empleando 0.420 y 0.250 mm respectivamente de diámetro de partícula de corteza, se encontraron en ambas muestras una adsorción más ancha e intensa en la región de 3376 cm^{-1} lo cual indica la presencia del resorcinol, al igual que las bandas correspondientes a los enlaces CH_2 y $C\text{-}H_3$ indicaron una mayor intensidad en cada uno de los picos los cuales indican que la molécula de resorcinol posiblemente esté ligada a grupos alifáticos.
Los extractos de etanol indicaron bandas de adsorción en la región de 1929 cm^{-1} que corresponden a los enlaces C=C de los grupos aromáticos y en la región de 1377 cm^{-1} se presentaron adsorciones específicas de los compuestos fenólicos tal como se aprecia en la Figura 2 [Hiasa y col., 2013].

 ISSN 2007-8102

Por otra parte, a partir de estos análisis, se pudo apreciar que las muestras de acetona, indicaron señales de grupos hidroxilos y aromáticos menos intensas que los extractos de etanol sin la presencia de grupos alifáticos, lo que demuestra que este solvente de extracción no es adecuado para extraer la molécula de resorcinol. Así mismo, contrastando los espectros de las Figuras 3 y 4, se logra observar que la temperatura de extracción degrada la molécula de resorcinol obteniéndose señales menos fuertes comparadas con el resto de las muestras.

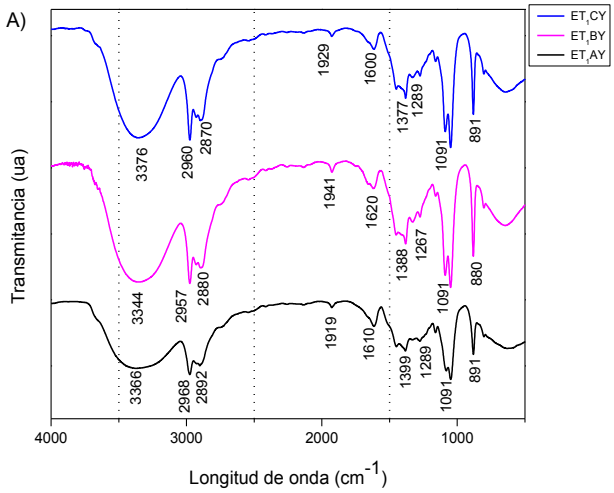


Figura 2. Espectros FTIR de los extractos de etanol a 50°C

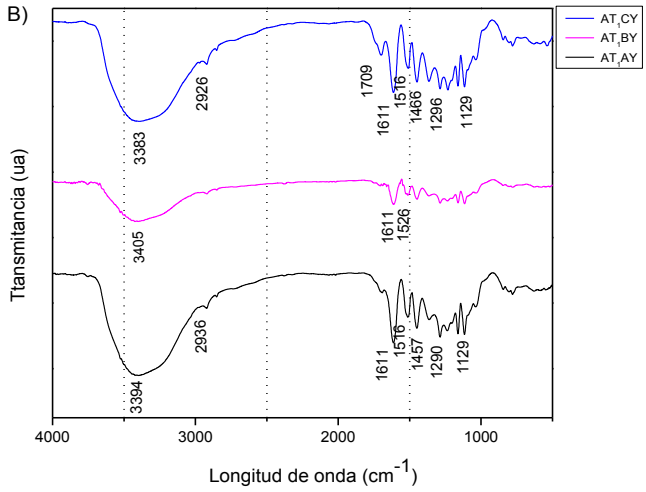


Figura 3. Espectros FTIR de los extractos de acetona a 30°C

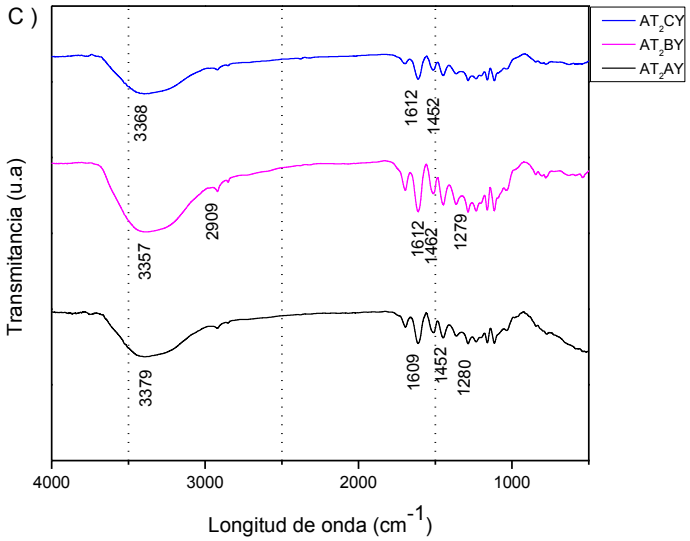


Figura 4. Espectros FTIR de los extractos de acetona a 45°C

 ISSN 2007-8102

Análisis de espectrometría UV-Vis

Los análisis de espectrometría UV-Vis de las Figuras 5, 6 y 7 mostraron absorciones de 350 y 600 nm en los estractos de etanol y acetona. Estos resultados se deben a la presencia del alto grado de pigmentos (ácido carminico) contenido en la corteza del guamúchil [Hiasa y col., 2013].

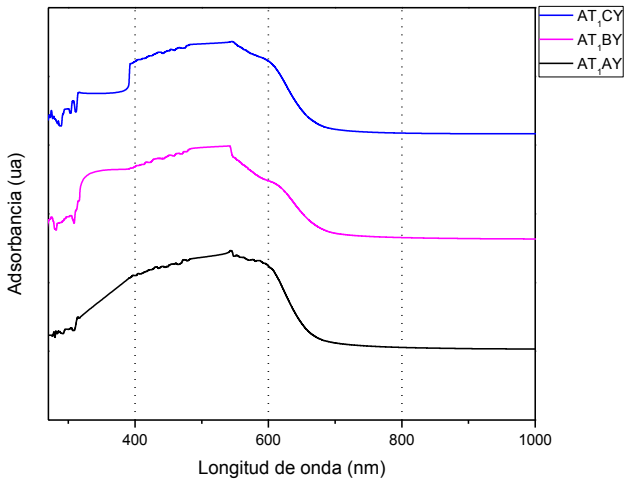


Figura 5. Espectros UV de los extractos de acetona a 30° C

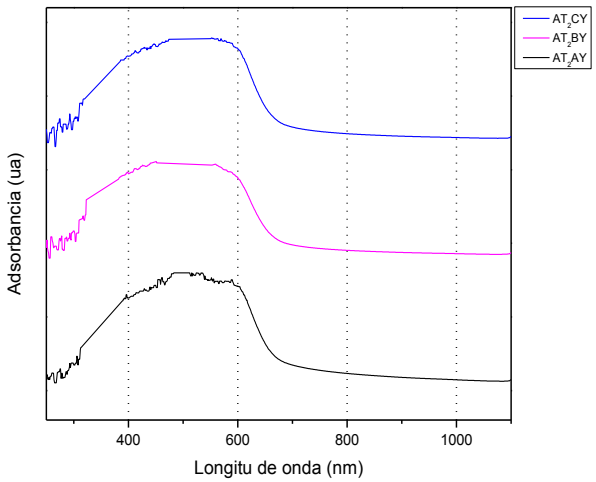


Figura 6. Espectros UV de los extractos de acetona a 45° C

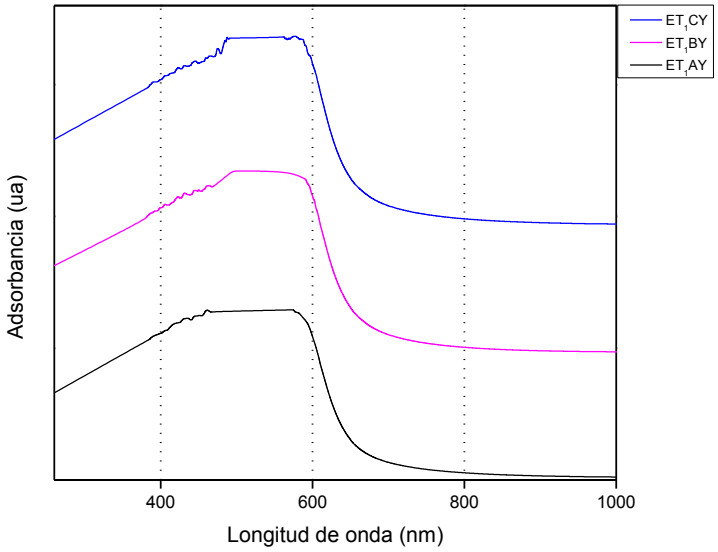


Figura 7. Espectros UV de los extractos de etanol a 50° C

Trabajo a futuro

Para completar el trabajo y confirmar la presencia del resorcinol, los extractos se caracterizaran por cromatografía de gases.

Conclusiones

Los resultados experimentales de este estudio determinaron que las mejores condiciones de extracción del resorcinol fueron a 50°C empleando como solvente de extracción etanol y partículas con diámetros inferiores a 0.5 mm de diámetro de la corteza de *Pithecellobium dulce*.
Los análisis de FTIR indicaron una ligera variación de acuerdo a las adsorciones características del resorcinol puro debido a presencia de otros compuestos sin mostrar evidencias de contaminantes o compuestos indeseados.

Referencias

1. Monroy, R. and Colin, H. (2003). El guamúchil Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth, un ejemplo de uso múltiple. *Madera y Bosques*, **10(1)** 35–53.
2. Katekhaye, S. D. and Kale, M. S. (2013). Antioxidant and free radical scavenging activity of Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth wood bark and leaves. *Free Radicals and Antioxidants*, **2(3)** 47–57.
3. Bautista-Baños, S., García-Domínguez, E., Barrera-Necha, L. L., Reyes-Chilpa, R. and Wilson, C. L. (2003). Seasonal evaluation of the postharvest fungicidal activity of powders and extracts of huamuchil (Pithecellobium dulce): Action against Botrytris cinerea, Penicillium digitatum and Rhizopus stolonifer of strawberry fruit. *Postharvest Biol. Tech*., **29(1)** 81–92.
4. Peillard R.; Chottier, C.; Coulomb, B. and Boudenne, J. (2015). Simple and ultrasensitive microplate method for spectro fl uorimetric determination of trace resorcinol. Microchemical Journal, **122**, 5–9.
5. Li, P.; Wu, Y., Zhou, Y. and Zuo, Y. (2019). Preparation and characterization of resorcinol-dialdehyde starch-formaldehyde copolycondensation resin adhesive. *Int. J. Biol. Macromol.*, **127**, 12–17.
6. Basketter, D. A.; Sanders, D. and Jowsey, I. R. (2007). The skin sensitization potential of resorcinol: Experience with the local lymph node assay. *Contact Dermatitis*, **56(4)** 196–200.
7. Hiasa, M., Kurokawa, M., Ohta, K., Esumi, T., Akita, H., Niki, K. and Kuzuhara, T. (2013). Identification and purification of resorcinol, an antioxidant specific to Awa-ban (pickled and anaerobically fermented) tea. *Food Res. Int*., **54(1)** 72–80.

Sacarificación enzimática de biomasa residual de amaranto para la obtención de bioetanol

B. O. Lecona Zarate[1], A. Mora Ortega[1], J. De la Cruz Alejo[1], A. E. Márquez Ortega[2], M. B. Arce Vazquez[1]*
[1]División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, Ecatepec de Morelos, C.P. 55210, Estado de. México, México
[2]División de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, 56330, Chimalhuacán, México.
**mariaarce@tese.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Actualmente en México, se obtiene aproximadamente 550,000 ton/año de biomasa residual de amaranto (BRA). El uso que se le da a la BRA es limitado, ya que la mayoría se quema generando un problema ambiental. Se tiene por objeto estudiar la sacarificación de BRA utilizando enzimas lacasas provenientes de *Trametes*. La BRA esta compuesta por celulosa(48.7g/100g), holocelulosas(77.3$\pm$0.8g/100g) y lignina(16.9$\pm$0.25g/100g), de acuerdo a los métodos TAPPI, las cuales pueden ser separadas por hidrolisis enzimática. Al recolectar y aislar *Trametes* silvestre, se obtienen los parámetros cinéticos de la cepa (μ=0.487 días^{-1}, Y_{XS}=0.17g/g, Y_{ES}=0.36g/g), así como la actividad específica de las enzimas de 0.352μmol/min. Al realizar la hidrólisis enzimática de la BRA, utilizando el extracto crudo de enzima obtenida previamente, se presenta un contenido de azucares liberados de 480.3mgG/mL, los cuales se cuantifican por el método de DNS. Los azúcares pueden ser utilizados como sustrato en una fermentación para la obtención de bioetanol.

***Palabras clave**: Amaranto, Trametes silvestre, sacarificación.*

Abstract

Currently in Mexico, approximately 550,000 tons / year of amaranth residual biomass (BRA) is obtained. The use that is given to the BRA is limited, since most are burned generating an environmental problem. The objective is to study the saccharification of BRA using laccase enzymes from Trametes. The BRA is composed of cellulose (48.7g /100g), holocelluloses (77.3±0.8g /100g) and lignin (16.9±0.25g /100g), according to the TAPPI methods, which can be separated by enzymatic hydrolysis. When collecting and isolating wild trametes, the kinetic parameters of the strain are obtained (μ=0.487 days-1, YXS=0.17g/g, YES=0.36g/g), as well as the specific activity of the enzymes of 0.352 μ mol/min When carrying out the enzymatic hydrolysis of the BRA, using the previously obtained crude enzyme extract, a content of released sugars of 480.3mgG/mL is presented, which are quantified by the DNS method. Sugars can be used as a substrate in a fermentation to obtain bioethanol.

***Key words**: Amaranth, Trametes silvestre, saccharification.*

Introducción

Los combustibles fosiles representan la mayoría de la materia prima aprovechable en el sector energético, los cuales representan el 80% de la producción a nivel mundial, por tal motivo, son responsables de la contaminación ambiental derivado del uso de ellos, además de ser un recurso no renovable, por lo tanto hoy en día es una necesidad la búsqueda de nuevas alternativas de combustibles derivados de fuentes renovables y limpias.

Conforme a la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, los biocombustibles se definen como los combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, algacultura, residuos de la pesca, domesticas, comerciales, industriales, de microorganismos y de enzimas, así como sus derivados producidos por procesos tecnológicos sustentables [DOF,

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

2018]. La SAGARPA, [2018] menciona que los biocombustibles se pueden clasificar en tres grupos: biogás, biodiesel y bioetanol. Dentro de los biocombustibles, la producción de bioetanol ha aumentado notablemente en los últimos años. El bioetanol se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible, además de que producirlo es técnicamente viable. El bioetanol puede ser obtenido de diversas fuentes: melazas, ingenios azucareros, azúcares del agave, granos y de biomasa lignocelulósica (BL), entre otras. La BL, tiene la ventaja de ser biodegradable y renovable, siendo el resultado del proceso de fotosíntesis de los vegetales mediante la energía solar. Bajo este enfoque, su empleo como fuente alternativa de energía representa una forma sostenible y amigable con el medio ambiente de aprovechamiento de la energía solar. Por tanto, diversas investigaciones buscan el aprovechamiento de diversas fuentes de material lignocelulósico (ML) para la producción de bioetanol.

Los ML presentan en su estructura celulosa (40-50%), hemicelulosa (20-35%) y lignina (10-15%), estructuras altamente estables por sus enlaces covalentes que presentan entre ellas. Se proponen diversos métodos para poder separar dichos componentes, dentro de los que se destaca tratamientos físicos, químicos (con alcalino o con ácido), enzimáticos, siendo los tratamientos químicos los menos deseados por los subproductos que se pueden generar cuando no se controla las condiciones de hidrólisis, tal como el furfural, que es un compuesto inhibidor para las levaduras en el proceso de fermentación. Por otro lado, los tratamientos enzimáticos son altamente específicos y eficientes.

Existen estudios enfocados al desarrollo del proceso de obtención de azucares fermentables (sacarificación) por medio de hidrólisis enzimática de microorganismos degradadores de ML. Dewanti, [2016] estudió a la caña de azúcar, ya que se generan aproximadamente 270-280 kg de residuo por tonelada de este material obteniendo bioetanol de excelente calidad, por otro lado, Golecha, [2016] estudió el residuo de maíz, con el cual ha logrado cubrir gran parte de la demanda mundial de biocombustibles. Otros trabajos emplean BL proveniente de la jaca, la cual se cultiva en Tailandia, Indonesia, Myanmar, India, Filipinas y Malasia [Bhatnagar, 2015]. Chavez, [2017] realizó un estudio observando la degradación enzimática por un extracto crudo de *Pleurotus ostreatus* sobre una hoja de maíz, obteniendo la liberación de azucares con rendimientos de hasta el 15%.

Recientemente se han realizado investigaciones de los avances de la producción de bioetanol de segunda generación, dando una idea de los procesos de su respectivo pretratamiento, sacararificación y fermentación, utilizando bacterias / levadura y hongo de pudrición blanca, que excreta enzimas lignocelulolíticas como las lacasas, en presencia de xilosa, arabinosa y glucosa esta enzima requiere cobre y oxígeno para oxidar fenoles, poli fenoles, aminas aromáticas, y diferentes sustratos no fenólicos, lo que permite degradar grandes polímeros como la lignina. [Rastogi y col.2017, Solcany y col. 2016].

Por otro lado, la biomasa residual de amaranto (BRA) es un ML que puede utilizarse en la producción, ya que se conoce que el amaranto es un cultivo que esta presente hasta 3 veces al año y que genera aproximadamente 550,000 ton/año de BRA, la cuál se destina en un 10% como alimento para ganado y abono para cultivos, y el resto es quemado a cielo abierto provocando un severo daño al medio ambiente [Arce, 2016].

En el presente trabajo se propone una alternativa para el proceso de hidrolisis acido-base en el proceso de obtención de bioetanol, para sacarificar la BRA mediante una hidrólisis enzimática con un extracto crudo de *Trametes silvestre*.

Metodología

Acondicionamiento

La biomasa residual de amaranto (BRA) fue donada por la empresa productora y procesadora de amaranto “La Loma”, ubicada en la zona de Tulyehualco. Se realizó un proceso de molienda de la BRA en un molino Braun KSM2, seguido de un tamizado con un tamiz MONTINOX 0165 con una abertura de malla de 420 micrones (malla N0. 40). Las muestras se almacenaron en bolsas de plástico herméticamente.

Caracterización química

Se determinó el contenido de humedad por el método No. 14004 y el contenido de cenizas por el método. 14006 de acuerdo, a lo establecido por la A.O.A.C. [Official Methods of Analysis, 2018], utilizando una mufla de 600°C. Se realizó la preparación de las muestras con la metodología de extraíbles con solventes orgánicos y agua de la metodología oficial TAPPI, mediante el uso de dos equipos Soxhlet de capacidad de 250 mL. Posteriormente se determinó el contenido proteína cruda por Kjeldahl, método No. 2.049 por la A.O.A.C., mediante el uso de un digestor LABCONCO y un microdestilador DMK-650. Se determinó el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina Klason utilizando las metodologías oficiales TAPPI.

Aislamiento y caracterización de *Trametes silvestre*

Se realizó una recolección del hongo *Trametes silvestre* (hongo de pudrición blanca) en la marquesa, provenientes de la madera de 5 árboles infectados. Posteriormente, se sembraron en agar de malta durante 12h a 37ºC. Se seleccionó las cepas características y se descartaron las contaminadas, las cuales se sembraron en placas con agar de malta bajo las mismas condiciones de incubación. Los micelios de las cepas que fueron seleccionados son extraídos y almacenados a 4ºC. Se realizó una confirmación de las cepas aisladas, mediante observación microscópica con un microscopio binocular básico VE-B2.

Para la caracterización de la cepa *Trametes silvestre*, se inocula un cubo de agar con micelio de 0.5cm^3, en 250 mL de caldo de malta y $CuSO_4$ descrito Solcany y col. [2016], a 28ºC, durante 42 días, en agitación constante, tomando muestreo cada 7 días. Se cuantifico la biomasa por espectrofotometría a 600nm, la proteína por el método de Bradford y la actividad enzimática por el método de ABTS•. Los experimentos se realizaron por triplicado y se analizó utilizando el modelo de Monod en el Software de Solver de Excel.

Tratamiento enzimático

Se pesó 25 g de BRA y se adiciono a 100 mL de buffer de fosfato de sodio a 0.1M, se llevó a 37ºC y se adiciono 10% de extracto crudo enzimático de *Trametes* silvestre manteniéndolo a un pH=5, con una agitación suave. Se tomó muestra cada 24 horas durante 7 días. El contenido de azucares reductores, se determinó por el método del DNS según Miller ,[1959], con algunas modificaciones. El compuesto DNS (color amarillo) se reduce en presencia de azúcares con un extremo reductor al ácido 3-amino-5-nitrosalicílico (color rojo ladrillo) cuya presencia puede detectarse en una zona de absorbencia de 540-570 nm. Para el reactivo DNS, se mezcló 0.5 mL del reactivo del DNS con 0.5 mL de la muestra, se agito en vortex Genie 2, se llevó a ebullición durante 5 minutos en baño maría, se enfrió a temperatura ambiente, se adiciono 5 mL de agua destilada y se agito, se dejó reposar durante 15 min y se midió la absorbencia a 540 nm en un espectrofotómetro de UV-Vis.

Resultados y discusión

Caracterización química de la BRA

En la Tabla 1, se muestran los análisis químicos que se determinaron en el Departamento de Celulosa y Papel, “Ing. Karl Augustín Grellmann”, de la División de Ingenierías del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), en la Universidad de Guadalajara. El análisis se expresa en base seca. La α-celulosa se determino a partir de holocelulosa. Al hacer una comparación con la composición del olote de maíz (OM) reportado por Villanueva y col. [2016], se observa que el contenido de extraíbles es superior en la biomasa residual de amaranto (BRA) que en el OM. El contenido de celulosa resultó de la separación con las hemicelulosas ya que se sometió a un tratamiento muy severo el cual permitió su fraccionamiento dejando la celulosa libre que fuera cuantificada por un método gravimétrico. El contenido de celulosa presente en la BRA es semejante al contenido presente en OM, El contenido de cenizas esta dentro de lo reportado por Villanueva.

 ISSN 2007-8102

El método de determinación para lignina fue el de lignina klasón, que es aquella estructura insoluble en ácido sulfúrico al 72%, lo cual es un tratamiento que descompone en su mayoría a la celulosa y hemicelulosas presentes. Se observó que el contenido elevado de lignina de la BRA, rangos en los que se encuentra la OM reportado por Villanueva.

Tabla 1. Caracterización química de la borra residual de amaranto.

Análisis		**BRA g/100g**	**OM* g/100g**
Cenizas		10.0±0.2	5.426
Extraíbles	Etanol-benceno	13.5±0.4	ND
	Etanol	9.8±0.45	2
	Agua	21.7±0.8	2.6
	Lignina	16.9±0.25	7.01
	Holocelulosas	77.3±0.8	29.55
	α-celulosa**	48.7	37.85
	Pentosanos	18.2±0.3	ND

**Villanueva y col. 2016*
OM Olote de maíz
ND no detectado

Estos resultados comprueban que la BRA, es un ML rico en azúcares, los cuales son comparables con otras fuentes usadas en la producción de biocombustibles como el OM.

Caracterización de *Trametes silvestre*

El crecimiento micelar de *Trametes silvestre*, se muestra en la Figura 1a. Donde se observa que tiene una fase de adaptación de aproximadamente 5 días y que a partir del día 6 se observa la fase exponencial concluyendo hasta el día 20, donde se mantiene la fase de latencia hasta el final del estudio.

A B

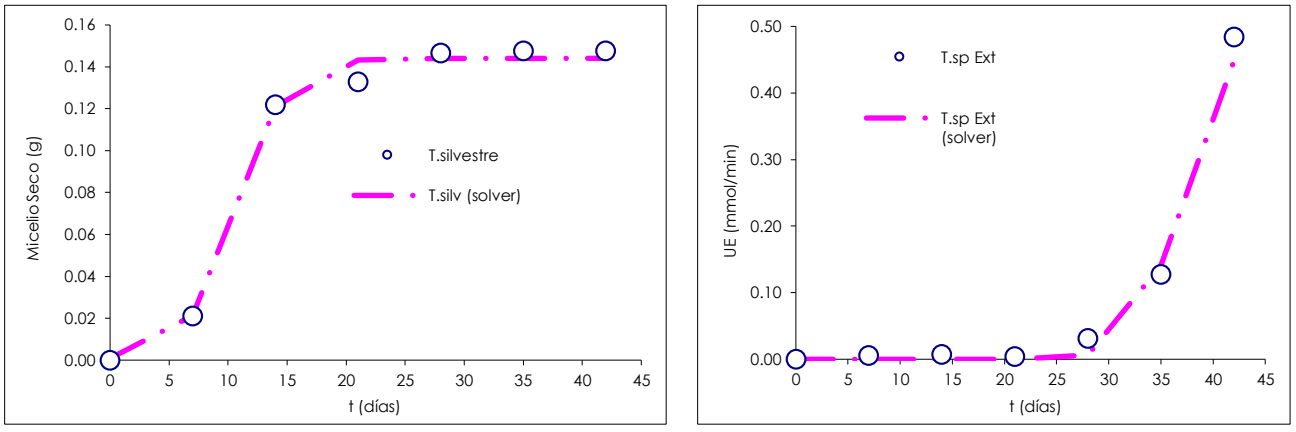
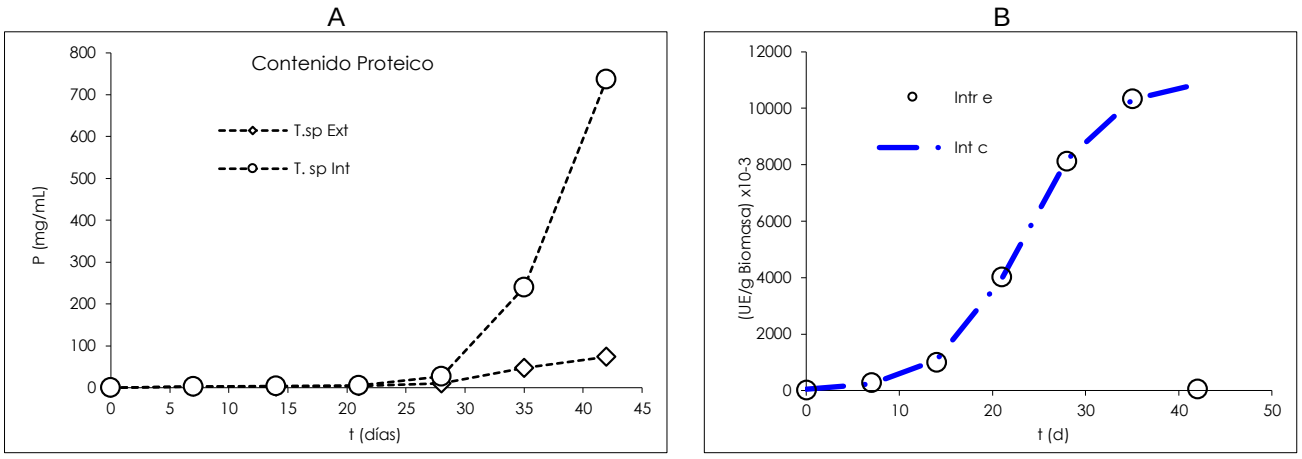


Figura 1. Caracterización de *Trametes silvestre. A) Crecimiento miceliar. B) Actividad enzimática de extracto*

Al realizar el modelo de estimación utilizando el modelo de estimación T silv. c=K /(1+ (K-Xo)/Xo exp (-μt)), con una K=0.1 y X_0=0.0008, se obtuvo una μ=0.487días^{-1}.

 ISSN 2007-8102

La proteína (enzima) que se produce de *Trametes silvestre*, se observa en la Figura 2A, la cual produce enzimas degradadoras intracelulares y extracelulares. Se observo, que mantienen su inactividad durante los primeros 22 días, posteriormente se metabolizan de manera exponencial llegando a tener lacasas hasta de 722 mg/mL. Estas enzimas, presentan una actividad enzimática de 0.352 µ mol/min (Figura 1B). Mientras que la actividad específica se muestra en la Figura 2B, la cuál llega a 10327.1x10^3 UE/g Biomasa a los 38 días. Los resultados se mantienen en los parámetros establecidos por enzimas lacasas.



Int=intracelular, Ext=extracelular

Figura 2. Caracterización del extracto crudo de *Trametes silvestre*. A) Contenido proteico. B) Actividad específica del extracto.

Hidrólisis enzimática de BRA

La cuantificación de azucares liberados por la BRA se muestra en la Figura 3, donde se observa que durante los 7 días de monitoreo, se observo la sacarificación con extracto crudo ya que existe la interacción de la biomasa/enzima teniendo como producto la liberación hasta 480.3 mgG/mL a partir de la BRA.

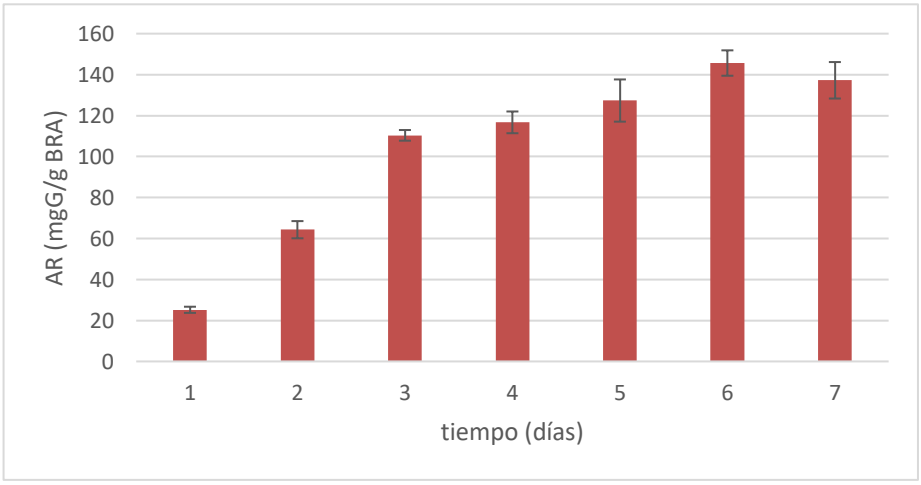


Figura 3. Hidrólisis enzimática de BRA.

Por lo anterior, se puede resaltar que la interacción del extracto crudo con la biomasa residual de amaranto es eficiente para llevar acabo el rompimiento de los enlaces glucosídicos.

Trabajo a futuro

En futuros trabajos, se propone realizar una purificación parcial de las lacasas de *Trametes silvestre* y posteriormente realizar una inmovilización de ellas, para poder realizar una recuperación de enzimas. También, se propone realizar una fermentación con los azucares fermentables de BRA como sustrato, para la obtención de bioetanol.

Conclusiones

La biomasa residual de amaranto es una materia prima potencial para la obtención de azúcares fermentables por su alto contenido de hemicelulosa y celulosa. Mediante una hidrolisis enzimática con extracto crudo de *Trametes silvestre* se puede liberar los azucares para que posteriormente sean utilizados en la producción de bioetanol.

Referencias

1. Anwar, Z., Gulfraz, M. y Irshad, M., (2014). Agro-industrial lignocellulosic biomass a key to unlock the future bio-energy: A brief review. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, **7(2).**
2. A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist. (2018). Official methods of analysis. Editorial Gaithersburg. Cap. 2-13-14, Cap.4-13, Cap. 25-28, Cap. 32-1,2.
3. Bhatnagar, A., Sillanpää, M. y Witek-Krowiak, A., (2015). Agricultural waste peels as versatile biomass for water purification - A review. Chemical Engineering Journal,Issue, **(8),** 244-271.
4. Dewanti, P., Widuri, L. I., Alfian, F. N., Addy, H. S., Okviandari, P. y Sugiharto, B., (2016). Rapid Propagation of Virus-free Sugarcane (Saccharum officinarum) by Somatic Embryogenesis. Agriculture and Agricultural Science Procedia, **(9),** 456-461.
5. DOF. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Ciudad de México, (2018).
6. Chavez Véliz, J. D. (2017). Obtención y evaluación de extractos enzimáticos con actividad celulítica y lignolítica a partir del hongo Pleurotus ostreatus cultivados en tuza de maíz (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).(1). 68
7. Golecha, R. y Gan, J., (2016). Cellulosic biorefinery portfolio and diversification: Strategiesto mitigate cellulosic biorefinery risks in US Corn Belt. Energy Strategy Reviews,**13(14)**, 147-153.
8. Jain, A., Wei, Y. y Tietje, A., (2016). Biochemical conversion of sugarcane bagasse into bioproducts. Biomass and Bioenergy, **(93),** 227-242.
9. Matías, G., Hernández, B., Peña, V., Torres, N., Espinoza, V., Ramirez, L. (2018). Uso actuals y pntenciales del Amaranto (Amaranthus spp.). JONNPR, **3(6),** pp. 423-436.
10. Miller, G.L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Analytical Chemistry. **(31).** 426-428.
11. Tüzen, M., Özdemir, M., & Demirbaş, A. (1998). Study of heavy metals in some cultivated and uncultivated mushrooms of Turkish origin. Food Chemistry, **63(2),** 247-251.
12. SAGARPA. Los Bioenergéticos en México. Programa de Producción Sustentable de Insumes para Bioenergéticos y de Desarrollo científico y Tecnológico. (2018), reporte 1.
13. Rastogi, M., & Shrivastava, S. (2017). Recent advances in second generation bioethanol production: An insight to pretreatment, saccharification and fermentation processes. Renewable and Sustainable Energy Reviews, **(80),** 330-340.
14. Technical Association of the Pulp and Paper Industry, (2015).
15. Vallejos, M., Chade, M., Mereles, E. B., Bengoechea, D. I., Brizuela, J. G. Felissia, F. E. y Area, M. C., (2016) Strategies of detoxification and fermentation for biotechnological production of xylitol from sugarcane bagasse. Industrial crops and produtcs, **(91)**, 161-169.
16. Zhou, L., Shi, M., Cai, Q., Wua, L., Hua, X., Yang, X. y Chen, C., (2013). Hydrolysis of hemicellulose catalyzed by hierarchical H-USY zeolites – The role of acidity and pore structure. Microporous and Mesoporous Materials, **(169)**, 54-59
17. Villanueva, P. G., & García, Y. G. (2016). Sacarificación y fermentación simultánea de olote pretratado/Simultaneous Saccharification and Fermentation process of pre-treated corn cob. CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, **5(9),** 53-67.

18. Solcany,V. Vrsanska M., and A. Voberkova.(2016) "Optimization of the procedure for a ligninolytic enzymes isolation from the white rot fungi." Proceedings of the International phD Students Conference the Mendelnet 2016. **(23),** 1011-1015

Estudio de una ruta de extracción para obtener compuestos polifenólicos

M. A. Pantoja Castro[1], A. Hernández Ochoa, M. G. Bravo Sánchez[2], E. Del Ángel Meraz[1], F. López Villarreal[3*]
[1]*División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, 86690, Cunduacán, Tabasco*
[2]*Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya,* Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010 Celaya, Guanajuato
[3]*Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Ambiental, Instituto Tecnológico de Villahermosa,* Km. 3.5 Carretera, Villahermosa - Frontera, Cd Industrial, 86010 Villahermosa, Tabasco
**iq.pacolopez@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se desarrolló una metodología que permita la extracción de compuestos polifenólicos, tales como los taninos, de las vainas del árbol de Caesalpinia coriaria (Cascalote) originario del estado de Michoacán, mediante la maceración tradicional, empleando como solventes etanol y acetona, bajo las mismas condiciones pero a diferentes temperaturas, según el punto de ebullición que presentan estas sustancias. Para la extracción en etanol, se prepararon tres muestras con diferente tamaño de partícula cada una, en acetona solo se empleó el tamaño grueso. Las muestras obtenidas se analizaron empleando la técnica de espectroscopia infrarroja y uv-visible y se llevó a cabo una comparación de resultados para determinar bajo qué condiciones se extraen mejor los compuestos polifenólicos.

***Palabras clave**: Polifenoles, Caesalpinia coriaria, Maceración.*

Abstract

A methodology was developed that allows the extraction of polyphenolic compounds, such as tannins, from pods of the cascalote tree (Caesalpinia coriaria), of the Michoacán state, through traditional maceration, using ethanol and acetone as solvents, under the same conditions but at different temperatures, according to the boiling point of these substances. For the extraction in ethanol, three samples with different particle size were prepared, in acetone only the coarse size was used. The samples obtained were analyzed using the infrared and uv-visible spectroscopy technique and a comparison of results was carried out to determine under which conditions the polyphenolic compounds are extracted best.

***Key words**: Polyphenolic, Caesalpinia coriaria, Traditional maceration.*

Introducción

Caesalpinia coriaria, también conocido como cascalote, dividivi o ababán, es un árbol perennifolio de la familia leguminosae, localizado en el sur de México (Michoacán), Colombia, Venezuela y las Antillas, perteneciente a zonas cálidas, márgenes de los ríos y manglares.

El árbol de *C. coriaria* alcanza una altura promedio de entre 5-7 m, su tronco es de madera firme, difícil de cortar, sin embargo se emplea en la elaboración de carbón o como leña; las vainas tienen una longitud de entre 3 a 6 cm, color verde cuando no se encuentran maduras, y marrón cuando lo están, su cosecha se lleva a cabo en febrero-abril, las vainas contienen semillas rodeadas de un polvo amarillo compuesto por 50% de tanino.

Diversas partes que conforman el árbol de *C. coriaria* han sido empleadas en el tratamiento de diversos padecimientos, debido a que presenta propiedades antisépticas, antiinflamatorias y antioxidantes. En países como Nicaragua, las infusiones del fruto se toman para el tratamiento de la diarrea, la de semillas secas molidas para reducir la fiebre y la cocción de las hojas mitiga el dolor de estómago, para el tratamiento de enfermedades

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

de la piel o heridas, la zona dañada se lava con una cocción de corteza, tallos verdes y hoja. En el Salvador utilizan las flores para las cardialgias y dispepsias; las raíces se usan como desinfectante contra la gangrena [García-Hernández y col., 2019].

El efecto curativo de la *C. coriaria* está asociado a la presencia de altos contenidos de *polifenoles*, los cuales han sido estudiados anteriormente debido a su capacidad antioxidante, que provee numerosos beneficios a la salud ante enfermedades generadas por el estrés oxidativo de nuestro organismo, la diabetes, cataratas, muerte celular, cáncer y problemas cardiovasculares son algunas de estas. Los antioxidantes actúan neutralizando radicales libres, cediendo un electrón, oxidándose a su vez y transformándose en un radical libre débil no tóxico [Villanueva-Tiburcio y col., 2010].

Además los compuestos polifenólicos presentan efectos vasodilatadores, antiinflamatorios, son capaces de modular los procesos de apoptosis en el endotelio vascular, mejorar el perfil lipídico y atenúan la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad [Quiñones y col., 2012].

Los compuestos polifenólicos están constituidos químicamente por al menos un anillo aromático en su estructura unido a grupos hidroxilos, conforme aumenta el número de sustituyentes, aumenta la complejidad de la molécula. Se han identificado alrededor de 8,000 compuestos polifenólicos, clasificándose en 3 grupos: ácidos fenólicos, flavonoides y taninos [Mercado y col., 2013].

Los flavonoides contienen en su estructura dos anillos aromáticos unidos a una cadena de tres carbonos ($C_6C_3C_6$), por otra parte los taninos son moléculas poliméricas más complejas, presentan pesos moleculares de entre 500 a 5000 Da, están divididas en dos grupos, los taninos condensables y los taninos hidrolizables [Isaza y Hipólito, 2007].

Los taninos condensables son aquellos producidos mediante la polimerización de flavan-3-ol como la catequina (Figura 1a), los cuales están unidos por enlaces C-C y no poseen núcleo glucídico. Presentan propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, quimioterapéuticas y antioxidantes, sin embargo al no ser hidrolizables, se le asocia con actividad anti nutricional para el organismo. Por otro lado, los taninos hidrolizables, están formados por esteres de ácido gálico (Figura 1b) o ácido elágico (Figura 1c), presentan un núcleo glucídico que les permite hidrolizarse en condiciones fisiológicas. Entre los beneficios para la salud se encuentra su capacidad antitumoral, antibiótica y antimutagenica [Sebasti y col., 2015].

Debido a su composición estructural, los taninos los taninos pueden ser extraídos empleando como solventes agua, etanol y acetona o en mezclas etanol-agua.

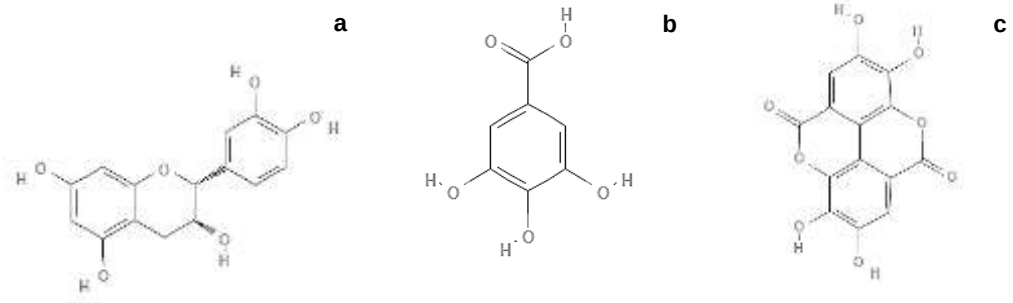


Figura 1. a) Catequina; b) Ácido gálico; c) Ácido elágico.

Metodología

Materiales

Dentro del desarrollo experimental se emplearon dos tipos de solventes: alcohol etílico absoluto A.C.S marca MEYER® con una pureza del 99.5%; acetona A.C.S marca MEYER® con una pureza del 99.5%; la materia prima empleada fueron las vainas secas de *C. coriaria,* recolectadas en el estado de Michoacán.

 ISSN 2007-8102

Acondicionamiento de la materia prima

Las vainas secas enteras de *C. coriaria,* fueron lavadas con agua potable, se dejaron secar por 2 horas mediante luz solar y posteriormente en la estufa marca Riossa a temperatura constante de 60 °C por 2 horas más para eliminar la humedad.

Se procedió a la molienda de las vainas enteras en un molino convencional (Figura 2), la materia prima obtenida de dicha molienda se tamizó, empleando la serie de tamices ASTM (*American Society for Testing and Materials*) para arenas, quedando dividida en tres tamaños de partículas: 2, 0.4 y 0.25 mm.



Figura 2. Vainas de C. coriaria molidas.

Preparación de las muestras

Para realizar este estudio se estableció una relación de soluto–solvente de 1:8, por consiguiente se utilizó el siguiente volumen (Tabla 1).

Tabla 1. Determinación de los volúmenes empleados.

Solvente	Densidad (g/mL)	Volumen (mL)
Etanol	0.798	250.63
Acetona	0.791	252.84

Las muestras fueron preparadas en vasos de precipitado y fueron selladas para evitar la pérdida de solvente durante el proceso (Figura 3).



Figura 3. Muestras de etanol (ET_1AX) y acetona (AT_1AX) para tamaño de partícula grande.

 ISSN 2007-8102

Extracción de compuestos polifenólicos

El proceso de extracción se realizó por medio de maceración tradicional en baño de aceite (Figura 4), la extracción con etanol se realizó a una temperatura constante de 50°C durante 3 días. En el caso de las muestras con acetona, se siguió el mismo proceso, pero se extrajo a una temperatura constante de 45°C. Las temperaturas se establecieron conforme a lo reportado en la literatura y al punto de ebullición de los solventes.

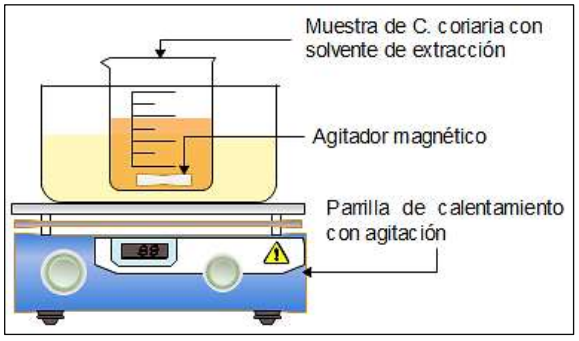


Figura 4. Diagrama del equipo de extracción empleado.

Análisis de las muestras

El extracto obtenido se caracterizó por dos técnicas, la primera fue la espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), en la cual se impregnaron 10 µl de muestra en una pastilla de bromuro de potasio (KBr) marca Sigma Aldrich grado FTIR, posteriormente se analizaron en un espectrómetro FT-IR Shimadzu modelo IRAffinity-1, en el rango de 340-4700 cm^{-1}, a una resolución de 2 cm^{-1} y 70 escaneos. La segunda técnica empleada fue la espectroscopía ultravioleta visible (UV-vis), en la cual las muestras a analizar se depositaron en una celda de cuarzo, posteriormente se introdujeron en un espectrofotómetro UV-vis marca Agilent, modelo G1103A con un rango de 200 a 1100 nm, integrado con una lámpara de tungsteno.

Resultados y discusión

En la Figura 5 se muestra la comparación de espectros de FTIR de cada muestra extraída con etanol a diferente tamaño de partícula identificado en la Tabla 2 los picos más importantes de cada muestra y sus vibraciones correspondientes.

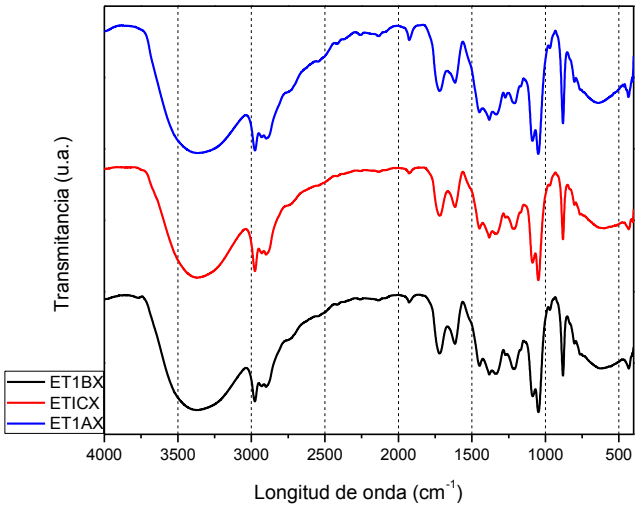


Figura 5. Espectros IR para muestras extraídas con etanol.

 ISSN 2007-8102

Tabla *2*. Identificación de grupos funcionales en las muestras.

Muestra	Longitud de onda (cm^{-1})	Grupo funcional
ET1AX	3300-3400	Estiramiento OH
	3000-2900	-CH alcano sp3
	1719.61	Estiramiento C=O
	1050	Estiramiento C-O
	880.54	Metileno terminal
ET1BX	3400	Estiramiento OH
	3000-2900	-CH alcano sp3
	1720.58	Estiramiento C=O
	1048	Estiramiento C-O (éster)
	880.54	Alquenos flexión C-H
ET1CX	3300-3400	Estiramiento OH
	3000-2900	-CH alcano sp3
	1721.54-1717.68	Estiramiento C=O
	1049	Estiramiento C-O
	880.54	Alqueno flexion C-H Metileno terminal

Resultados de espectros de FTIR para las muestras extraídas con acetona

En la Figura 6 se muestran los espectros de las muestras en las cuales se empleó acetona como solvente, los resultados muestran los picos predominantes de grupos hidroxilo y carbonilo principalmente, estos resultados muestran que entre éstos no hay diferencia o aparición de nuevos grupos funcionales, lo que indica que no hay impurezas para cada tamaño de partícula analizada, identificadas en el espectro por las siglas AX, BX y CX correspondientes a 2, 0.454 y 0.25 mm de diámetro respectivamente. Comparando las muestras extraídas en etanol y acetona se ha encontrado cambios importantes en cada una de estas figuras, marcándose más la zona en la Figura 5 correspondiente a los enlaces carbonilos que se pueden encontrar desde 1800 cm^{-1} hasta números de onda menores.

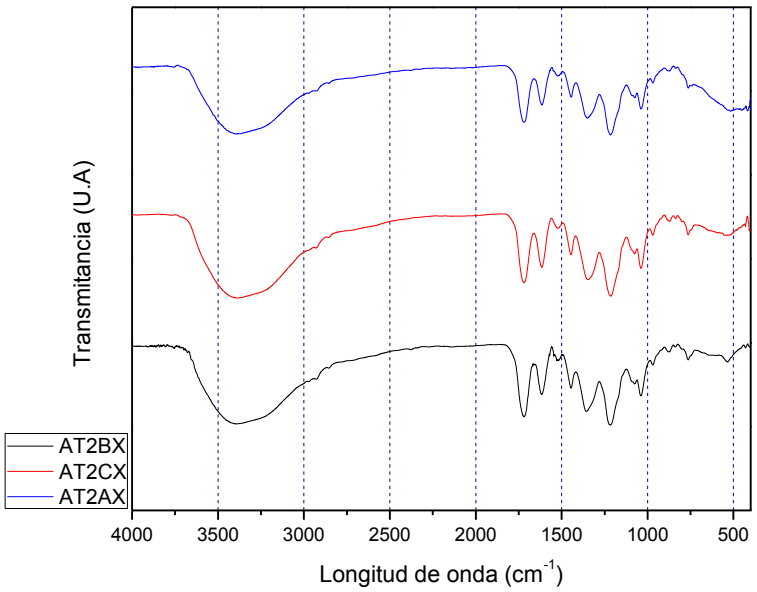


Figura 6. Espectros IR para muestras extraídas con acetona.

 ISSN 2007-8102

Resultados obtenidos por espectrofotometría UV-visible

Dentro de los resultados obtenidos para las muestras en donde se utilizó etanol y acetona como solventes, se tienen las caracterizaciones por UV visible, esta técnica permitió observar si hay concentraciones muy saturadas. En las Figuras 7 y 8 se muestran los resultados de éstos espectros, la primera figura corresponde a las muestras de etanol mientras que los espectros de la Figura 8 se encuentran relacionados a la acetona. Los resultados ponen de evidencia que para todas las muestras en cada solvente utilizado no hay diferencias apreciables ni aparición de nuevos compuestos, lo anterior se puede analizar en otro estudio de cromatografía para comparar la concentración e identificación de compuestos para cada muestra. En cada espectro la letras AX, BX y CX corresponden a los tamaños de partícula empleados de menor a mayor diámetro respectivamente.

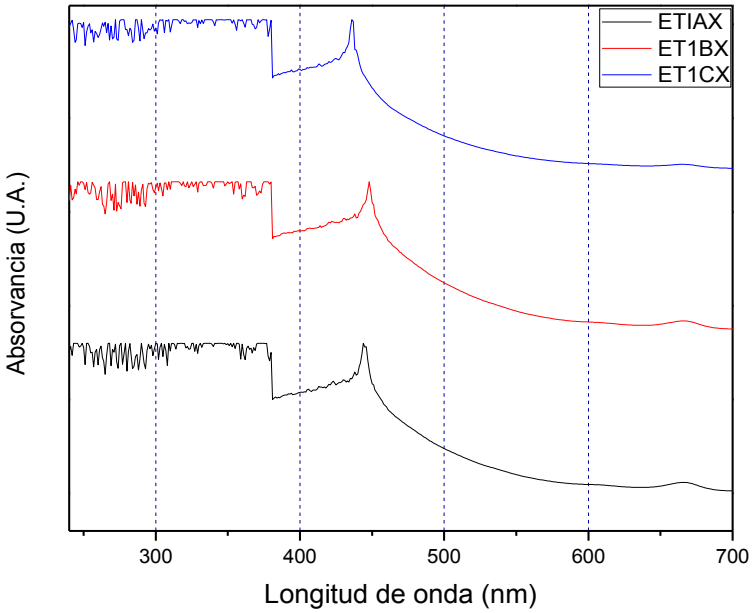


Figura 7. Espectros UV-vis para muestras extraídas en etanol.

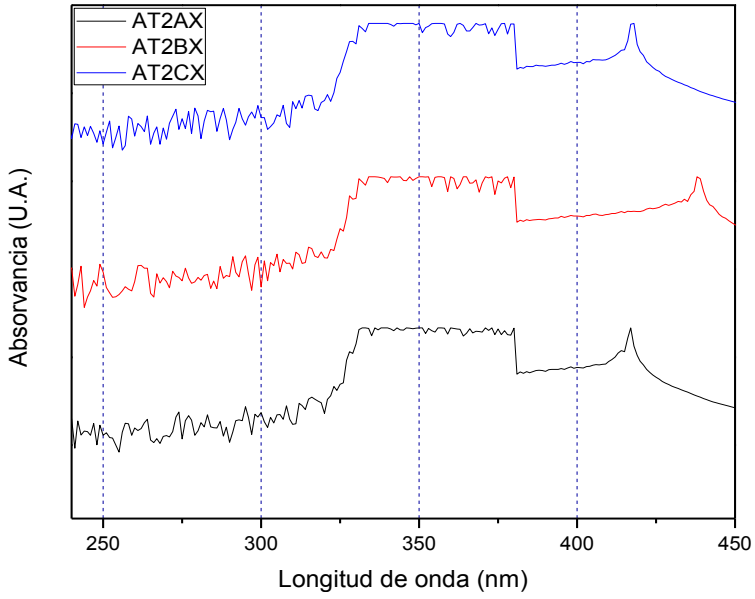


Figura 8. Espectros UV-vis para muestras extraídas en acetona.

Trabajo a futuro

Se realizarán extracciones empleando como solvente agua desionizada, las muestras obtenidas se caracterizarán y se realizará la comparación de resultados. Las muestras que presenten en mayor proporción los compuestos de interés, se analizarán por medio de espectrometría de resonancia magnética nuclear (RMN), lo anterior con el fin de determinar cuáles son las condiciones adecuadas de extracción.

Conclusiones

Los resultados experimentales de este estudio determinaron que las mejores condiciones de extracción del resorcinol fueron a 50°C empleando como solvente de extracción etanol y partículas de la vaina de Guamuchil con diámetros inferiores a 0.5 mm.
Los análisis de FTIR indicaron una ligera variación de acuerdo a las adsorciones características de compuestos polifenolicos puros debido a presencia de otros compuestos, sin encontrarse rastros de impurezas o de compuestos indeseados.

Referencias

1. García-Hernández, C.; Rojo-Rubio, R.; Olmedo-Juárez, A.; Zamilpa, A.; Mendoza de Gives, P.; Antonio-Romo, I. A. and González-Cortazar, M. (2019). Galloyl derivatives from Caesalpinia coriaria exhibit in vitro ovicidal activity against cattle gastrointestinal parasitic nematodes. *Experimental Parasitology*, *200*, **1**, 16–23.
2. Villanueva-Tiburcio, J. E.; Condezo-Hoyos, L. A. and Asquieri, E. R. (2010). Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K) McVaugh). *Ciencia y Tecnologia de Alimentos*, ***30***, 151–160.
3. Quiñones, M.; Miguel, M. and Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular, *Nutr Hosp.Nutr Hosp*, ***2727*****(1)** 76–8976.
4. Mercado, G.; De la Rosa, L.; Wall, A.; Lopez, J. A. and Álvarez, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutricion Hospitalaria*, ***28*****(1)** 36–46.
5. Isaza, C. and Hipólito, J. (2007). Taninos o Polifenoles Vegetales. *Scientia Et Technica*, ***33*****(33)** 13–18.
6. Sebasti, S. A.; Ambiente, M.; Cáceres, I. R.; Olivas-Aguirre, F. J.; Wall-Medrano, A.; González-Aguilar, G. A. and Ramos-Jimenez, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*, ***31*****(1)** 55–66.

SISTEMAS COMPUTACIONALES

SC01 **Sistema móvil inteligente para la enseñanza de la lectoescritura en niños con parálisis cerebral atetósica** **1824**
Víctor Saavedra, María Serna y César Rose.

SC02 **Heurística que selecciona el algoritmo campeón para resolver instancias de Bin Packing** **1832**
Adriana Mexicano Santoyo, Pascual Noradino Montes Dorantes, Jennifer Alexa Hernández Pérez, Marco Aurelio Jiménez Gómez y Ausencio Azuara Domínguez.

SC03 **Modelado de componentes de software para el sector automotriz basado en SysML** **1838**
Sofía Isabel Fernández Gregorio, Luis Alberto Morales Rosales, Karla Verónica Sánchez Diaz, Ignacio Algredo Badillo y Karen Pamela Álvarez Villagómez.

SC04 **Colorización de video usando seguimiento de rayones** **1846**
Mario Renan Moreno Sabido, Juan Manuel Martín Sosa, Mauricio Gabriel Orozco Del Castillo, Francisco Javier Hernández López y Joel Antonio Trejo Sánchez.

SC05 **Evaluación de dos algoritmos para distribución concurrente de carga en el códec H265/HEVC usando video 4K** **1854**
Abelardo Rodríguez-León, Manuel Pérez-Malumbres, Carlos Julián Genis-Triana, Guillermo Efrén Ovando-Chacón y Abelardo Rodríguez-González.

SC06 **Binarización automática de documentos escaneados usando cómputo paralelo en una computadora multinúcleo** **1862**
José Miguel Vásquez-Velázquez, Francisco Javier Hernández-López, Mario Renán Moreno-Sabido, Mauricio Gabriel Orozco-Del-Castillo y Joel Antonio Trejo-Sánchez.

SC07 **Optimización de un Portafolio de Inversión de un Algoritmo de Evolución Diferencial** **1870**
Juan Fernando García Mejía, Mayte Ricardo Cruz, Carlos Eduardo Torres Reyes, José Arturo Pérez Martínez y Yenit Martínez Garduño.

SC08 **Semáforos viales para el municipio de Iguala de la Independencia, con servicios web e IoT** **1878**
Jorge Eduardo Ortega López, Carlos Ocampo Pineda, Rodolfo Zacarias García, Sergio Ricardo Zagal Barrera y Silvia Valle Bahena.

SC09 **Una mejora en la eficiencia computacional de simulaciones para el estudio de biocombustibles usando concurrencia** **1885**
Abelardo Rodríguez-León, Juan Carlos Prince-Avelino, Mario Díaz-González, Guillermo Efrén Ovando-Chacón y José Antonio Gamboa-Aguirre.

SC10 **Detección automática de carcinomas ductal y lobular con Redes Neuronales Convolucionales** **1893**
J. R. Sánchez Quintero, M. T. Serna Encinas, D. Romo Montaño, C. E. Rose Gómez y F. J. Carrasco Guigón.

SC11 **Aplicación móvil para la detección de posibles víctimas de acoso escolar** **1901**
Cristina Joaquín Salas, Gustavo Padrón Rivera y Ricardo Alberto Serrano Herrera.

SC12 **Calidad en el Diseño de Juegos Serios para Aplicaciones Móviles** **1908**
Sochitl Cruz López, Irene Aguilar Juárez, Leticia Dávila Nicanor y Joel Ayala de la Vega.

SC13 **Analítica de datos para pronóstico de robo de energía usando medidores inteligentes** **1918**
Yazmín Monserrat Loya Ayala, Juan Carlos Olivares Rojas, Enrique Reyes Archundia, Ana Lilia Mendieta Jiménez y María Cristina Jasso Carbajal.

SC14 **Modelo de Lógica Difusa para la Determinación de la Calidad Agronómica del Agua en el Cultivo de Plátano** **1926**
Héctor Morales, Noel García-Díaz, Jesús Verduzco, Audel Ortíz y Edgard Alvarado.

SC15 **Redes neuronales aplicadas a la detección de la Sigatoka Negra** **1934**
Isis Siomara García Alcalá, Noel García-Díaz, Juan García Virgen, Edgard Alvarado Zepeda y Audel Ortiz Iñiguez.

SC16 **Use of semantic and business analytics to monitor integrations between enterprise applications in IT** **1942**
Jaime Arturo Blanco García y Felipe De Jesús Pozos Texon.

SC17 **Camaleón: Detección de daltonismo y entorno virtual para la implementación social de la simbología ColorKivof** **1950**
Daniel González Díaz, Nancy Aracely Cruz Ramos, Arturo Escobar García, María Fernanda Cabrera Gutiérrez y Kevin Daniel Cancino Rauda.

SC18 **App para programar a nivel ensamblador con instrucciones Basic asistidas** **1958**
Ewald Fritsche Ramírez, Lourdes Arlin Campoy Medrano, Lina Ernestina Arias Hernández, Oswaldo Antonio Merino Merino y Juan Cisneros Reséndiz.

SC19 **La Web Semántica para proponer un modelo para Gobierno Abierto** **1966**
Ma. Susana Flores Alarcón, Claudia Josefina Torrero Flores, Bertha Alicia Salazar Castro, Lamia Hamdan Medina y Silvana Marina Flores Barajas.

SC20 **PREDEV: Plataforma para la Prevención y Monitorización de casos de Discriminación en el Estado de Veracruz** **1974**

Nancy Aracely Cruz Ramos, Daniel González Díaz, Eva María Landa Huerta, Jonathan Carlos Rojas Huerta y Roberto Lidio Garcés Tello.

SC21 **Visualización de datos como estrategia para favorecer el aprendizaje en temas diversos** **1982**

José Carlos Camino Hampshire, Julio César Calva Hernández y Argelia B. Urbina Nájera.

SC22 **Redes neuronales artificiales para la detección de plagas en cultivo de jitomate bajo invernadero** **1990**

Eduardo Berra Villaseñor, Monica Pérez Castañeda y José Rodrigo Cuautle Parodi.

SC23 **ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE BIG DATA EN LA PLATAFORMA "CLUSTERBUHO"** **2000**

José Alberto Venegas García, Thelma Leonor Estévez Dorantes, Manuel Panzi Utrera, Gustavo Hernández Acevedo y Elisa Mota Díaz.

SC24 **Análisis de Seguridad para la Autenticación y Privacidad en Entornos IoT** **2008**

David Bello Bustamante, Carlos Alberto Ochoa Rivera y Alessandra Reyes Flores.

SC25 **SDR y plataformas de desarrollo** **2016**

Rogelio Jaimes Rico y Saúl Lazcano Salas.

SC26 **Nodes: Plataforma para la predicción de deserción escolar utilizando técnicas de inteligencia artificial** **2023**

Daniel González Díaz, Josué Iván Picie Alcaraz, María Dolores González Martínez, Carlos Heriberto Hernández Jácome y Eric Onofre Ruiz.

Sistema móvil inteligente para la enseñanza de la lectoescritura en niños con parálisis cerebral atetósica

V. M. Saavedra Contreras, M. T. Serna Encinas, C. E. Rose Gómez*,
División de Estudio de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, C.P. 83170, Hermosillo, Sonora, México
**matise0273@gmail.com*
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Se implementó un sistema móvil inteligente basado en aprendizaje adaptativo y el método sintético para la enseñanza de la lectoescritura del español, diseñado para ser utilizado por niños con parálisis cerebral atetósica, que cursan primero o segundo grado de educación primaria. Durante el proceso de implementación se realizaron dos pruebas de usabilidad, conforme a la filosofía de diseño centrado en el usuario, que permitieron validar y realizar los ajustes necesarios para que el sistema cumpla con los requerimientos funcionales. En la tercera y última revisión del sistema, con un experto del dominio, se obtuvo la información necesaria para el módulo de aprendizaje adaptativo. El resultado es una herramienta tecnológica que puede ser utilizado por estos niños para superar las barreras en el aprendizaje del lenguaje escrito en primer y segundo grado de la educación primaria.

***Palabras clave**: Sistema móvil, Aprendizaje adaptativo, Método sintético, Lectoescritura, Parálisis cerebral.*

Abstract

An intelligent mobile system based on adaptive learning and the synthetic method for teach reading and writing Spanish was implemented, it was designed to be used by children with athetosis cerebral palsy, who are in first or second grade of elementary education. During the implementation process, two usability tests were carried out, in accordance with the user-centered design philosophy, which allowed validating and making the necessary adjustments so that the system meets with the functional requirements. In the third and final revision of the system, with a domain expert, the necessary information for the adaptive learning module was obtained. The result is a technological tool that can be used by these children to overcome barriers in learning written language in first and second grade of elementary education.

***Key words**: Mobile system, Adaptive learning, Synthetic method, Reading and writing, Cerebral palsy.*

Introducción

El lenguaje es un medio de interacción entre las personas utilizado para transmitir información o expresarse. Como seres sociales, la comunicación es una necesidad muy humana que motiva el aprendizaje de la lengua oral y escrita [1]. Existen tres métodos para la enseñanza de la lectoescritura, según el estilo pedagógico desde el cual se aborda el proceso y las necesidades de aprendizaje de los estudiantes [2]. Los métodos sintéticos parten de las unidades mínimas del lenguaje (letras, sílabas o sonidos), para formar unidades con significado completo (palabras, frases o textos completos). En los métodos analíticos el orden es al revés, parten de las unidades completas y dejan que el niño comprenda las unidades mínimas con sus habilidades cognitivas. Los métodos mixtos buscan beneficiarse de ambos enfoques. Además, con las investigaciones de las últimas décadas, se ha abordado el proceso desde el enfoque constructivista, el cual deja los métodos para centrarse en el estudiante y dejarlo que construya su conocimiento en base a su maduración, experiencia, interacción social y su propia curiosidad [3].

Los niños con discapacidades pueden enfrentar diversas barreras para el aprendizaje que pueden afectar sus capacidades de comunicación al no poder aprender por medios convencionales, como lo es la práctica mediante las actividades de escribir con lápiz y la pronunciación de las palabras. La discapacidad es la limitación en la participación plena y efectiva en la sociedad como resultado de la interacción de deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales presentes en la vida cotidiana de las personas con diversas barreras personales o del ambiente [4]. Para lograr la inclusión educativa, la escuela debe eliminar o reducir las barreras que limitan el aprendizaje y participación de todos los alumnos [5].

La principal causa de discapacidad en la infancia es la parálisis cerebral (PC) [6]. La PC comprende un conjunto de trastornos del movimiento y la postura debido a un daño cerebral durante el desarrollo del feto, al momento del parto o durante los dos primeros años de vida del niño [7]. Clínicamente, la PC se clasifica según el trastorno motor predominante y la ubicación del daño cerebral en tres tipos: espástica, discinética y mixta [6]. A nivel mundial se presenta de 2 a 2.5 niños nacidos vivos por cada 1,000 [6], y su incidencia es mayor en grupos de bajo nivel socioeconómico [8]. En México, la incidencia es menor, presentándose 3 casos por cada 10,000 [6]. Los casos de PC varían mucho entre ellos por el amplio conjunto de trastornos del movimiento y la postura y porque, además, el daño cerebral puede dar lugar a trastornos sensoriales, cognitivos, comunicativos, perceptivos, conductuales o epilépticos [9]. Por este motivo la PC se clasifica en México dentro de las múltiples discapacidades [10].

El objetivo de este artículo es describir un sistema móvil inteligente, basado en aprendizaje adaptativo, para la enseñanza de la lectoescritura en niños con PC atetósica que cursan primero o segundo grado de educación primaria. Las características de estos niños es que padecen discapacidad comunicativa y discapacidad motriz; sin embargo, esto no representa un impedimento para el uso de una pantalla táctil mediante toques sencillos. El contenido educativo del sistema está basado en el método sintético, con especial énfasis en los fónicos pues está comprobado que enseñarlos a una edad temprana facilita la comprensión lectora [11]. En la siguiente sección se describe la metodología utilizada, el modelo de datos y la arquitectura propuesta del sistema como productos del análisis y diseño; la tercera sección describe el proceso de implementación del sistema, las pruebas funcionales y de aceptación realizadas por el usuario final; en la siguiente sección se muestran los resultados y la discusión; finalmente, la última sección presenta las conclusiones obtenidas.

Metodología

Materiales

El sistema se implementó utilizando Ionic Framework 4.19 y Angular 5.2.11. Las ventajas que ofrece para el desarrollo es que el sistema puede distribuirse en varias plataformas, como Android, iOS y en navegador web. El editor de código utilizado fue Visual Studio Code y para el control de versiones se utilizó un repositorio Git alojado en Team Services de Microsoft. Las pruebas en dispositivo se realizaron en una tableta Samsung Galaxy Tab E SM-T560 con sistema operativo Android 4.4, 1.5 GB de memoria RAM, procesador Quad Core de 1.3 GHz y pantalla de 9.6 pulgadas.

Arquitectura del sistema

El estudiante es guiado por el sistema utilizando en todo momento un sintetizador de voz. En principio, el camino del aprendizaje creado por el sistema es un conjunto de actividades en secuencia. De acuerdo al desempeño del estudiante, el sistema decidirá si es necesario repetir una actividad, repasar las actividades anteriores o continuar. Adicionalmente, el estudiante podrá optar por repasar a su gusto las actividades que ya ha completado satisfactoriamente.

La arquitectura del sistema móvil se presenta en la Figura 7. Esta arquitectura está compuesta por cinco módulos: sintetizador de voz, interfaz estudiante (interfaz del usuario), aprendizaje adaptativo, lectoescritura (contenido didáctico y dominio del sistema) y acceso a datos.

 ISSN 2007-8102

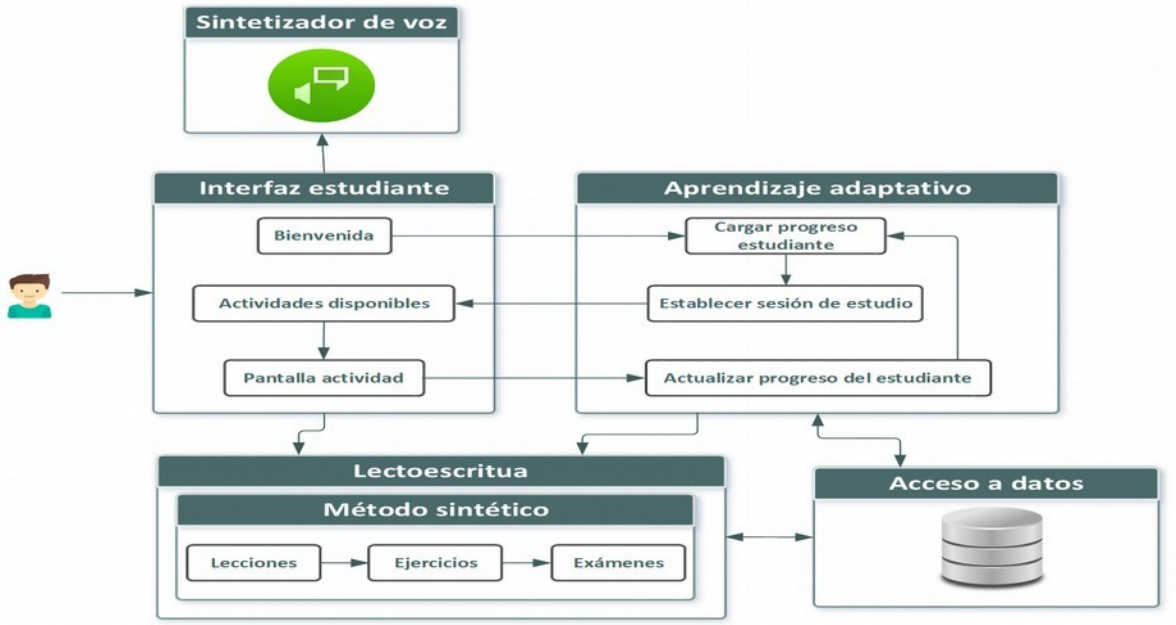


Figura 7. Arquitectura del sistema (elaboración propia).

El estudiante interactúa con el sistema a través de la interfaz gráfica de usuario en el dispositivo. Desde la primera pantalla de bienvenida el estudiante accede al contenido didáctico. Cada actividad educativa tiene su correspondiente pantalla de actividad. El requerimiento más importante de la interfaz es que debe aprovechar del mejor modo el espacio de la pantalla para que sus componentes se puedan discernir con facilidad; por lo tanto, las pantallas deben ser sencillas con fuentes tipográficas e imágenes de buen tamaño.

El módulo de aprendizaje adaptativo es el encargado de realizar un diagnóstico del progreso del estudiante y registrar las métricas de calificación al completar las actividades. La finalidad de este módulo es establecer un camino de aprendizaje dinámico y adaptable que guie al estudiante en su aprendizaje. En base al desempeño del estudiante el sistema decidirá si debe repetir una actividad, repasar actividades anteriores o continuar. El módulo de lectoescritura contiene el contenido didáctico agrupado por unidades didácticas. Cada unidad didáctica se compone de lecciones, los ejercicios de esas lecciones y una serie de actividades de evaluación al final de la unidad. El módulo de acceso a datos se encarga de la información que recolecta el módulo de aprendizaje adaptativo sobre el estudiante y de los datos de las actividades del módulo de lectoescritura.

El sintetizador de voz es utilizado por el sistema como el principal medio de comunicación con el estudiante, pues se asumen que aún no saben leer. Además, dado que el sistema está diseñado para estudiantes con dificultades en la pronunciación, el sintetizador tiene la función de pronunciar los sonidos, las sílabas y las palabras en representación del estudiante. Con el uso del sistema, se busca que el estudiante se familiarice con el sintetizador de voz como un medio alternativo de comunicación.

Implementación y pruebas

Durante el proceso de implementación se llevaron a cabo dos pruebas de usabilidad conforme a la filosofía de diseño centrado en el usuario (DCU), con un usuario con PC atetósica en segundo grado de primaria. Además, se realizó una revisión adicional con el maestro de segundo grado para escuchar sus recomendaciones como experto del dominio.

El aprendizaje adaptativo se implementó ajustando el contenido educativo según el progreso del estudiante. En cada actividad el sistema registra la cantidad de toques correctos e incorrectos para calificar al estudiante. La calificación se decide como la cantidad de toques correctos del total de toques realizados. En base a la calificación se decide si puede continuar (calificación mayor o igual a 8), debe repetir la misma actividad

 ISSN 2007-8102

(calificación entre 6 y 8), y debe repasar actividades anteriores (calificación menor que 6). El fragmento de código encargado de esta parte se muestra en la Figura 8.

```
contadorAccionesIncorrectas: number = 0;
contadorAccionesCorrectas: number = 0;

get avanzaraSiguienteContenido(): boolean {
    return this.calificacioon >= 0.8;
}

get debeRepasarContenido(): boolean {
    return this.calificacioon < 0.6;
}

get debeRepetirActividad(): boolean {
    return !this.debeRepasarContenido && this.calificacioon < 0.8;
}

get calificacioon(): number {
    if (this.contenidoDidaacticoActividadActual === ContenidoDidaactico.U0_na_na_Bienvenida
        || this.contenidoDidaacticoActividadActual === ContenidoDidaactico.U10_na_na_Final) {
        return 1;
    }
    const accionesTotales = this.accionesTotales;
    return accionesTotales == 0 ? 1 : this.contadorAccionesCorrectas / accionesTotales;
}

get accionesTotales(): number {
    return this.contadorAccionesCorrectas + this.contadorAccionesIncorrectas;
}
```

Figura 8. Código para obtener la calificación de la actividad (elaboración propia).

La Figura 9 muestra diferentes pantallas de una lección y ejercicio. El lado izquierdo muestra una lección con el marcador de puntuación a la derecha, el centro presenta una pantalla con el ejercicio de completar palabras y el lado derecho muestra la pantalla para ingresar respuesta de ese ejercicio. En la mayoría de los ejercicios el marcador de puntuación se mantiene oculto para aprovechar espacio y sólo se muestra algunos segundos para ofrecer retroalimentación al estudiante.

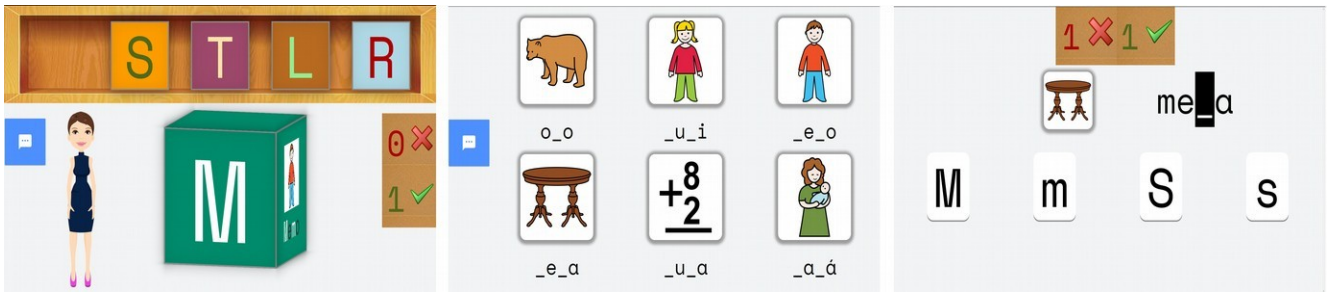


Figura 9. Pantallas que muestran una lección y un ejercicio (elaboración propia).

Al terminar las actividades se pasa a la pantalla de actividad completada. La Figura 10 muestra dos pantallas de actividad completada. El lado izquierdo de la figura corresponde al resultado de repetir actividad. En esa pantalla se le entrega el mensaje “¡Bien hecho! Vamos a repetir la actividad en un momento. Esta vez intenta obtener menos cruces”. El lado derecho presenta el resultado de aprobado; en este caso el mensaje es “¡Excelente! ¡Completaste la actividad! En un momento continuamos”.

 ISSN 2007-8102

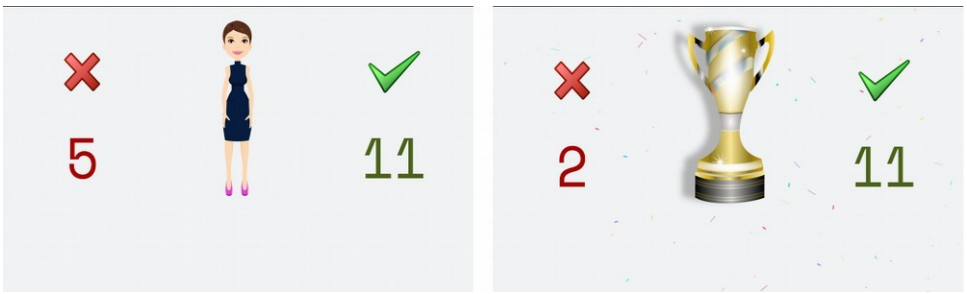


Figura 10. Pantallas de actividad completada, lado izquierdo repetir actividad, lado derecho avanzar a siguiente actividad (elaboración propia).

Aparte de repetir o avanzar a la siguiente actividad, el otro posible curso de acción que el sistema puede tomar es repasar las actividades anteriores. Para determinar las actividades que se deben repasar, cuando el estudiante comete un error, el sistema registra la respuesta correcta que debió ingresar el estudiante. Posteriormente se realiza un análisis textual de cada letra y sílaba de las respuestas correctas con la finalidad de determinar las actividades que el estudiante debe dominar para poder dar esa respuesta. El análisis se realiza según las reglas del español implementadas como bloques *if-else* en programación imperativa. La Figura 11 contiene un fragmento del código descrito.

```
const vocalUexcenta = progresoEstudiante.mejorCalificacioonPromedioen(grupodeContenidoDidaacticoporLeccioonoExamer
const examenVocalesExcento =
    progresoEstudiante.mejorCalificacioonPromedioen(grupodeContenidoDidaacticoporLeccioonoExamen(ContenidoDidaacti
this.respuestasCorrectasaRepasar.forEach(respuestaCorrecta => {
    for (let i = 0; i < respuestaCorrecta.respuesta.length; i++) {
        let c = respuestaCorrecta.respuesta.charAt(i);
        let cLowerCase = c.toLowerCase();
        let nextClc = respuestaCorrecta.respuesta.charAt(i + 1).toLowerCase()
            || respuestaCorrecta.texto.charAt(respuestaCorrecta.posicioon + i + 1).toLowerCase();
        let ncAccentFold = accentFold(nextClc);
        let nextncaf = accentFold(respuestaCorrecta.respuesta.charAt(i + 2))
            || respuestaCorrecta.texto.charAt(respuestaCorrecta.posicioon + i + + 2);
        let prevClc = respuestaCorrecta.respuesta.charAt(i - 1).toLowerCase()
            || respuestaCorrecta.texto.charAt(respuestaCorrecta.posicioon + i - 1).toLowerCase();
        if (cLowerCase === 'a') {
            if (!vocalAexcenta || unidadActual <= 2) {
                this.annadirLeccioonyEjerciciosNecesarios(ContenidoDidaactico.U1_A_L_Letra);
            } else if (!examenVocalesExcento) {
                this.annadirLeccioonyEjerciciosNecesarios(ContenidoDidaactico.U1_AIEOU_X_SeleccionarCondicioon1);
            }
```

Figura 11. Fragmento de código para determinar actividades a repasar (elaboración propia).

Resultados y discusión

La primera prueba se realizó con el software de prototipado *Justinmind*. La Figura 12 muestra el prototipo utilizado. Trabajar con el prototipo tuvo la ventaja de que la prueba pudo realizarse más rápido, debido a que no requiere programación y, gracias a ello, observamos al usuario interactuando con la tableta en una etapa temprana del proceso de implementación. Esta prueba consistió en una lección y ejercicio con las vocales, ya que representan la parte más sencilla del sistema.

 ISSN 2007-8102

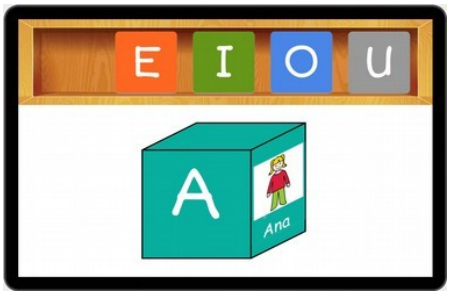


Figura 12. Prototipo de la primera prueba (elaboración propia).

La usabilidad de la interfaz de usuario y la calidad del diseño se midieron utilizando las métricas establecidas por la norma ISO 9241-210:2010 [12] para la usabilidad del software; además, se definieron otras métricas que resultaban convenientes. La Tabla 1 contiene las métricas, indicadores y los valores recolectados tras la primera prueba aplicada al usuario con PC atetósica, donde el 5 representa la puntuación más alta, es decir, el dominio del indicador, y 0 la puntuación menor.

Tabla 1. Resultado de la primera prueba de usabilidad (elaboración propia).

Métrica	Indicador	Valor
Ejecución de la tarea	Atiende las instrucciones dadas por el tutor virtual	4
	Se equivoca durante la actividad	4
Esfuerzo	Tiempo empleado para completar el test.	8m 12s
	Tiempo promedio empleado tras escuchar la instrucción y llevarla a cabo.	3s
	Toques de pantalla requeridos para la ejecución de la tarea.	3
Grado de satisfacción	Muestra frustración durante la ejecución de la tarea	4
	Muestra interés durante la ejecución de la tarea	5
Coordinación oculomotriz	Dirige la punta del dedo índice hacia el objeto que se le solicita tocar.	4
	Toca el objeto en el área solicitada por el tutor.	4
	Muestra dificultades para colocar el dedo índice sobre el área solicitada.	4
Aprendizaje	Identifica cada una de las vocales, conforme al orden preestablecido.	5
	Identifica cada una de las vocales, independientemente de su orden.	5
Posición de la pantalla	La posición de la pantalla permite ejecutar la tarea satisfactoriamente.	5
	La posición de la pantalla requiere de un esfuerzo mínimo del usuario.	4

Esta prueba permitió verificar que el usuario es capaz de utilizar la tableta; sin embargo, se detectaron problemas derivados de la PC atetósica. Por ejemplo, cuando el sistema le pide al usuario que toque una de las vocales, el usuario lo hacia correctamente pero su movimiento no era del todo preciso, sobretodo en letras delgadas como la “i”. Por esa razón, se ajustó la interfaz para que el toque reconozca toda el área del cubo, cumpliendo de esta manera con los requerimientos funcionales detectados en el usuario. En relación al contenido educativo, el usuario pudo trabajar sin problemas las vocales. Además, el prototipo resultó atractivo, por lo cual se aceptó como base para la implementación de la interfaz del sistema.

La segunda prueba consistió en la forma en que se le presentaría al usuario las consonantes, la formación de sílabas, su aplicación en una pequeña lectura y otro pequeño ejercicio de evaluación. En las Figuras 13 y 14 se muestran las pantallas de esta prueba.

 ISSN 2007-8102

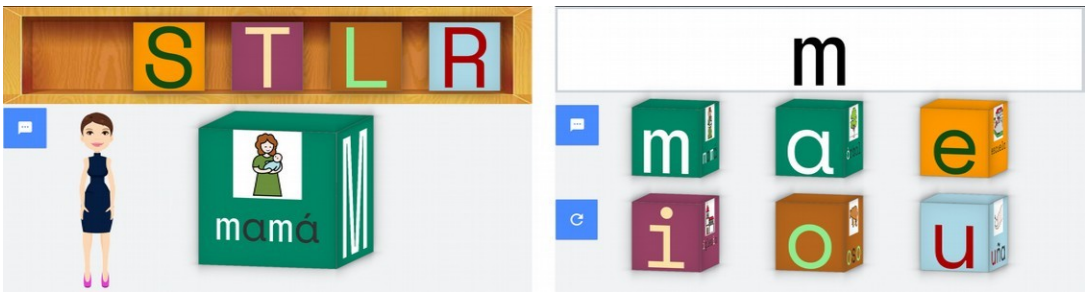


Figura 13. El lado izquierdo muestra la pantalla de presentación de letra M, el lado derecho muestra una pantalla con formación de sílabas (elaboración propia).



Figura 14. El lado izquierdo presenta la pantalla de lectura, el lado derecho muestra un ejercicio de reconocimiento de sílabas (elaboración propia).

En esta prueba se utilizó un software para grabar la pantalla que registraba los toques del usuario. La grabación nos permitió observar otros problemas en el uso de la pantalla táctil debido a la PC; en ocasiones, el usuario mostró dificultad al deslizar el dedo durante el toque, lo que se interpreta por la tableta como otro gesto y no lo reconoce como un simple toque. En cuanto al contenido educativo, el usuario tuvo dificultades al principio pues no había trabajado con esa consonante previamente, pero una vez que comprendió la mecánica de las actividades completó la prueba. Cabe destacar que esta prueba fue más compleja que la anterior. La Tabla 2 contiene los datos recolectados al aplicar la segunda prueba de usabilidad.

Tabla 2. Resultado de la segunda prueba de usabilidad (elaboración propia).

Métrica	Indicador	Valor
Ejecución de la tarea	Atiende las instrucciones dadas por el tutor virtual.	3
	Se equivoca durante la actividad.	4
	Muestra confusión durante la ejecución de la tarea.	4
Esfuerzo	Tiempo empleado para completar el test.	11m 50s
	Tiempo promedio empleado tras escuchar la instrucción y llevarla a cabo.	3s
	Toques de pantalla realizados para completar el test.	45
Grado de satisfacción	Muestra frustración durante la ejecución de la tarea.	3
	Muestra interés durante la ejecución de la tarea.	4
Coordinación oculomotriz	Toca fácilmente el objeto de la pantalla deseado.	2
Aprendizaje	Logra formar la sílaba requerida.	4
	Identifica la sílaba al inicio de la palabra.	2
	Identifica la sílaba al final de la palabra.	5
	Identifica la sílaba en el medio de la palabra.	5

En la última prueba, realizada por el maestro, sirvió para determinar la manera de evaluar el progreso de los estudiantes. Se sugirió registrar los toques correctos e incorrectos para evaluar el desempeño del estudiante y, a la vez, evitar que los estudiantes completen las actividades sin realmente prestar atención al sistema. También se determinó los rangos de calificación que el sistema debe considerar para modificar el camino de aprendizaje del usuario. Tras esta revisión logramos conocer la manera cómo trabaja un tutor humano y, en base a ello, se realizó el módulo de aprendizaje adaptativo, completando así el sistema.

Conclusiones

Se construyó un sistema móvil inteligente, basado en aprendizaje adaptativo, para la enseñanza de la lectoescritura del español en niños con PC atetósica que cursan primero o segundo grado de educación primaria. Se realizaron dos pruebas de usabilidad con un estudiante con PC, las cuales permitieron que la funcionalidad del sistema se ajustara para satisfacer los requerimientos funcionales, identificados a partir de su condición y de la problemática a resolver. Además, se realizó una revisión del sistema con el maestro de segundo grado con la finalidad de integrar su conocimiento en la implementación del módulo de aprendizaje adaptativo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través de la beca número 627966, otorgada al primer autor de este artículo, para realizar los estudios en el programa de Maestría en Ciencias de la Computación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo.

Referencias

1. SEP (2011). *Programas de Estudio 2011. Guía para el Maestro. Educación Básica*. D.F., México.
2. Martínez, S. (2014). *La Enseñanza Y Aprendizaje De La Lectoescritura En La Educación Infantil. Propuesta Didáctica.* Valladolid, España: Universidad de Valladolid.
3. Chaves. A. (2001). La apropiación de la lengua escrita: un proceso constructivo, interactivo y de producción cultural. *Actualidades Investigativas en Educación* (**1**) 1-6.
4. ONU (2006). *Convención de los derechos de las personas con discapacidad*. Nueva York, Estados Unidos de América. Recuperado de http://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf.
5. SEP (2010). *Guía para facilitar la inclusión de alumnos y alumnas con discapacidad en escuelas que participan en el Programa Escuelas de Calidad*. D.F., México.
6. Vázquez, C. y Vidal, C. (2014). Parálisis cerebral infantil: definición y clasificación a través de la historia. *Revista Mexicana de Ortopedia Pediátrica* (**16**) 6-10.
7. Miller, F. (2005). Cerebral Palsy. New Work: Springer Science+Business Media, Inc.
8. Secretaría de Salud (2009). *Evaluación Diagnóstica del niño con parálisis cerebral en el tercer nivel de atención.* México. Recuperado de http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogoMaestro/332_DIF_09_Paralisis_cerebral/EyR_DIF_332_09.pdf.
9. Poó, P. (2008). Parálisis cerebral infantil. *Protocolos de Neurología* (**36**) 271-277.
10. INEGI (2014). Clasificación de Tipo de Discapacidad – Histórica. México. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/clasificadoresycatalogos/doc/clasificacion de tipo de discapacidad.pdf.
11. Ahumada, R. y Montenegro, A. (2009). Juguemos a leer. México: Trillas.
12. ISO 9241-210:2010. Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems.

Heurística que selecciona el algoritmo campeón para resolver instancias de Bin Packing

A. Mexicano Santoyo[1], P. N. Montes Dorantes[1,2], J. A. Hernández Pérez[1], M.A. Jiménez Gómez[1], A. Azuara Domíguez[1]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil #1301 Pte. A.P. 175 C.P. 87010 Cd. Victoria, Tamaulipas
[2]Universidad Autónoma del Noreste, Blvd. José Musa de León y General Medardo de la Pena S/N Col. Los Pinos, C.P. 25100, Saltillo, Coahuila
**mexicanoa@gmail.com*
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El problema de *Bin Packing* es considerado de alta complejidad computacional y su solución es de gran importancia para la industria debido a que, si se encuentran algoritmos de solución eficientes, esos mismos algoritmos, con algunos ajustes, se pueden utilizar para encontrar soluciones de problemas reales de alto impacto económico. El presente proyecto tiene la finalidad de generar un algoritmo que en base a las características de las instancias etiquetadas como difíciles de resolverse, en la literatura especializada, pueda elegir el algoritmo que mejor la resuelve, considerando como mejor valor, el mejor valor obtenido por los algoritmos que participan al generar el modelo. Los algoritmos que se consideran para obtener los resultados iniciales de las instancias son los algoritmos deterministas *First Fit Decreasing*, *Best Fit Decreasing* y *Worst Fit Decreasing*. Los resultados muestran que se alcanza una precisión del 98% al ejecutar la heurística con 363 instancias de prueba.

***Palabras clave**: Heurística, bin packing, programación lógica, k-means.*

Abstract

In the area of computing, one of the problems is finding efficient and effective algorithms to solve combinatorial optimization problems such as the Bin Packing problem. These types of problems are considered to be of high computational complexity and the solution of such problems is of great importance for the industry because, if efficient solution algorithms are found, those same algorithms, with some adjustments, can be used to find solutions to real problems of high economic impact. The present project has the purpose of generating an algorithm that based on the characteristics of the instances labeled, in the specialized literature, as difficult to solve, it can choose the algorithm that best solves it, considering the best value obtained by the algorithms included in the model development. The algorithms that are considered to obtain the initial results of the instances are the deterministic algorithms First Fit Decreasing, Best Fit Decreasing and Worst Fit Decreasing. Results shows that the proposed heuristic achieves a 98% in accuracy when was executed using 363 test instances.

***Key words**: Heuristic, bin packing, logic programming, k-means.*

Introducción

En el área de la computación, una tarea fundamental es desarrollar algoritmos eficientes y eficaces para resolver problemas de optimización. Este tipo de problemas son considerados de alta complejidad computacional por utilizar instancias de prueba etiquetadas como difíciles de resolver. La solución de dichos problemas es de gran importancia para la industria debido a que, si se encuentran algoritmos de solución eficientes, esos mismos algoritmos se pueden utilizar con la debida adecuación, para encontrar soluciones de problemas reales de alto impacto económico. Los problemas de optimización combinatoria tienen un espacio de soluciones enorme, lo cual dificulta encontrar una solución óptima en un tiempo computacional razonable. Debido a la dificultad de encontrar soluciones óptimas para este tipo de problemas, se utilizan algoritmos que tienen como fin encontrar una buena solución, es decir, una solución que, aunque no sea óptima, sea aceptable. El problema de *Bin Packing*, es un

caso de problema de optimización combinatoria que puede ser definido como una colección finita de artículos con diferentes especificaciones para ser empaquetados en uno o más contenedores utilizando el máximo volumen de los contenedores mientras se satisface la oferta-demanda [Niluka et. al, 2018]. El problema de *Bin Packing* se hace presente en la industria cuando se requiere optimizar el empaquetamiento o corte de productos, ya que esta tarea demanda un gran esfuerzo y tiempo de trabajo, del que generalmente no se dispone. Por tanto, general modelos que ayuden a encontrar buenas soluciones a esta problemática, suele ser de gran ayuda para las empresas que requieren cortar o empacar productos. Encontrar el diseño óptimo de disposición para empacar artículos que tienen diferentes formas y tamaños y que mejore la utilización de los contenedores y minimicen la superposición de los paquetes. En el presente trabajo se implementó una heurística que elige qué algoritmo resuelve mejor una instancia de *Bin Packing*, basándose en las características de la instancia y utilizando programación lógica.

Metodología

Con la finalidad de generar una heurística que seleccione el algoritmo que mejor resuelve una instancia, se utilizó un equipo con las siguientes características: Acer V5 131 Series, x64Core i3-3240T 2.90GHz, 4GB RAM, disco duro de 500GB y Windows 10. Además se extrajeron 1,422 instancias de prueba de [Dresden, 2019; ESICUP, 2019; Klein y Sholl, 2019]. Para caracterizar las instancias se usaron 12 métricas propuestas en [Cruz, 2004 y Pérez et al., 2016] y el algoritmo *k-means* implementado en SPSS [IBM, 2019]. Finamente, la implementación de la heurísticas se desarrolló utilizando WSI-Prolog 8.1.7 [WSI-Prolog, 2019]. A continuación se muestra cada fase de la metodología realizada.

Generación del modelo

Con la finalidad de generar el modelo, se caracterizaron las instancias, siguiendo el proceso representado en la Figura 1, donde se observa que: a) se recopiló un conjunto de instancias de prueba, b) cada instancia se ejecutó con tres algoritmos (*First Fit Decreasing* FFD, *Best Fit Decreasing* BFD y *Worst Fit Decreasing* WFD) propuestos por Johnson [1973], c) se extrajeron los mejores valores para cada instancia, d) se obtuvieron los valores de 12 métricas para cada instancia, e) con la información obtenida de los mejores valores y las métricas para cada instancia, se realizó un modelo aplicando el algoritmo *k-means* y finalmente, se obtuvo un modelo (f) que constó de 4 patrones que permitieron determinar qué algoritmo resolvía mejor cada instancia de prueba.

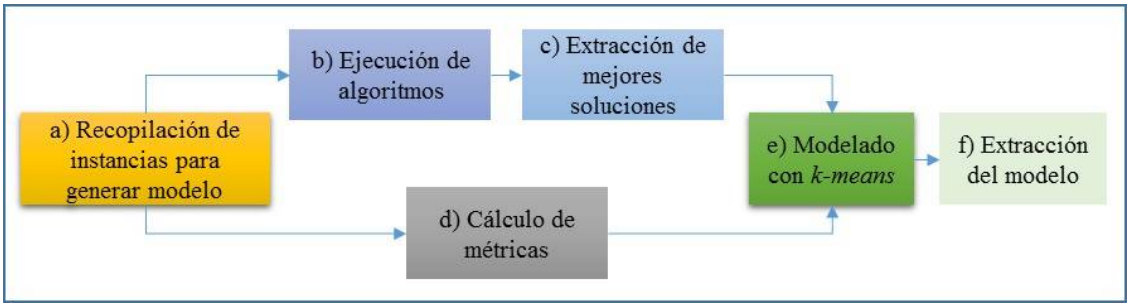


Figura 1. Fases para la generación del modelo.

a) Recopilación de instancias

Se seleccionaron 8 diferentes conjuntos de instancias: el conjunto de instancias de Hard28 con un total de 28 instancias, el conjunto de las tripletas (t60, t120, t249, t501), con 80 instancias, las uniformes (u120, u250, u500, u1000) con 80 instancias, los conjuntos de instancias sch_wae1 y sch_wae2 con 100 instancias cada uno, y los conjuntos de instancias Set1 con 544 instancias, Set2 con 480 instancias y Set3 con 10 instancias. Finalmente, se recopilaron 1,422 instancias. El 70% de las instancias se utilizó para generar el modelo y el resto para validar la heurística implementada.

 ISSN 2007-8102

b) Ejecución de algoritmos

Durante esta etapa, se calcularon los valores de las soluciones con los algoritmos FFD, BFD y WFD con la finalidad de verificar qué algoritmo obtenía la mejor solución en cada caso.

c) Extracción de mejores soluciones

Se extrajeron las mejores soluciones de cada instancia de prueba y se etiquetaron las instancias de prueba para determinar qué algoritmo las resolvió mejor.

d) Cálculo de métricas

Se extrajo un conjunto de 12 métricas de [Cruz, 2004 y Pérez et al., 2016], que permitieron caracterizar las instancias de prueba. El objetivo fue identificar las características de las instancias que permitieran generar grupos con características similares para ser resueltas por un algoritmo y que dicha solución fuera la mejor. Para ello se agruparon las características de las instancias utilizando *k-means*.

e) Modelado con *k-means*

El objetivo del agrupamiento fue generar grupos que separaran las instancias que fueran mejor resueltas por cada uno de los algoritmos (FFD, BFD y WFD). Para ello se realizaron combinaciones con las métricas, tomando desde una hasta las 12 métricas a la vez y se generaron grupos utilizando valores de k = 3 y 4. Los resultados previamente calculados con los tres algoritmos ayudaron a verificar qué agrupamiento lograba separar mejor las instancias mejor resueltas para cada algoritmo. Finalmente, se encontró que el agrupamiento se encontró al tomar las métricas *d* y *f*, extraídas de Cruz [2004], ya que logró separar de mejor forma las instancias que eran mejor resueltas por cada algoritmo. Las ecuaciones (1) y (2) corresponden a las métricas *d* y *f*, respectivamente.

$$d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left[t-\left(\frac{s_i}{c}\right)\right]^2}{n}} \tag{1}$$

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{n} s_i/n}{c} \tag{1.1}$$

Donde *d* expresa el grado de la dispersión de los valores de los tamaños de los objetos de una instancia, *n* corresponde al número de objetos, s_i es el tamaño del objeto *i*, *c* es la capacidad del contenedor y *t* corresponde relación entre el tamaño promedio de los objetos de una instancia y el tamaño del contenedor.

$$f = \frac{\sum_{i=1}^{n} factor(c,s_i)}{n} \tag{2}$$

$$factor\ (c,s_i) = \begin{cases} 1 \text{ si } (c\ mod\ s_i) = 0 \\ 0 \text{ en caso contrario} \end{cases} \tag{2.1}$$

donde *f* expresa la proporción de objetos cuyos tamaños son factores de la capacidad del contenedor; se entiende que un objeto *i* es un factor cuando la capacidad del contenedor *c* es múltiplo de su correspondiente tamaño de objeto s_i. En general, las instancias con muchos factores se consideran fáciles de resolver.

f) Extracción de patrones

El modelado con *k-means* permitió obtener 4 patrones que ayudaron a determinar qué algoritmo resuelve mejor cada instancia de prueba. De acuerdo a los resultados obtenidos el centroide 1 permite identificar a las instancias mejor resultas con el algoritmo WFD, los centroides 2 y 3 a las instancias mejor resueltas con BFD y el centroide 4 a las instancias mejor resueltas con FFD. El conjunto de centroides finales se presenta en la Tabla 1.

 ISSN 2007-8102

Tabla1. Patrones extraídos del modelo

Centroides	*d*	*f*
Centroide 1	0.5432	0.00114
Centroide 2	0.3337	0.03040
Centroide 3	0.1445	0.05397
Centroide 4	0.04212	0.01909

Heurística que selecciona el algoritmo campeón

El proceso que realiza la heurística para obtener el resultado se muestra en la Figura 2, donde dada una instancia de prueba: a) se calculan los valores de las métricas *d* y *f* , b) dados los valores obtenidos en las métricas, se calcula la distancia que existe de las características de la instancia de prueba, hacia cada uno de los centroides obtenidos en la fase de extracción de patrones y se asigna al patrón cuya distancia sea menor, lo cual permite elegir el algoritmo que mejor resuelve a la instancia. Posteriormente, c) se calcula automáticamente la solución de la instancia, con el algoritmo seleccionado previamente. A continuación se describe cada fase de la heurística.

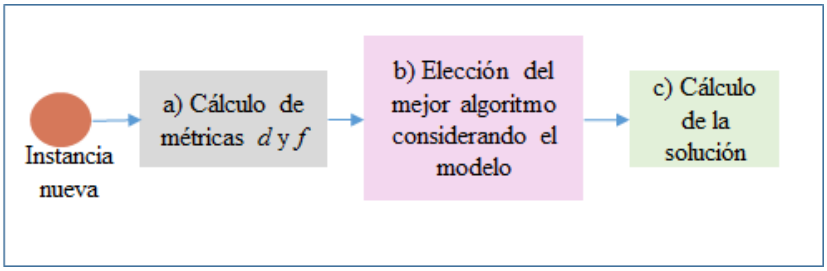


Figura 2. Fases de la heurística que elige el algoritmo campeón.

a) Cálculo de métricas *d* y *f*

Dada una instancia de prueba, se calculan los valores de las métricas *d* y *f* (ver ecuaciones 1 y 2, respectivamente).

b) Elección del mejor algoritmo

Obtenidos los valores de las métricas se calcula distancia entre las características de la instancia y los 4 patrones encontrados, para determinar cuál es el grupo al que más se asemeja a la instancia, de acuerdo a las características *d* y *f*. Para determinar la distancia se utilizó la distancia euclidiana (ecuación 3).

$$d(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}) = \sqrt{(x_1 - y_2)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \cdots + (x_n - y_n)^2} \quad (3)$$

Donde los objetos de interés son puntos en el espacio n-dimensional, esto es $\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ y $\boldsymbol{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, x_n y y_n son números reales [Wei et al., 2011].

Una vez identificado el centroide más cercano a la instancia de prueba, se eligió el algoritmo que de acuerdo a los patrones, es el que obtiene el mejor resultado.

c) Cálculo de la solución

En esta fase sólo se realiza la ejecución del algoritmo elegido automáticamente y se muestra en pantalla el número total de contenedores y el acomodo de objetos en éstos, ver figura 3.

 ISSN 2007-8102

```
[179,175,129,128,39],[178,177,176,173,172,168,165],[174,148,142,141,58],[171,111,14],[170
,112,13],[169,164,163,160,161,162,159,71],[167,113,15],[166,114,16],[158,156,157,154,150,
60],[155,131,130,50],[152,134,133,51],[153,115,18],[151,116,20],[149,117,21],[147,119,23]
,[146,118,22],[145,135,136,56],[144,138,137,57],[143,120,24],[140,122,28],[139,121,27],[1
32,124,29],[127,126,38],[125,123,37],[110,4],[109,3],[108,0],[107,2],[106,1],[105,8],[104
,6],[103,5],[102,7],[101,11],[100,9],[99,10],[98,12],[97,17],[96,19],[95,25],[94,26],[93,
30],[92,36],[91,31],[90,32],[89,35],[87,34],[88,33],[86,40],[84,48],[85,41],[83,42],[81,4
5],[82,43],[80,44],[79,46],[78,47],[77,49],[76,55],[75,52],[74,54],[73,53],[72,59],[70,61
],[69,62],[68,66],[67,65],[64,63]].
Total de Cajas: 68.
```

Figura 3. Acomodo de los objetos en los contenedores y total de contenedores utilizados.

Validación de la heurística

Para validar el funcionamiento de la heurística se realizaron pruebas con el 30% de las instancias que fueron separadas para probar el modelo. De tal forma que del conjunto *Hard28* se evaluaron 8 instancias, 20 instancias de las tripletas, 20 del conjunto *uniforms*, 30 del conjunto *sch_wae1*, 30 del conjunto *sch_wae2*, 132 del conjunto *Set1*, 120 del conjunto *Set2* y 3 del conjunto *Set3*.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de ejecutar las instancias de prueba. La columna Nombre corresponde al nombre del conjunto de instancias, No. Instancias corresponde al número de instancias que se ejecutaron en la prueba, FFD, BFD y WFD corresponden al número de instancias que fueron resueltas por los algoritmos *First Fit Decreasing*, *Best Fit Decreasing* y *Worst Fit Decreasing*, respectivamente; Mejor corresponde al número de instancias que alcanzaron la mejor solución, respecto a los tres algoritmos de prueba. Los resultados mostraron que las 8 instancias del conjunto *Hard28* fueron resueltas por el algoritmo *Best Fit Decreasing* y las 8 alcanzaron la mejor solución. Para el conjunto *triplets* las 20 instancias fueron resueltas con el algoritmo *First Fit Decreasing* y todas alcanzaron el mejor valor. Para el conjunto *uniforms* las 20 instancias se resolvieron con *Best Fit Decreasing* y también alcanzaron su mejor valor. Para los conjuntos *sch_wae1* y *sch_wae2*, el algoritmo que mejor las resolvió fue *First Fit Decreasing*. En el caso del conjunto *Set1*, 114 instancias fueron resueltas con *Best Fit Decreasing*, y 18 con *Worst Fit Decreasing*, pero 2 de las instancias no alcanzaron la mejor solución. Para el conjunto *Set2*, 102 instancias fueron resueltas con *First Fit Decreasing* y 18 con BFD, sin embargo, 3 instancias no alcanzaron su mejor solución (resaltado en amarillo). Finalmente, para el *Set3*, las 3 instancias fueron resueltas con *First Fit Decreasing* y las tres alcanzaron su mejor solución.

Tabla 2 Resultados para el conjunto de instancias hard28

Nombre	No. instancias	FFD	BFD	WFD	MEJOR
Hard28	8	0	8	0	8
triplets	20	20	0	0	20
uniforms	20	0	20	0	20
sch_wae1	30	30	0	0	30
sch_wae2	30	30	0	0	30
Set1	132	0	114	18	130
Set2	120	102	18	0	117
Set3	3	3	0	0	3

Los resultados evidencian en gran medida que con la ayuda de la heurística es posible determinar qué algoritmo resuelve mejor una instancia de prueba, dejando a un lado tener que comparar manualmente los algoritmos entre ellos. La utilización de métricas muestra que es posible generar modelos que, a partir de las características de las instancias, permitan generar estrategias para reducir el costo computacional de la heurística. Se obtuvo, de acuerdo a los experimentos realizados, un 98% de precisión, utilizando la heurística propuesta.

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se considera aplicar la nueva heurística a diferentes instancias de prueba etiquetadas como difíciles de resolver para encontrar diferentes tipos de soluciones al problema de *Bin Packing*. Robustecer la heurística implementando otros algoritmos que no sean propiamente deterministas.

Conclusiones

La heurística desarrollada contribuye en identificar qué algoritmo resuelve mejor una instancia de *Bin Packing* basado en los resultados obtenidos de las diferentes métricas aplicadas, y la distancia de los patrones finales de la evaluación con el algoritmo *k-means*. Resuelven mejor cada instancia de prueba en el proyecto da una mayor rapidez a la evaluación de instancias difíciles en el problema de *Bin Packing* de una dimensión.
Con el desarrollo de este proyecto, se mostró que el problema de *Bin Packing* puede ser resuelto con programación lógica, utilizando métricas que favorezcan a la experimentación con ayuda del algoritmo *k-means*, dando como resultando obtener el mejor algoritmo para cada instancia, evitando utilizar tiempo en la ejecución de todos los algoritmos cuando se requiere ejecutar una metaheurística más robusta.

Referencias

1. Niluka P. Rodrigo, Wasantha B. Daundasekera, Athula I. Perera. (2018) One-Dimensional Bin-Packing Problems with Branch and Bound Algorithm, International Journal of Discrete Mathematics, 3(2): 36-40.
2. J. B. Beasley. (2019) The operational research library. http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/orlib/binpackinfo.html. Última visita: junio de 2019.
3. L. Cruz. (2004) Clasificación de algoritmos heurísticos para la solución de problemas de Bin Packing. Tesis Doctoral, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, México.
4. Dresden University. (2019) Cutting and packing. http://www.math.tu-dresden.de/~capad/, última visita: junio de 2019.
5. ESICUP. (2019) Euro especial interest group on cutting and packing, https://www.euro-online.org/websites/esicup/data-sets/, última visita: junio de 2019.
6. IBM SPSS. (2019) https://www.ibm.com/mx-es/analytics/spss-statistics-software, fecha de consulta: junio 2019.
7. D. S. Johnson. (1973) Near-optimal Bin Packing algorithms. Tesis Doctoral, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
8. R. Klein and A. Scholl. (2019) Bin Packing. http://www2.wiwi.uni-jena.de/Entscheidung/binpp/index.htm, Última visita: junio de 2019.
9. A. Scholl, R. Klein, and C. Jürgens. (1997) Bison: a fast hybrid procedure for exactly solving the one-dimensional Bin Packing problem. Computers & Operations Research, 24(7):627–645.
10. P. Schwerin and G. Wäscher. (1997) The Bin-Packing problem: a problem generator and some numerical experiments with FFD packing and MTP. International Transactions in Operational Research, 4(5-6):337–389.
11. Triska Marcus, Home Page of Marcus Triska, Delayed column generation example, Task and strategy, knap.pl, 2005, https://www.metalevel.at/various/colgen/binpack/knap.pl, fecha de consulta: Noviembre 2018.
12. Pérez J., Castillo H., Zavala C., Vilariño D., Mexicano A., Martínez A., Estrada H. (2016) Una nueva estrategia heurística para el problema de bin packing, Ingeniería Investigación y Tecnología, 17(2):155-168.
13. Wei M., Xia L., y Su J. (2011) Research on the Application of Improved K-Means in Intrusion Detection, en memorias de ICICA 2011, Part I, CCIS 243, pp. 673–678.
14. WSI-Prolog, (2019) http://www.swi-prolog.org/, última visita: junio 2019.

Modelado de componentes de software para el sector automotriz basado en SysML

S. I. Fernández Gregorio[1], L. A. Morales Rosales[2], K. V. Sánchez Díaz [3]*, I. Algredo Badillo[4], *K. P. Álvarez Villagómez [5]*
[1]Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Av. Ignacio de la Llave 182, Col. Centro, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México
sfernandez@tecmartinez.edu.mx
[2]Conacyt-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J Múgica S/N, 58004, Morelia Michoacán, México
**lamorales@conacyt.mx*
[3]Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Av. Ignacio de la Llave 182, Col. Centro, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México
dkarla404@gmail.com
[4] Conacyt-Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Luis Enrique Erro #1, Sta María Tonanzintla, C.P. 72840, Puebla, México
ialgredo@conacyt.mx
[5]Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Av. Ignacio de la Llave 182, Col. Centro, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México
palvarez@tecmartinez.edu.mx

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

En el sector automotriz con la implementación de nuevas tecnologías tanto en vehículos conectados y vehículos autónomos, requiere de modelos en el diseño automotriz que se adapte a nuevos comportamientos. En el sector automotriz ya existen modelos que ayudan al proceso de desarrollo. Sin embargo, no consideran algunos elementos que contribuyan a mantener la flexibilidad del modelado de software al incluir nuevos componentes conservando la semántica. En esta investigación, se presenta un análisis de lenguajes formales para el modelado de componentes en el sector automotriz. El análisis evalúa la flexibilidad de diseño mediante el uso de diagramas que permitan integrar procesos, tecnologías y elementos de software para el diseño de aplicaciones de vehículos conectados y autónomos. El resultado del análisis permitió elegir SysML como lenguaje de modelado para el sector automotriz.

***Palabras clave**: vehículos autónomos y conectados, SysML, sector automotriz, modelado de componentes.*

Abstract

In the automotive sector the implementation of new technologies for connected and autonomous cars, requires design models that can be adapted to new behaviors. In the automotive sector there are already models that help in the development process. However, they do not consider some elements that contribute to maintaining the flexibility of software modeling by including new components while preserving semantics. In this research, an analysis of formal languages for the modeling of components in the automotive sector is presented. The analysis evaluates the flexibility design through the use of diagrams to integrate processes, technologies and software elements for connected and autonomous car applications. The result of the analysis determined that the formal language SysML presents a robust modeling for the automotive sector.

***Key words**: autonomous and connected vehicles, SysML, automotive sector, modeling.*

Introducción

Las nuevas tecnologías han llegado a cambiar la vida cotidiana, se ha apostado por tecnologías que se creen van a cambiar más la vida de las personas. Entre esas tecnologías se encuentran los automóviles conectados y

autónomos, lo que antes se creía era ciencia ficción hoy es una realidad. La aparición de estos nuevos vehículos se cree tendrá un impacto importante en un futuro en la manera en que nos transportamos. Sin embargo, la implementación de las nuevas tecnologías, en este tipo de vehículos requiere de modelos en el diseño automotriz que se adapte a estos nuevos comportamientos. Esto lleva a que se plantee la pregunta, ¿Se pueden integrar nuevos componentes de tal manera que se tengan arquitecturas flexibles y escalables? Este y otros problemas implica la revolución tecnológica que se está teniendo actualmente. Por lo tanto, en el sector automotriz se requieren modelos en el diseño que se adapte a estos nuevos comportamientos de los automóviles autónomos y conectados. En el sector automotriz ya existen modelos que ayudan al proceso de desarrollo, sin embargo algunas veces no son del todo aplicables para las nuevas tecnologías, ya que no se preserva la semántica o no son flexibles para integración de nuevos componentes. Es por ello que este trabajo tiene como propósito y principal objetivo, identificar componentes formales para el desarrollo de un marco de referencia aplicado al diseño de aplicaciones de software para vehículos conectados y autónomos. Para lograrlo se ha realizado un análisis de distintos lenguajes formales de modelado. A partir del análisis se determinó que el lenguaje formal SysML es adecuado para identificar los elementos de diseño que se adapten al modelado en el sector automotriz con la integración de nuevas tecnologías, estándares, procesos, entre otros. Esto permite que dentro del diseño se puedan crear modelos que tengan arquitecturas flexibles y escalables para adaptarse a nuevos cambios que traen consigo los nuevos componentes.

Comparativa entre trabajos relacionados

En la tabla 1 se comparan los trabajos más relevantes que reúnen atributos para ser aplicados en el desarrollo de software para el sector automotriz. El trabajo de Katumba & Knauss (2014), tiene como objetivo comprender como funciona la aplicabilidad de los métodos agiles al desarrollo de software automotriz. Además, presenta desafíos y oportunidades que implica la introducción de prácticas de desarrollo de software ágil. Por otra parte, Dajsuren (2015) presenta un informe en el cual, el objetivo es estudiar el lenguaje de descripción de arquitectura (ADL) y el marco de arquitectura. Un ADL se utiliza para describir y presentar arquitecturas de sistemas y software. Mientras que el marco de arquitectura proporciona convenciones, principios y prácticas que ayudan a describir arquitecturas dentro de un dominio específico y/o comunidad de partes interesadas. En otro caso, en el trabajo Boulanger & Van(2007), se habla acerca de cómo la electrónica es en realidad el origen de las innovaciones tecnológicas en sistemas automotrices. En el informe se habla acerca de cómo la tendencia en el software se ha ido incrementando por los requisitos. Es importante tener en cuenta los requisitos al momento de desarrollo en sistemas automotrices, ya que se deben de respetar estándares de seguridad automotriz. Asimismo, durante el proceso de desarrollo, es indispensable estudiar los requisitos previos para así poder mantener la validación y trazabilidad del producto. Un trabajo más es el de Majchrzak & Stilger (2017), en él se ilustran ejemplos de los diferentes usos de la metodología Kanban. El nombre "Kanban" se origina en japonés y podría traducirse como "cartel" o "cartelera". Es un mecanismo de control de flujo para producción "justo a tiempo" impulsada por tracción. La idea detrás de Kanban es ejecutar los principios Lean en la práctica. Por último, en la propuesta de este artículo, se han incluido todos los elementos necesarios para el correcto modelado en el sector automotriz. El resultado de este trabajo refleja una relación específica para modelado automotriz, lo que no se presenta en todos los trabajos, además, también se consideran metodologías que se puedan adaptar al desarrollo de proyectos automotrices, lo que no se considera en los otros trabajos. Así se tiene como resultado un proyecto que especifica productos que se adapten de manera adecuada al modelado automotriz.

Definición de nomenclatura: Métodos ágiles de software: MAS; Ingeniería Concurrente: IC; Ingeniería de software: IS; Autosar: AU; Architecture Framework (Marco de Arquitectura): AF; Metodologías en el sector automotriz: MSA; Architecture Description Language (Lenguajes de descripción de arquitectura): ADL; Lenguajes formales (UML, SysML, SPEM): LF.

Tabla 1. Tabla comparativa entre los trabajos relevantes al objeto de estudio

	MAS	IC	AU	AF	IS	MSA	ADL	LF
1. *Katumba & Knauss, (2014)*	✓				✓			
2. *Dajsuren (2015)*			✓	✓	✓		✓	✓
3. *(Boulanger & Van (2007)*					✓		✓	✓
4. *Majchrzak & Stilger, (2017)*	✓				✓			

5. *Propuesta*	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓

Metodología

Análisis y selección del lenguaje formal para modelar componentes de software.

Un lenguaje formal está formado por un conjunto de símbolos primitivos y reglas. Los lenguajes formales seleccionados para su análisis permiten modelar el comportamiento de un sistema o modelar procesos de negocios. Cada lenguaje está formado por un conjunto de elementos o símbolos y definen un conjunto de reglas que especifican lo que debe de realizar cada elemento. Por lo tanto, en esta etapa se ha realizado el análisis de diversos lenguajes formales tales como BPMN, SPEM, UML y SysML; de estos se determinó el lenguaje y diagramas, adecuados para modelar el comportamiento o la interacción de los componentes de los vehículos autónomos y conectados.

Selección de los elementos para el marco formal de trabajo aplicados al entorno automotriz.

Considerando el lenguaje seleccionado, se analizaron los diagramas correspondientes al lenguaje. El análisis contempla nueve diagramas: Diagrama de definición de bloque, Diagrama de bloques interno, Diagrama de caso de uso, Diagrama de actividad, Diagrama de secuencia, Diagrama de máquina de estados, Diagrama paramétrico, Diagrama de requisitos, Diagrama de paquetes. Cada diagrama tiene un objetivo específico permitiendo la interpretación de ellos, por lo que se consideraron todas sus características y aportaciones para seleccionar los adecuados para modelar en el sector automotriz.

Modelado de interacciones de los componentes de aplicaciones de software para vehículos conectados y autónomos

Como última actividad, se tomaron los diagramas seleccionados para el modelado en el sector automotriz, y se consideró una situación del mundo real de este sector. Se realizó el modelado de la problemática de los diagramas seleccionados para confirmar la correcta selección de los diagramas.

Resultados y discusión

Existen diferentes lenguajes formales, estos proveen sistemas de arquitecturas, trabajan con objetos y elementos que van a ayudar al análisis y diseño de un sistema. Con ellos se especifica, visualiza, construye y documenta el proceso de desarrollo de sistemas de software. Por lo tanto se analizaron algunos lenguajes formales de modelado que de acuerdo a sus características, seleccionar el lenguaje formal adecuado al entorno automotriz.

Se consideraron los lenguajes formales BPMN, SPEM, UML y SysML. BPMN (Business Process Model and Notation) esta notación fue concebida para mejorar la comunicación entre los sectores y las personas, debido a que estructura y muestra el proceso y las fases que este tiene. Esta notación especifica el proceso de negocio en un diagrama que va a ser fácil de leer tanto para los usuarios técnicos como para los usuarios de negocios (Contreras Carrera, 2014). SPEM (Software Process Engineering Metamodel), es un framework para instanciar procesos. Tiene como objetivo satisfacer un gran número de métodos y procesos de desarrollo de software o sistemas sin tener que agregar características específicas para dominios o disciplinaras particulares. Este framework es una especificación de OMG (Object Management Group) que a su vez está basado en MOF (MetaObject Facility) y es un metamodelo UML (Uniform Model Language). Spem proporciona una sintaxis y estructura para cada aspecto de procesos de desarrollo. SPEM ofrece numerosas ventajas, por ejemplo está basado en UML además favorece la comunicación y el entendimiento de los involucrados en el proceso (Menéndez Domínguez, 2015). UML (Unified Modeling Language) es el lenguaje de modelado más conocido y utilizado en la actualidad, este está respaldado por el OMG (Object Management Group), es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software. Es importante resaltar que es un lenguaje para especificar y no para describir métodos o procesos. Ya que se utiliza para definir sistemas de software, detallar artefactos, documentar y construir, en otras palabras, es el lenguaje en el que esta descrito el modelo (Rumbaugh, J., 2000)). SysML este es un lenguaje de modelado gráfico de propósito general que tiene como función especificar analizar, diseñar y verificar sistemas complejos que además puedan incluir hardware, software o cualquier otro tipo de proceso. Su objetivo es dar técnicas para el modelado en gran variedad de

sistemas asimismo no contempla específicamente la dirección de proyectos de ingeniería de sistemas, es decir, aspectos como la planificación, gestión de riesgos, entre otros.

Modelado en SysML

En la tabla 2, se presenta una comparativa entre SysML y otros lenguajes formales. A partir de este análisis y el expuesto en la tabla 1 determina que los elementos de SysML son adecuados para el modelado en el sector automotriz (Dajsuren, Y., 2015). SysML no fue diseñado específicamente para el entorno automotriz pero por sus características permite integrar, software, hardware, componentes, y objetos, lo hacen el adecuado para este sector.

Tabla 2. Tabla comparativa de los lenguajes formales.

Cuadro comparativo					
	Ventajas	**Objetivo**	**Elementos**	**Diagramas**	**Otras características**
BPMN	• Permite mayor flexibilidad a la hora de trabajar. • Dota al proceso de más agilidad. • Da respuesta a muchos problemas que surgen de las organizaciones como el tiempo de ejecución de los procesos o los constantes cambios y exigencias de los clientes.	La notación BPMN específica el proceso de negocio de un diagrama en el que es fácil de leer tanto para los usuarios técnicos como para los usuarios de negocios. Es intuitivo y permite la representación de detalles complejos del proceso.	▪ Objetivos de flujo ▪ Objetivos de conexión ▪ Swim lanes ▪ Artefactos ▪ Objetivos de datos	➢ Objetivos de flujo	❖ Procesos estandarizados ❖ Comunicación clara y certera de la ejecución
SEPM	• Permite modelar los procesos de desarrollo de software permitiendo así una comunicación efectiva y la aceptación por todo el equipo de desarrollo. • Los resultados de su utilización son procesos bien definidos que ayudan a mejorar la calidad, disminuir los costos cumplir las metas.	Framework que permite instanciar procesos. Su objetivo es satisfacer un gran rango de métodos procesos de desarrollo de software o sistemas, sin agregar características específicas para dominios o disciplinas particulares.	▪ Producto de trabajo ▪ Definición de trabajo ▪ Activity ▪ Ejecutor de proceso ▪ Rol de proceso ▪ Paquete de procesos ▪ Guía ▪ Componente de proceso ▪ Proceso ▪ Disciplina		❖ Contenido metodológica ❖ Guías ❖ Método o metodología
UML	• Mejores tiempos totales de desarrollo (de 50% o más). • Modelar sistemas (no solo de software) utilizando conceptos orientados a objetos. • Establecer conceptos y artefactos ejecutables. • Crear un lenguaje de modelado utilizado tonto por humanos como por máquinas. • Alta reutilización minimización de costos.	Es un lenguaje para especificar y no para describir métodos o procesos. Se utiliza para definir un sistema de software, para detallar los artefactos en el sistema y para documentar y construir. En otras palabras, es el lenguaje en el que esta descrito el modelo.	▪ Elementos estructurales ▪ Elementos de comportamiento ▪ Elementos de interacción	➢ Clases ➢ Componentes ➢ Objetos ➢ Estructura compuesta ➢ Despliegue ➢ Paquetes ➢ Actividades ➢ Casos de uso ➢ Máquinas de estados ➢ Secuencia ➢ Interacción ➢ Comunicación ➢ Tiempo	Relaciones: ❖ Relación de dependencia ❖ Relación de asociación ❖ Relación de generalización ❖ Relación de realización Vistas: ❖ Vista Use-Case ❖ Vista lógica ❖ Vista de componentes ❖ Vista concurrente ❖ Vista de distribución
SysML	• Expresa mejor la semántica de la ingeniería de sistemas. • Soporta varios tipos de asignaciones. • Soporta la especificación de	Dar técnicas de modelado en una gran variedad de sistemas entre los que se incluyen equipos físicos, software, datos, personas,	▪ Diagramas de comportamiento ▪ Diagrama de requisitos ▪ Diagramas de estructura	➢ Actividades ➢ Secuencia ➢ Máquina de estados ➢ Casos de uso ➢ Requisitos	Es riguroso en la semántica y uso de la notación, pero a la vez busca la flexibilidad de adopción por la

	modelos, visitas y puntos de vista.	procedimientos, e instalaciones; además no contempla específicamente la dirección de proyectos de ingeniería de sistemas.		➢ Definición de bloque ➢ De bloque interno ➢ Paramétrico ➢ Paquetes	industria

SysML cuenta con nueve diagramas: De actividades, de secuencia, de máquinas de estados, de casos de uso, de requisitos, de definición de bloque, de bloque interno, paramétrico, de paquete. Por lo tanto, se ha realizado el modelado de los diagramas que se ajustan a las condiciones del entorno automotriz. De acuerdo a las características del lenguaje es posible modelar comportamientos, requisitos, componentes, comportamientos, actividades de sensores; todos del sector automotriz. Por lo tanto, a continuación se presentan los diagramas seleccionados en los que se representa un sistema automotriz del mundo real.

Diagrama de paquetes

Para comenzar el modelado en SysML se parte del modelado de paquetes. Los elementos que se consideran son: 1) Requisitos: como su nombre lo indica, contiene el diagrama que muestra los requisitos que el vehículo debe cumplir. 2) Comportamiento: Contiene los diagramas que modelan el comportamiento de los componentes del vehículo. Estos diagramas son el de actividades, secuencia, máquina de estados y casos de uso. 3) Estructura: Contiene los diagramas que modelan la estructura de los vehículos. Es decir. Muestran los componentes que lo conforman y cómo interactuar entre ellos. Los diagramas son el de definición de bloques y de bloques internos.

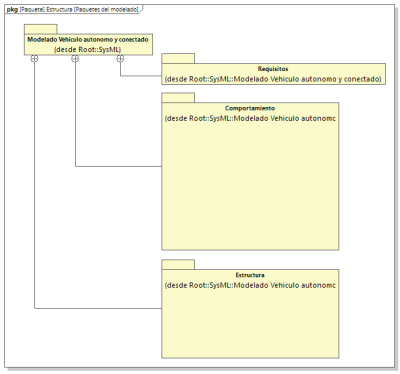


Figura 1. Modelado de paquetes.

Diagrama de requisitos

Todo proyecto debe de comenzar con los requisitos, ya que son el primer paso en el diseño de un producto. Su objetivo es dar a conocer una necesidad sobre lo que se va a desarrollar. Para mostrar cómo interactúan los componentes y elementos en el desarrollo automotriz, se muestran un diagrama de requisitos en la figura 2. Los requisitos varían de acuerdo a cada fabricante de autos y proveedores. Se considera: 1) Requisitos de funcionamientos: Navegación precisa, Reconocimiento de líneas de carril y señalamientos, Asistencia de manejo, 2) Requisitos de seguridad: Sensores, Sistema de visión nocturna, Algoritmos de detención de eventos, Clúster de instrumentos, y 3) Requisitos de servicio: Entretenimiento, Telemática.

 ISSN 2007-8102

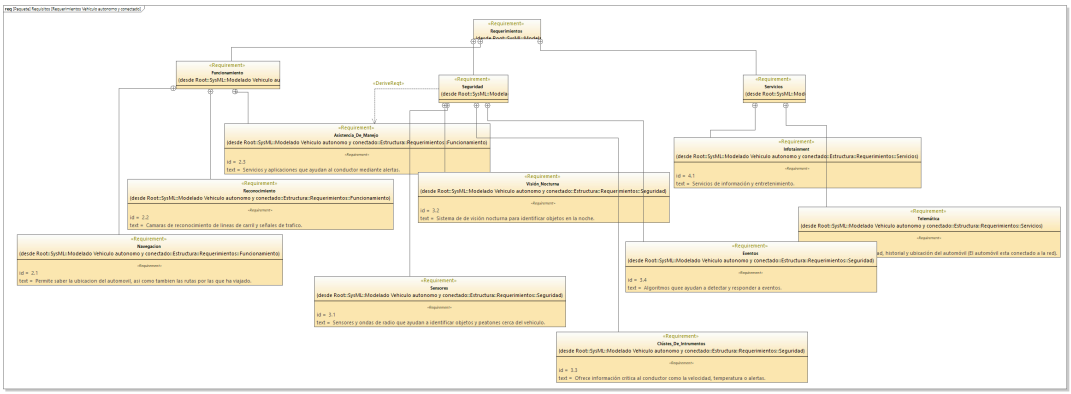


Figura 2. Modelado de requisitos

Diagramas de estructura

Este diagrama es el encargado de mostrar los componentes del modelo y sus interacciones. Así como también da a conocer la estructura de cada componente y el cómo está conformado. De manera general y de acuerdo a los requisitos previamente establecidos se establecieron los siguientes componentes: 1) Sensores: la función de los sensores es llevar la información a la unidad electrónica de control. Esta información va de acuerdo a la función del sensor. De manera que el vehículo pueda realizar ciertas funciones o detectar errores en algunos componentes. 2) ADAS: El sistema avanzando de asistencia a la conducción está integrado por diferentes componentes y aplicaciones. Tiene como función el mejorar la seguridad automovilista al conducir y así evitar accidentes. 3) Cámaras: La función de este componente es reconocer elementos. Como líneas de carril y señales de tráfico. 4) Radares: Los radares son un sistema que utiliza ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidad. 5) GPS: Es uno de los componentes más importantes del automóvil. El GPS posibilita marcar una ruta a seguir y así asegurar que el vehículo sigue la ruta establecidas y por el carril que tiene que circular. También te sitúa de manera correcta y reconoce la ubicación en tiempo real. 6) Infrarrojo: Con el sistema de infrarrojo se activa la visión nocturna cuya función es el detectar objetos a larga distancia en la noche. 7) Software: Es el encargado de detectar y responder a eventos mediante alertas al conductor. Así como también es el encargado del entretenimiento. En la figura 3 se muestran los compontes que estructuran el vehículo y cómo interactúan unos a otros para poder realizar las funciones. De igual forma, algunos componentes dependen del trabajo de otros.

Diagramas de casos de uso

Una vez que se definieron los diagramas de la estructura del modelo, el primer diagrama de comportamiento a realizar es el de casos de uso, ver figura 4. Estos diagramas sirven para mostrar el comportamiento del sistema mediante la interacción con agentes externos (actores).

Diagramas de secuencia

El diagrama de secuencia es parecido al diagrama de casos de uso, ya que ambos muestran posibles escenarios y la reacción que va a tener el modelo ante ese posible escenario. Con la diferencia que este diagrama expresa información sobre el comportamiento del modelo con los componentes que interactúan en este comportamiento. En la figura 5 se muestran a los actores y componentes del modelo representados por líneas de vida, que representan una instancia y la interacción que tiene con otras líneas de vida al intercambiar mensajes. Estas líneas de vida representan las propiedades de un bloque; es decir, los componentes del modelo. En el diagrama vemos como los actores interactúan con estos componentes para modelar una secuencia de interacciones entre los distintos objetos. Con el objetivo de lograr alguna tarea o en este caso los escenarios del caso de uso.

Diagramas de estado de máquinas

Este diagrama ayuda a describir el comportamiento de estado de un bloque. Es decir, describe los estados que pueden tener un componente y cómo cambia de acuerdo al estado en el que se encuentre.

 ISSN 2007-8102

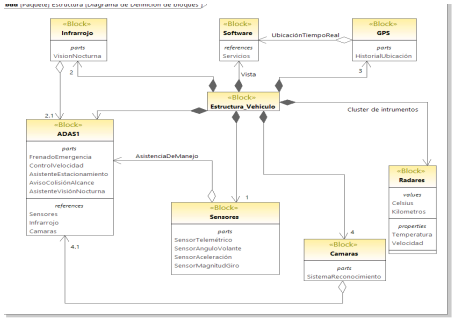


Figura 3. Modelado de estructura.

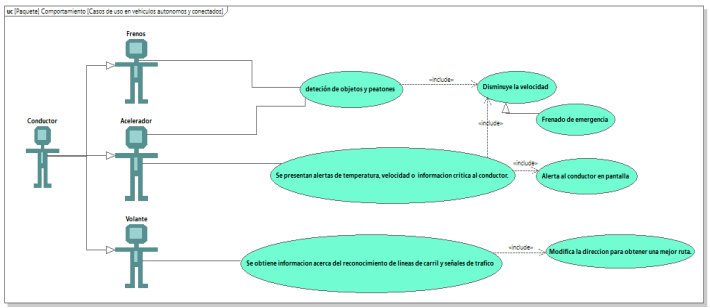


Figura 4. Modelado de casos de uso.

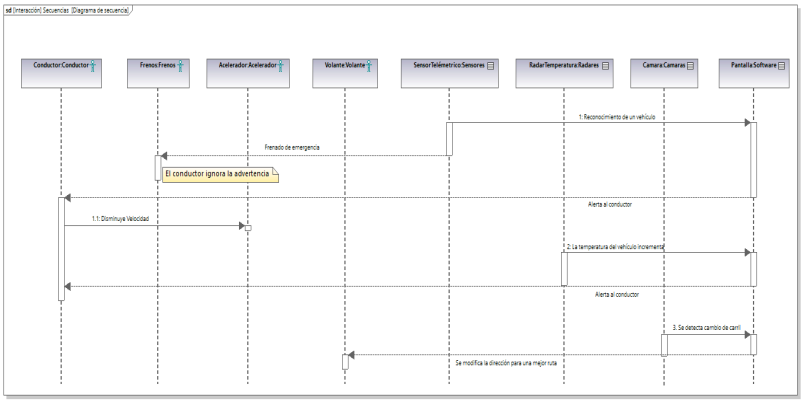


Figura 4. Modelado de secuencia.

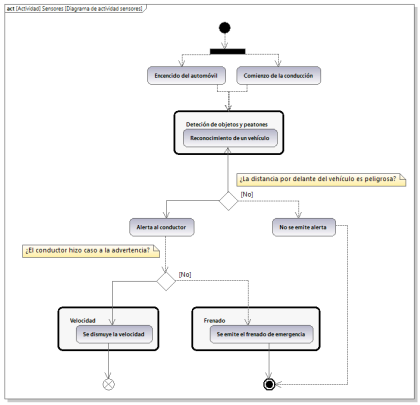


Figura 5. Modelado de actividades.

En la figura 6 se representan los estados del vehículo cuando se presenta cierta situación en la que se activa el frenado de emergencia. Se comienza desde el encendido del vehículo para luego pasar al momento en que se conduce y acelera. Al momento en que uno de los sensores detecta a un vehículo cercano se presentan dos situaciones, una donde el conductor hace caso a la alerta y baja la velocidad para evitar un accidente y donde el conductor hace caso omiso a esa alerta y en ese momento se emite el frenado de emergencia

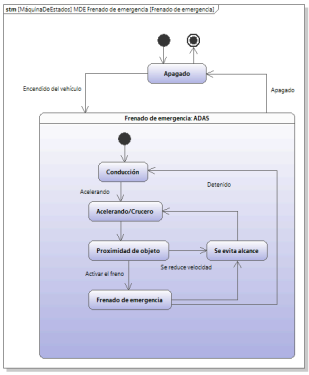


Figura 6. Modelado de estado de máquinas.

Trabajo a futuro

Al seleccionar los elementos adecuados será posible incluirlos en un marco formal de trabajo el cual sea aplicado al entorno automotriz. De tal manera estará disponible una herramienta que se adecue al modelado en el sector automotriz. Además, el desarrollo de un marco de trabajo no solo ayuda al sector automotriz, si no que va a permitir generar nuevas oportunidades para futuras investigaciones. Se recomienda continuar estudiando sobre los procesos, tecnologías y elementos en torno al software de vehículos autónomos y conectados. También se recomienda, profundizar más en los lenguajes formales y de ser necesario realizar modelos con

ellos, así se podrían realizar comparaciones para concluir cuál lenguaje ofrece elementos de seguridad en el modelado de sistemas.

Conclusiones

En el sector automotriz es importante la inclusión de nuevas tecnologías en los automóviles autónomos y conectados. Por lo tanto, es sustancial el análisis y diseño del software automotriz. En este artículo se muestran los diagramas seleccionados a partir de un lenguaje formal de modelado (SysmL). El primer aspecto que se consideró fue la selección de lenguaje formal (SysML). En consecuencia se analizaron los diagramas del lenguaje SysML, tales como, de secuencia, de máquinas de estados, de casos de uso, de requisitos, de definición de bloque, de bloque interno, paramétrico, y de paquete. De acuerdo al objetivo buscado se determinaron siete diagramas que son adaptables al entorno automotriz, que son: de paquetes, de requisitos, de estructura, de casos de uso, de secuencia, de actividades y de estados de máquinas. Con el diagramado de un caso del sector automotriz se pudo comprobar que es posible diseñar componentes, situaciones o proyectos del entorno automotriz. La industria automotriz es muy extensa, sin embargo para el modelado en este sector hay poca investigación sobre el tema. En cuanto al modelado, a pesar de que existen modelos y metodologías que ayudan a los procesos de desarrollo de software centrada al sector automotriz, algunas no son del todo aplicables en algunos proyectos. Al determinar los diagramas de modelado para el sector automotriz es posible delimitar el modelado necesario para un proyecto de este sector, evitando el diseño innecesario de diagramas y obtener resultados improductivos.

Referencias

1. Asociación Española de Aparcamiento y Garajes. (2015). Coches conectados y autónomos. APARCAR(47), 6-8.
2. Boulanger, J. L., & Van, Q. D. (2007, July). A requirement-based methodology for automotive software development. In Int. Conf. on Modeling of Complex Systems and Environments, Ho Chi Minh City, Vietnam, July (Vol. 7).
3. Contreras Carrera, R. (2014). Guía para modelar procesos y procedimientos bajo el estándar BPMN 2.0. Documento de referencia, Jalisco.
4. Dajsuren, Y. (2015). On the design of an architecture framework and quality evaluation for automotive software systems. Tesis Doctoral, Eindhoven University of Technology.
5. Delligatti, L. (2013). SysML distilled: a brief guide to the systems modeling language. Indiana: Addison Wesley.
6. Galván, P. (Agosto de 2017). Tecnologías detrás del automóvil conectado. Software Guru, 20-23. Obtenido de www.sg.com.mx
7. Katumba, B., & Knauss, E. (2014). Agile Development in Automotive Software Development: Challenges and Opportunities. Suecia: Departamento de informática e ingeniería de Chalmers.
8. López, V., Fernández, J., Sánchez, R., & Antuña, R. M. (2017). Guía Metodológica DFMA. Asturias: Fundación Prodintec: Centro Tecnológico para el Diseño y la Producción Industrial de Asturias.
9. Majchrzak, M., & Stilger, Ł. (2017). Experience Report: Introducing Kanban into Automotive Software Project. e-Informatica Software Engineering Journal.
10. Menéndez Domínguez, V. H., & Castellanos Bolaños, M. E. (2015). SPEM: Software Process Engineering Metamodel. México: Revista Latinoamericana de ingeníera de software.
11. Montoro González, L., Lijarcio, I., Bosó, P., López, C., & Bertolín, A. M.-B. (s.f.). Coche autónomo, seguridad vial y formación de conductores.
12. Ramírez, L. (2016). Vehículos Autónomos. Universidad Católica: "Nuestra señora de la Asunción", Departamento de Electrónica e Informática, Paraguay.
13. Reschka, A., Maurer, M., & Köster, F. (2015). Development of Software for Open Autonomous Automotive Systems in the Stadtpilot-Project. 8th International Workshop on Intelligent Transportation.
14. Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (2000). El lenguaje unificado de modelado. Manual de referencia. Madrid: Pearson educación, S. A.
15. Sánchez, C. (2014). Automatización en la industria automotriz: Conceptos y procesos. Innovación Tecnológica. Desarrollo tecnológico e innovación empresarial.
16. Sommerville, I. (2011). Ingeniería de software (Novena ed.). Mexico: Pearson Educación.

Colorización de video usando seguimiento de rayones

J. M. Martín Sosa[1], F. J. Hernández López[2], M. R. Moreno Sabido[1], M. G. Orozco del Castillo[1], J. A. Trejo Sánchez[2]*
[1]Tecnológico Nacional de México/I.T. Mérida, Departamento de Sistemas y Computación, Av. Tecnológico km 4.5 S/N, C. P. 97118, Mérida, Yucatán, México
[2]Centro de Investigación en Matemáticas A. C., Unidad Mérida, Departamento de Ciencias de la Computación, CONACYT, Carretera Sierra Papacal-Chuburná km. 5, C. P. 97302, Mérida, Yucatán, México
**mario@itmerida.mx*
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El presente trabajo se enfoca en la implementación de algoritmos de colorización de imágenes y de seguimiento de rayones, así como en el desarrollo de un programa que hace uso de ambos algoritmos, para así, poder asignar los respectivos rayones a los cuadros (*frames*) de un video, y posteriormente colorizarlos uno a uno para obtener como producto final un video colorizado a partir de uno en escala de grises. Uno de los problemas que se presentan en la colorización es el hecho de que es un proceso costoso y que consume mucho tiempo. Se tomaron en cuenta los tiempos en los que el sistema realiza las tareas. Para esto, se realizaron tablas comparativas en las que se mostraron los tiempos de procesamiento de dichas tareas. Los resultados muestran que el programa combinó los algoritmos de colorización de Levin y seguimiento de rayones, aprovechando las ventajas de cada uno de ellos.

***Palabras clave**: Colorización de video, seguimiento de rayones, procesamiento de imágenes, procesamiento de video.*

Abstract

This paper focuses on the implementation of image colorization and scratch tracking algorithms, as well as the development of a program that makes use of both algorithms, in order to assign the respective scratches to the frames of a video, and then color them one by one to obtain from a grayscale video, a colorized one as a final product. One of the problems that arise in colorization is the fact that it is an expensive and time-consuming process. The times in which the system performs the tasks were considered. For this, comparative tables were made in which the processing times of these tasks were shown. The results show that the program combined Levin's colorization and scratch tracking algorithms while exploiting the benefits of each of them.

***Key words**: Video colorization, scratch tracking, image processing, video processing.*

Introducción

Se denomina colorización al proceso de pasar de una imagen o conjunto de imágenes en escala de grises, sepia u otros a una imagen o conjunto de imágenes a color. El objetivo general es poder obtener imágenes a color utilizando para ello cierta información de color brindada por el usuario.

Esta técnica de colorización data de principios del siglo pasado, cuando el color era parcialmente transferido a las películas en blanco y negro, sin embargo, fue hasta 1970 cuando Wilson Markle inventa el primer proceso de colorización, para después fundar la empresa Colorization Inc. con la que añadió colores a programas de TV y películas que habían sido filmadas a blanco y negro originalmente, como, por ejemplo, la misión Apollo que aterrizó en la luna.

El término de colorización actualmente se utiliza para describir cualquier técnica para añadir colores a imágenes monocromáticas; es el proceso asistido por computadora de agregar colores a una imagen o video monocromático. El proceso generalmente incluye la segmentación de imágenes en regiones y el seguimiento de las mismas a través de secuencias. Originalmente, el proceso de colorización consistía en pintar manualmente una máscara de color para hacer al menos un marco de referencia en una toma, para después aplicar la detección y el seguimiento de movimientos, permitiendo así que los colores se asignen automáticamente a otros cuadros (*frames)* en regiones donde no se producen movimientos. Los colores en las proximidades de los bordes que se mueven se asignan mediante flujo óptico, que a menudo requiere de fijación manual por parte del operador.

Una gran dificultad con la colorización, reside en el hecho de que es un proceso costoso y que consume mucho tiempo [Levin y col., 2004]. Por ejemplo, para colorear una imagen fija, el usuario comienza por segmentar dicha imagen en regiones, luego procede a asignar un color a cada región. El algoritmo de Levin y col. [2004], se basa en la técnica de rayones, que consiste en hacer rayones o trazos y los pixeles “vecinos” que tengan la misma intensidad, se colorearán del mismo color. El algoritmo de Welsh y col. [2002], se basa en aplicar color a una imagen en blanco y negro a partir de una imagen a color, dependiendo de la iluminación y la profundidad. El algoritmo Irony y col. [2005], se basa en aplicar color a una imagen en blanco y negro a partir de la segmentación de una imagen.

Desafortunadamente, los algoritmos automáticos de segmentación no identifican correctamente los límites de regiones difusas o complejas, como el límite del cabello y el rostro de un sujeto. Típicamente, los algoritmos de seguimiento tienen dificultad en regiones que cambian su forma o intensidad de color, por lo que se suele tener también en esta parte, la interacción con el usuario.

En este trabajo se propone la implementación de algoritmos de colorización de imágenes y de seguimiento de rayones, así como el desarrollo de un programa que combine ambos algoritmos aprovechando las ventajas de cada uno de ellos, con la finalidad de asignar los respectivos rayones a los cuadros (*frames*) de un video, y posteriormente colorizarlos uno a uno, obteniendo como resultado final un video colorizado a partir de uno en escala de grises.

Metodología

Para el desarrollo de los algoritmos se utilizó la metodología de Ingeniería de Software en Cascada [Sommerville, 2017]. A continuación se presenta el proceso llevado a cabo.

Análisis

En este proyecto se implementan y se analizan los algoritmos de Seguimiento de Rayones y Colorización de Levin [Levin y col., 2004], para que a partir de estos, se pueda hacer un sistema que realice automáticamente los rayones para los *frames* que no los tengan, y se proceda a colorizarlos posteriormente.

Después de realizar el análisis, se realizó un diagrama (ver Figura 1) para poder expresar y entender lo que se necesitaba hacer y el comportamiento que el sistema tendría. El diagrama representa lo necesario para que el algoritmo de seguimiento de rayones pueda realizar su correcta función, así como lo que el algoritmo de colorización de Levin necesita como entradas para que el resultado sea el esperado (los *frames* colorizados).

Diseño

En esta etapa se realizó un diagrama de flujo (ver Figura 2) para describir y entender el comportamiento del programa que se realizará; también se contemplaron los módulos de éste.

El diagrama de flujo muestra el proceso llevado a cabo. Como primer paso se lee el *frame;* posteriormente se lee la máscara (Mk) y se agregan los rayones al *frame* para pasar por el algoritmo de colorización de Levin; en caso de no existir la máscara, se pasa por el seguimiento de rayones y posteriormente pasa por el algoritmo de colorización de Levin, para así, obtener un *frame* colorizado. Se pasa a verificar si existe otro *frame*; en caso de que exista se repite el ciclo; sino existen más *frames*, se termina el procesamiento.

 ISSN 2007-8102

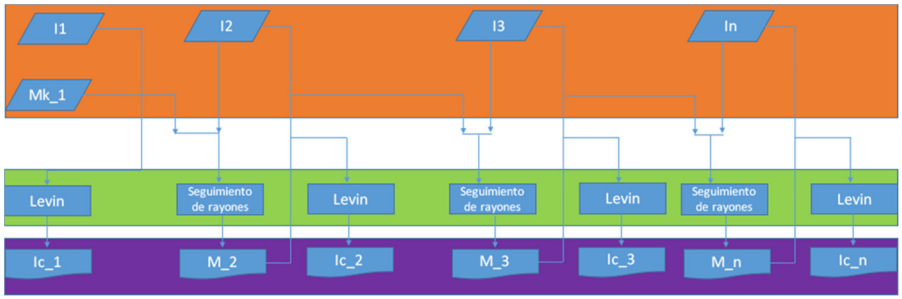


Figura 1. Diagrama de entradas y salidas del sistema.

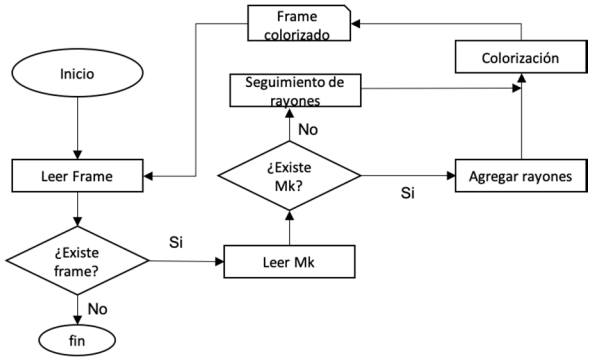


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema.

Desarrollo

En este trabajo se presenta una propuesta propia a partir de los algoritmos de seguimiento de rayones y colorización de Levin, los cuales se adaptaron para funcionar como uno solo, aprovechando las ventajas que ofrece cada uno de ellos, con la finalidad de poder colorizar vídeos en escala de grises.

A continuación se presenta el proceso llevado a cabo para el desarrollo.

Seguimiento de rayones

El algoritmo de seguimiento de rayones requiere tres imágenes de entrada, las cuales son: el primer *frame*, el segundo *frame* y un *frame* clave o *frame* de referencia (*keyframe*) que contiene los rayones del usuario.

Para lograr un algoritmo genérico se creó una estrategia para contabilizar los rayones que existen en el *frame*; para eso se utiliza la máscara de rayones, la cual se convierte en una imagen binaria, convirtiéndola en escala de grises por medio de la función “rgb2gray” de MatLab; después de eso se crea una nueva imagen, binarizando la imagen en grises con un umbral de valor 250. Entonces, con la función “bwLabel” se cuentan los objetos que se encuentran en la imagen por el método de componentes conectados de 8 vecinos, que es una forma de búsqueda de pixeles en diagonal; esta función es propia de MatLab, y calcula una matriz de etiquetas de los componentes conectados en la imagen. Dado el número de rayones, para cada uno, se obtiene una plantilla del *frame* que contenga al rayón. Para eso se utiliza una función llamada “cortarImagen”, la cual regresa los datos de la posición inicial de los puntos (x, y) del rayón en el que se está trabajando y la plantilla recortada; para obtener más características del entorno del rayón se creó un radio alrededor del rayón; para ello se requirió conocer el punto mínimo y el punto máximo del rayón.

Como tercer paso, se utilizó el método de emparejamiento de bloques para buscar la plantilla en el segundo *frame*, tomando como medida la suma de diferencias al cuadrado (SSD por sus siglas en inglés), para encontrar el mínimo error en la suma de las restas de pares ordenados, en este caso pixeles, cuya fórmula es la siguiente:

 ISSN 2007-8102

$$SSD(v) = \sum_{i=1}^{M} (I_{i,v} - T_i)^2, \quad (1)$$

con i como el índice de los pixeles en una región v de tamaño M en la imagen I y en la imagen plantilla T.

Se creó también la función "buscarTemplateSSD"; dentro de esta función se encuentra otra llamada "RadioBusqueda", en la cual se crea un radio de búsqueda en un área de la imagen para hacer el costo del trabajo computacional menos pesado.

En la función "buscarTemplateSSD" se tienen cuatro valores de entrada, que son: la imagen I de búsqueda, la plantilla T y los vectores de posiciones$(\vec{r}, \vec{c})$ del rayón. Los valores de salida son la posición inicial de los puntos (x, y) de la parte superior izquierda de la subregión de I que tiene el valor SSD mínimo con respecto a T.

Dentro de la función se convirtieron las imágenes al tipo de dato de precisión *double*, se creó una matriz en donde se guardan las diferencias en cada pixel, llamada "error_SSD" del tamaño de la imagen en donde se buscará la plantilla; seguidamente se inicializó una variable "error_min" que es el valor con el que se va a comparar la diferencia para determinar el menor, se inicializan los valores de la posición inicial, y se llama a la función "RadioBusqueda" para obtener un radio de búsqueda alrededor de la plantilla, mismo que sirve para que la búsqueda sea más ágil.

Se recorre toda la imagen empezando por las columnas; dentro de los ciclos se inicializa en cero la variable suma en la que se guardará el resultado para compararlo con el error mínimo de la variable "error_min".

Una vez que se obtiene la suma, se hace una comparación en donde si ésta es menor al error mínimo, se guarda ese valor en la variable "error_min" quedando como error mínimo, y se guardan las coordenadas en las variables pos_y y pos_x respectivamente. En la Figura 3 se ejemplifica la búsqueda del rayón.

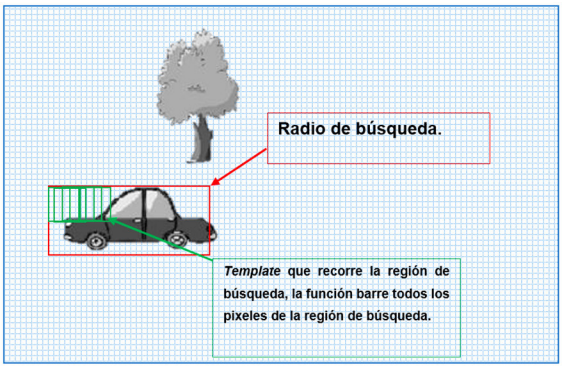


Figura 3. Búsqueda de la plantilla.

Otra medida que se utilizó para la búsqueda de la plantilla fue la de la correlación cruzada normalizada (NCC, por sus siglas en inglés); este método trata de comparar las similitudes entre dos imágenes, en este caso entre una subregión de la imagen I y la plantilla T, mediante la siguiente fórmula:

$$NCC(v) = \frac{\sum_{i=1}^{M} (T_i - \bar{T}) \left(I_{i,v} - \bar{I}_v\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{M} (T_i - \bar{T})^2 \left(I_{i,v} - \bar{I}_v\right)^2}}, \quad (2)$$

con $\bar{I}v$ y $\bar{T}$ como los promedios de $I_{i,v}$ y T respectivamente.

La función en donde se utiliza este método se llama "BuscarTemplateNCC". Igual que en la función "buscarTemplateSSD", ésta tiene 4 valores de entrada y 2 de salida.

Dentro de esta función se cambia el tipo de dato de las imágenes a ***double***, y se calcula el tamaño de cada imagen; obtenidos estos resultados se calcula el promedio de la plantilla, se inicializa una matriz del tamaño de la imagen para guardar los valores de la correlación en cada pixel, al igual que las variables donde se guardarán las posiciones del resultado que obtenga mayor similitud; se realiza la resta de la plantilla, la cual resta el promedio de la plantilla con cada valor de la matriz de la plantilla, siendo el promedio un escalar.

Se llama a la función "RadioBusqueda" para generar el radio en el cual se va a calcular la NCC; en los ciclos *for* se calcula una región de la imagen de la cual se obtiene una subregión Iv y T, entonces se calcula la suma de los productos de las diferencias $(I_v - \bar{I}_v)\ y\ (T - \bar{T})$ siendo esta el numerador, tal y como muestra la fórmula de la NCC; para el denominador se utilizan las mismas restas, solamente que estas se elevan al cuadrado y se les saca raíz cuadrada; una vez que se obtienen el numerador y denominador se realiza la división; el resultado de esta división es la que se compara con la variable "max_NCC"; si el resultado es mayor se guarda en la variable y se toman los valores de las coordenadas (x, y).

Una vez que el rayón sea localizado se procede a mover el rayón; esto creando una nueva mascara para el *frame* 2; para esto se crea una imagen de puros unos en donde se va a cambiar el valor de los pixeles en donde se encuentra el rayón; cabe mencionar que el tamaño de los *frames* y las máscaras es el mismo; para esto se recorren todos los píxeles de la imagen, para cambiar los valores de la imagen; una vez que el ciclo haya terminado, se muestra la imagen para comprobar cualitativamente si el rayón se movió correctamente.

Por último, se creó la imagen de salida del programa seguimiento de rayones; dicha imagen es la que se requiere para el algoritmo de Levin.

Colorización utilizando el algoritmo de Levin

Este algoritmo trabaja bajo el espacio de color YUV, en el que, Y representa el canal de luminancia monocromática, que en pocas palabras es la intensidad, mientras que, U y V se refieren a los canales de crominancia, que codifican el color.

De igual forma, se considera que dos píxeles vecinos (r, s) con las mismas intensidades deberían tener los mismos colores, por lo que se busca minimizar la diferencia entre el color $U\ (r)$ en el pixel *r* y el promedio ponderado de los colores de los pixeles vecinos:

$$J(U) = \sum_{r} \left(U(r) - \sum_{S \epsilon N(r)} W_{rs}\, U(s) \right)^2 . \qquad (3)$$

Para el correcto funcionamiento se necesitan dos entradas, el *frame* original en escala de grises y el *frame* con rayones. Al obtener las dos entradas, el programa procede a hacer una diferencia entre ambas imágenes para poder obtener los colores de los rayones (*ColorIm*), para posteriormente convertir a formato NTSC las imágenes en RGB mediante la función "rgb2ntsc" (*ntscIm*). Luego, se utiliza la función getColorExact(ColorIm,ntscIm), la cual resuelve el problema de optimización de la ecuación (3) y es llamada dentro de la función [I_RGB]=Colorizacion_Imagen_Levin(I_gray,I_gray_with_I_mask).

Pruebas

Para la realización de las pruebas, primeramente, se procedió a experimentar con los programas por separado para comprender las funciones de cada uno de ellos, así como experimentar con las entradas y las salidas; esto con la finalidad de poder comprenderlos y realizar lo requerido de manera correcta.

Pruebas con seguimiento de rayones

El programa de seguimiento de rayones se encargará de poner los rayones de colores a los *frames*; las entradas y salidas que necesita se mencionaron con anterioridad y se muestran en la Figura 4.

 ISSN 2007-8102



Figura 4. Entradas para seguimiento de rayones.

Al realizar las pruebas con el programa, se obtuvo como resultado el *frame* con sus rayones correspondientes; el resultado se muestra en la Figura 5.

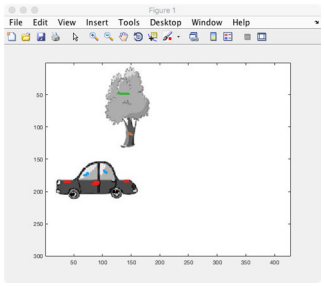


Figura 5. Frame con rayones.

Pruebas con colorización de Levin

El programa de colorización es el que se encargará de darle color a los *frames*; el programa requiere del *frame* en escala de grises y el mismo *frame* con los rayones de colores; en la Figura 6 se muestran las entradas necesarias para el correcto funcionamiento del programa.

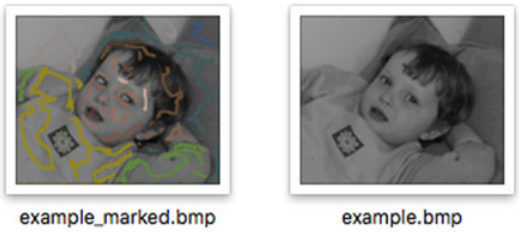


Figura 6. Entradas para el algoritmo de colorización de Levin.

Como resultado de las dos entradas se obtuvo el *frame* colorizado que se muestra en la Figura 7.

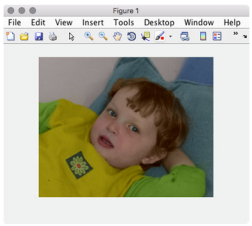


Figura 7. Frame colorizado.

En la siguiente sección (resultados y discusión) se presentan los resultados obtenidos del programa desarrollado y propuesto en este trabajo, el cual, como se mencionó anteriormente, combina los algoritmos de colorización de Levin y seguimiendo de rayones, aprovechando las ventajas de cada uno de ellos.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Para poder colorizar un video es necesario que los rayones se agreguen de manera automática a los *frames*, por lo que se procedió a hacer como primer paso el agregar los rayones a los *frames* en caso de existir un *keyframe o frame clave*, y posteriormente usar la colorización de Levin; en caso de no existir *keyframes* para el frame actual, se realiza el seguimiento de los rayones; posteriormente se asignan los rayones y se pasan a la colorización.

Se lee la primera imagen junto con la máscara, al existir *keyframe*, no hay la necesidad de generarla con el programa de seguimiento de rayones, por lo que se procede a agregar los rayones al *frame* para que posteriormente se pueda procesar con el programa de colorización.

A partir de esta parte del programa, se obtiene como resultado el primer *frame* con sus rayones correspondientes y colorizado, como se muestra en la Figura 8.

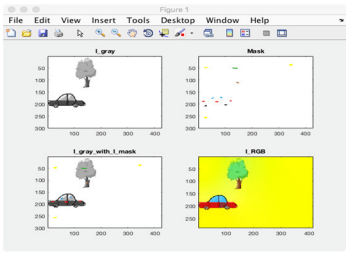


Figura 8. Primer *frame* del video.

Posteriormente, se creó un ciclo para colorizar los demás *frames* existentes (del *frame* 2 al *frame* n), al igual que se creó una bandera para indicar si existe algún *keyframe*, y con esto el programa determine si usa seguimiento de rayones, o solamente agrega los rayones a partir de la máscara y se procede a colorizar.

A partir de esta parte del programa, se procesaron los demás *frames* y se obtuvieron las máscaras (o se utilizaron las *keyframes* según sea el caso) para posteriormente poder aplicar la colorización de Levin; algunos de los resultados obtenidos se muestran en la Figura 9.

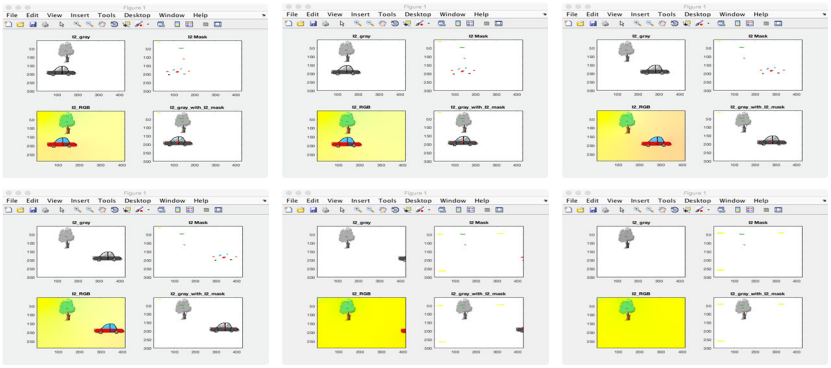


Figura 9. Resultados obtenidos para una secuencia de video de 30 *frames*.

Después se realizó una medición para poder saber el tiempo (en segundos) que el programa se toma para poder realizar cada función requerida, por lo que se calculó el tiempo que se tarda en cada proceso, para posteriormente realizar un promedio. Los resultados pueden observarse en la Tabla 1.

Como se puede observar en la Tabla 1, el proceso que más tiempo llevó en realizarse es el de colorización; de igual forma, se puede observar que el proceso de agregar rayones por medio de los *keyframes* toma menos tiempo que el de hacer el seguimiento de los rayones.

Tabla 1. Tiempos de los procesos.

Número de frame	Agregar rayones	Colorización	Seguimiento de Rayones	Suma
1	0.01258722	5.628852		5.64143922
2		5.433305	2.987767	8.421072
3		6.150208	2.409793	8.560001
4		5.477744	2.523506	8.00125
5		5.483818	2.665818	8.149636
6		5.502976	2.677664	8.18064
7		6.027557	2.691391	8.718948
8		5.433661	2.719581	8.153242
9		5.63197	2.670803	8.302773
10		5.651651	2.658536	8.310187
11		5.463284	2.663828	8.127112
12		5.737609	2.7208	8.458409
13		5.451942	2.658924	8.110866
14		5.734582	2.66954	8.404122
15		5.359136	2.676945	8.036081
16		5.64547	2.672492	8.317962
17		5.738954	2.714983	8.453937
18		5.654449	2.687588	8.342037
19		5.720346	2.656014	8.37636
20		5.658787	2.686438	8.345225
21		5.864272	2.659349	8.523621
22		5.938601	2.611945	8.550546
23		5.55685	2.531156	8.088006
24	0.01112171	5.471754		5.48287571
25		5.331809	3.043317	8.375126
26	0.008476477	5.456296		5.464772477
27		5.458573	1.937583	7.396156
28	0.008158512	5.397787		5.405945512
29		5.627709	1.654065	7.281774
30	0.009245501	5.398103		5.407348501
Promedio	0.009917884	5.602935167	2.60999304	
			Suma total de tiempos (Segundos)	233.3874704
			Suma total de tiempos (Minutos)	3.889791174

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se planea mejorar los tiempos de procesamiento de cada algoritmo, así como optimizar el seguimiento de rayones para poder obtener mejores resultados. También se pretende implementar otro método de colorización con el fin de comparar los resultados.

Conclusiones

Durante la realización de este trabajo se logró analizar e implementar los algoritmos de colorización de Levin y seguimiento de rayones, con lo que se obtuvo como resultado un programa que hace uso de los algoritmos para hacerlos funcionar como si fueran uno solo, tomando las ventajas que cada uno de ellos ofrece.

Después de haber analizado e implementado los algoritmos, se obtuvieron los resultados esperados, pero aún se podría mejorar el procesamiento, en especial la parte que se encarga de hacer el seguimiento de los rayones en el *frame*, ya que se pudo observar que cuando existe un video que tiene bastantes cambios de *frame* a *frame*, existen *frames* en los cuales los rayones no son colocados de manera correcta.

De igual manera, se pudo observar que el tiempo de procesamiento va relacionado con el video, ya que si es un video en el que existen muchos colores o imágenes, el programa se toma bastante tiempo en hacer el seguimiento de rayones.

Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado gracias al apoyo brindado por el Tecnológico Nacional de México para la realización del proyecto titulado “Análisis de flujo urbano para el diseño de ciudades inteligentes” con clave 6176.19-P. De igual manera, se agradece al Centro de Investigación en Matemáticas, A. C. Unidad Mérida por su colaboración en la realización de este trabajo.

Referencias

1. Irony, R.; Cohen-or, D. and Lischinski, D. (2005). Colorization by Example. En ESGR ’05 Proceedings of the Sixteenth Eurographics conference on Rendering Techniques. ESGR. p. 201-210.
2. Levin, A.; Lischinski, D. and Weiss, Y. (2004). Colorization using optimization. En ACM transactions on graphics (tog). ACM. p. 689-694.
3. Sommerville, I. (2017). Ingeniería de Software. México. Editorial Pearson.
4. Welsh, T.; Ashikhmin, M. and Mueller, K. (2002) Transferring color to greyscale images. En ACM transactions on graphics (tog). ACM. p. 277-280.

Evaluación de dos algoritmos para distribución concurrente de carga en el códec H265/HEVC usando video 4K

A. Rodriguez-Leon[1], M. Pérez Malumbres[2], C.J. Genis Triana[1], G.E. Ovando Chacon[3], A. Rodriguez-Gonzalez[1]*

[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México/I.T. Veracruz, M.A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91860, Veracruz, Ver., México

[2]Departamento de Física y Arquitectura de Computadores. Universidad Miguel Hernández, Avd. Universidad s/n 03202, Elche, Comunidad Valenciana, España

[3]Departamento de Ingeniería Mecánica, Tecnológico Nacional de México/I.T. Veracruz, M.A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91860, Veracruz, Ver., México

**abelardo.rl@veracruz.tecnm.mx*

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Un códec de video es un software que se basa en una serie de algoritmos para codificar/decodificar (comprimir/descomprimir) un flujo de video. Los códecs reducen el tamaño del video eliminando la información redundante, sin que se perciba la perdida, conservando adecuadamente la calidad. Sin embargo los codificadores de video que trabajan con resoluciones 4K, necesitan un alto nivel de cómputo.
Las técnicas de programación concurrente aprovechan el poder de cómputo de un clúster de alto rendimiento (HPC por sus siglas en ingles) para aplicaciones que tienen requerimientos de cómputo muy altos, reduciendo tiempos de ejecución.
El presente proyecto describe una comparativa entre dos algoritmos concurrentes para codificar, video 4K (3840x20160) usando el códec H265/HEVC que es uno de los estándares que se usan actualmente en codificación comercial. El resultado aportaría una base algorítmica para la posible aplicación en circuitos impresos. Dichos circuitos normalmente están embebidos en equipos como videocámaras o teléfonos celulares

***Palabras clave**: H265, 4K/UHD, códec paralelo*

Abstract

A video códec is a software based in a serie of algorithms for coding/decoding (compress/uncompress) a video stream. The códecs reduce the size of the video by deleting redundant information without loss being perceived, while preserving adequately quality. Nevertheless, the video códecs that work with 4k resolutions, need a high level of compute.

The techniques of concurrent programming use the compute power of a high performance cluster (HPC) for applications that have high requirements of compute, reducing time of executions.

The present project describe a comparative between two concurrent algorithms for coding 4k video (3840x20160) using the H265/HEVC códec which is one of the standards that are using currently in commercial codification. The result would contribute one algorithmic base for the possible application in printed circuits. This circuits normally are embedded in devices as video cameras or cellphones.

***Key words**: H265, 4K/UHD, parallel codec*

Introducción

El video de alta definición (HD) según [1] es un formato de video con una mayor resolución que la definición estándar, que alcanza resoluciones de 1280×720 y 1920×1080 píxeles. Estas resoluciones son las más utilizadas incluso en los dispositivos actuales. Sin embargo en tiempos recientes han empezado a surgir

dispositivos (Cámaras, TV y Smartphone) que manejan imágenes con mayores resoluciones como 4K (3820x2160) y 8K (7680x4320) [2] .

Un elemento importante en el manejo del video en dispositivos digitales es el códec. De forma genérica un códec es un software que se basa de un conjunto de complejos algoritmos que pueden codificar y decodificar un flujo de video para su posterior reproducción y manipulación. En términos simples la codificación es la compresión de video y la decodificación es la descompresión del mismo. Un códec al procesar video lleva a cabo una secuencia específica de pasos. El primer paso es la preparación llamada pre-procesamiento, posteriormente la compresión, y por último se envía por algún canal o es almacenado, dependiendo el uso que se le vaya a dar. Posteriormente (aunque no necesariamente de forma inmediata) se decodifica el flujo y finalmente tiene lugar un post-procesamiento, que puede incluir el manejo de errores, la reproducción del video u otras operaciones. De estas dos tareas (codificación y decodificación) nos interesa específicamente la primera que es la que más recursos computacionales ocupa, ya que la decodificación suele ser muy rápida.

El objetivo de la compresión en un códec es reducir el espacio de almacenamiento de un video con respecto a su original (conocido como video crudo), alterando lo menos posible la calidad de la imagen, para que pueda ser almacenada en un minino espacio. Para conseguirlo, aprovechan que las secuencias de video (formadas por fotogramas) tienen información redundante. Esta redundancia se presenta en la dimensión espacial (en un mismo fotograma) y en la dimensión temporal (entre varios fotogramas). Por consiguiente, al eliminar o reducir dicha información redundante se consigue reducir considerablemente el tamaño del video.

Hay varios estándares disponibles para codificar video. Unos de los que más usados en la actualidad es el que han desarrollado por los grupos ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) y el ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG). Dichos grupos crearon hace algunos años el H264/AVC [3] y más recientemente H265/HEVC [4]. El H265/HEVC es la evolución del H264/AVC mejorando características importantes como la calidad y tolerancia a fallos en medios de transmisión propensos a errores. El H.265/HEVC ha sido desarrollado pensando en codificar videos de mayor resolución sin menoscabo de calidad, y en un espacio de almacenamiento equivalente o menor a los de su antecesor, pero con un consumo de cómputo hasta un 70% más alto que el H264 [6]. Esto tiene como consecuencia que el tiempo requerido para codificar por ejemplo video 4K sea muy elevado.

Debido a que el H265 tiene un requerimiento de cómputo considerablemente alto [5], si se desea un tiempo de codificación más aceptable se necesita de mucho poder de cómputo al codificar el video. Una alternativa es usar un clúster de computadoras, que contribuya a bajar el tiempo de codificación y así tratar de alcanzar la meta ideal de codificación en tiempo real. La codificación en tiempo real se da cuando el tiempo de codificación de un video es igual o menor a la duración del mismo. Así que si por ejemplo se requiere codificar un video de 5 minutos, el tiempo necesario para codificarlo no deberá ser menor o igual a 5 minutos. Este requerimiento permite que algunas aplicaciones puedan recibir video crudo (de un dispositivo como una cámara), comprimirlo y transmitirlo con un retraso mínimo y constante. La mayoría de los dispositivos actuales que capturan y transmiten video en tiempo real, tienen una limitada capacidad de procesamiento, por lo que sacrifican la calidad de la imagen, generando un flujo de bytes con gran tamaño. Si se sacrifica la calidad de la imagen el resultado obvio es una imagen poco clara e incluso no entendible. Si se sacrifica el tamaño resulta difícil transmitir por el alto requerimiento del canal de comunicaciones.

En base a lo anterior el objetivo de este trabajo fue desarrollar y evaluar dos algoritmos paralelos para codificación de video en clústers de computadoras, usando el códec H265 HEVC con video en resolución 4K. Para lograrlo fue necesario aplicar un paradigma de programación concurrente, específicamente el que se le conoce como paralelismo de datos. Fue posible aplicar el paralelismo de datos en la codificación gracias a que esta disponible del código fuente del códec H.265/HEVC, lo que permitió controlar la forma en que se distribuye el trabajo de codificación entre varios núcleos (cores) a la vez. La anterior división y distribución de trabajos reduce sustancialmente el tiempo de codificación del video. El trabajo fino en este sentido va enfocado en la aplicación de los dos algoritmos de distribución de carga, ya que no todos los algoritmos de distribución dan buenos resultados con cualquier tipo problema.

Estado del arte

En esta sección se analizan otros trabajos publicados, relacionados con el presente trabajo. Los trabajos analizados son respecto a mejoras y aplicaciones paralelas del códec H.264/AVC y H265/HEVC.

Paralelización del codificador H.264 con estimación de movimiento adaptativa en clústers de Pcs

En este trabajo [8], se busca disminuir el coste computacional realizando de manera adaptativa la estimación de movimiento para la codificación con el H.264/AVC en base a una función que maximice la relación entre el rendimiento del codificador y el tiempo de codificación.

El paralelismo se consigue descomponiendo la secuencia de video en bloques de 15 fotogramas consecutivos (GOPs por sus siglas en inglés), de forma que cada bloque sigue un patrón de codificación del tipo IBBPBBP...PBBI. La codificación de cada GOP es una tarea independiente, por lo que los nodos no requieren comunicarse con los demás para codificar su GOP.

Existe una escasa variación del tiempo de codificación a nivel de GOP que permite obtener algoritmos paralelos con buen equilibrio de la carga, sin embargo, al utilizar el mecanismo de estimación de movimiento adaptativa, se introduce un desbalanceo, haciendo que existan diferencias significativas de coste computacional entre los GOPs de una secuencia de video. En este caso, el esquema de asignación de GOPs a procesadores puede jugar un papel importante en cuanto al rendimiento del codificador paralelo se refiere. Para poder estudiar este fenómeno utilizaron dos esquemas de asignación de GOPs: asignación por demanda y asignación por estimación de coste.

La evaluación de los esquemas propuestos se realizó sobre dos videos: Foreman (CIF) y Stockholm (HDTV). Las pruebas se efectuaron sobre un clúster de cuatro nodos con dos núcleos Opteron 246 a 2GHz, 1 GByte de memoria, interconectados por una red Gigabit Ethernet con dos enlaces por nodo y un switch 3Com. El sistema operativo es Linux SuSE 9.1 y el entorno MPI es MPICH-2.

Los resultados obtenidos muestran como los codificadores H264 paralelos, con estimación de movimiento adaptativa, reducen el tiempo de codificación. En la asignación de GOPs por estimación de coste las mejoras están entorno a un 10%, siempre por encima de la asignación por demanda cuando se tienen menos de 8 GOPs por procesador.

En una mejora del mismo trabajo [9] en cuanto a la aceleración (speedup), se dió para el caso de la asignación de GOPs por estimación de coste. Aunque la magnitud de la mejora, en las secuencias consideradas, es relativamente pequeña.

Desarrollo y evaluación de algoritmos paralelos para la compresión de secuencias de video

En este trabajo [10], se desarrollaron 3 versiones paralelas (preasignación, demanda y predictivo) para el códec H264/AVC versión 7.6. Se consideró que la mejor distribución de GOPs fue por Demanda, ya que a pesar de contar con un proceso dedicado para la distribución de GOPs, tenía mejor eficiencia con respecto a la distribución por preasignación. Para el caso de la versión predictiva se necesita disponer de una porción considerable del flujo de video para su buen funcionamiento, por lo que sólo resulta útil para la codificación fuera de línea de video almacenado [11]. En forma resumida podemos decir que las 3 versiones presentan una excelente escalabilidad y eficiencia y que la tasa de bits es la misma en las 3 por lo que la diferencia estriba solo en la latencia y el equilibrio de la carga. En cuanto a la latencia, va creciendo respectivamente para preasignación, demanda y predictivo, lo cual no es bueno. En cuanto al equilibrio de la carga es medianamente bueno para preasignación y bueno para demanda y predictivo.

En base al proyecto anterior se consideró adecuado y como buen punto de partida usar las versiones paralelas del codificador por preasignación y por demanda. Solo hay que ajustar el patrón de codificación ya que para la versión paralela del códec H264/AVC versión 7.6 utilizan el patrón de codificación IBBPBBPBBPBB y los patrones que se usaron en el códec H265/HEVC versión 16.20 aplicados en este proyecto son IIIIIIIIIII y IBBBIBBBIBBB.

Enfoque paralelo con memoria distribuida para el códec HEVC

En un trabajo más reciente [12] proponen varios enfoques de paralelización con el codificador H265/HEVC, usando una plataforma de hardware con memoria distribuida. Hacen una paralelización de grano grueso también a nivel grupo de imágenes (GOP). El enfoque así mismo es la codificación simultánea de varios GOP. Para ello presentan varias versiones de organización de GOPs y distribución de los mismos. Usan dos videos de prueba clase B y E con resoluciones 1920 × 1080 and 1280 × 720.

Las variantes de armado de GOPs que presentan son las siguientes:

DMG-1G: todos los procesos codifican el primer fotograma I y lo incluyen en su lista de imágenes de referencia. Cuando un proceso ha completado su trabajo, le solicita al coordinador que codifique el próximo GOP.

DMG-1B: la secuencia de video se divide en tantas partes como la cantidad de procesadores disponibles. Cada procesador calcula su secuencia de video parcial como una secuencia de video independiente.

DMG-GB: primero, todos los procesos codifican la primera trama I (como lo hace DMG-1G) y luego, cuando un proceso ha completado su trabajo, el proceso coordinador asigna un número fijo de GOPs contiguos conforme los procesos van terminando la tarea inicial.
DMG-AI: siguiendo el esquema DMG-1G, el proceso coordinador asigna un fotograma a cada proceso que queda inactivo (cada fotograma de la secuencia se codifica como un fotograma I).
Los resultados que obtienen son buenos pero están sujetos a que el video completo esté disponible en la mayoría de las variantes de distribución de GOPs. Además las resoluciones de prueba no son 4K. En nuestro trabajo trabajamos todos los videos en 4K y no asumimos de antemano que se tiene toda la secuencia, lo cual hace apto nuestra propuesta para aplicarse por ejemplo en transmisión de video en vivo.

Metodología

Para implementar las versiones paralelas del códec H265 se trabajó directamente con código fuente del códec JCTV-HM versión 16.20. Dicho códec está escrito en lenguaje C++ y está basado en el High Efficiency Video Coding (HEVC) bajo la norma ISO/IEC CD 23008-2 High Efficiency Video Coding.

Toda la implementación del componente paralelo se desarrolló con la librería estándar MPI (Message Passage Interface). El componente paralelo está compuesto por dos algoritmos planteados en los objetivos (preasignación y demanda). Los algoritmos se basan en diferentes formas de distribuir la carga de codificación entre los núcleos del procesador en un sistema de cómputo SMP sobre el cual se ejecuta la versión paralela. La distribución de la carga se tiene que realizar sin afectar el resultado final que se obtiene en la versión secuencial. A continuación se describen los algoritmos de distribución de la carga.

Preasignación:
Se diseñó una estrategia para que cada proceso sepa, en base a su identificador, qué GOPs ha de codificar, repartiéndolos de la forma más equitativa posible. En principio el costo computacional de la codificación de los fotogramas que componen un GOP puede ser variable e impredecible. Esto plantea la conveniencia de hacer una distinción entre un GOP y otro, para hacer un reparto equitativo del trabajo. Con el fin de simplificar la idea de distribución asumiremos un costo computacional similar para cada GOP. Con esta suposición de partida, hacemos el siguiente esquema de distribución: La secuencia de vídeo se divide en GOPs, cada uno de los cuales contendrá una secuencia de fotogramas. El primer fotograma a codificar siempre debe ser de tipo I, para hacer independiente la codificación de GOPs.
Los procesadores son identificados con un índice entre 0 y el número de procesadores disponibles menos 1. Se divide el número de GOPs entre el número de procesadores, y se asigna a cada procesador el número de GOPs consecutivos resultante, de manera cíclica. En caso de que el número de GOPs no sea múltiplo del número de procesadores, entonces el número de GOPs restante n, se asignarán a los n primeros procesadores, a razón de un GOP por procesador. El reparto se define con la siguiente ecuación:

$$n_gops_Pk = \begin{cases} n_gops_as + 1 & k < n_gops_not \\ n_gops_as & k < n_gops_not \end{cases}$$

Dónde:

n_fotogramas	será el número de fotograma s en la secuencia completa
n_fotogramas_gop	es el número de fotograma s que componen un GOP
n_gops	es número total de GOPs en la secuencia de vídeo n_gops = n_fotograma s/n_fotograma s_gop
p	es el número total de procesadores disponibles
n_gops_not	es el número de GOPs no asignados n_gops_not =mod(n_gops , p)
• n_gops_as	es el número de GOPs asignados a cada procesador n_gops_as = (n_gops – n_gops_not) /p
• n_gops_Pk	es el total de GOPs asignados al procesador Pk , dónde k esta entre 0 y p-1 (k = 0 : p-1)

De esta forma cada procesador sabe cuáles son los GOPs consecutivos que le tocan codificar.

La figura 1 muestra esquemáticamente la funcionalidad de la versión de preasignación del códec.

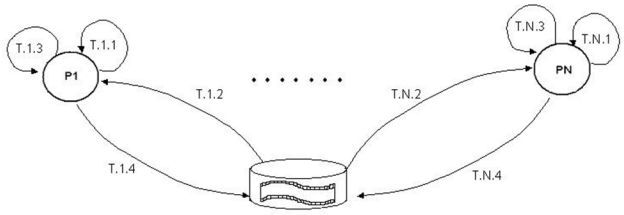


Figura 1. Distribución de carga (GOPs) por Preasignación

Los estados del grafo en la figura 1 son descritos a continuación.

T.1.1. P1 calcula GOP a codificar	T.N.1. PN calcula GOP a codificar
T.1.2. P1 lee GOP del disco	T.N.2. PN lee GOP del disco
T.1.3. P1 codifica GOP	T.N.3. PN codifica GOP
T.1.4. P1 escribe GOP codificado	T.N.4. PN escribe GOP codificado

Una vez terminada la codificación de todos los GOPs de la secuencia, el proceso 0 espera que los demás nodos le envíen un mensaje de terminación para proceder con la unión de todos los GOPs codificados en un solo archivo.

Demanda

El algoritmo por demanda es un esquema más elaborado que permite mejorar el equilibrio de la carga entre los procesadores. Esto se hizo porque en general el número de procesadores no es múltiplo exacto del número de GOPs, lo que ocasiona desbalance de carga al final de la codificación, ya que algunos procesos terminan antes que otros. El resultado de esta espera es que la eficiencia baja sustancialmente en estos casos, sobre todo con secuencias de vídeo de corta duración. Para hacer menos significativas las diferencias de tiempo final, se define un nodo distribuidor y los demás solo codifican. El nodo distribuidor se encarga de indicarle a los demás procesadores que GOPs deben codificar.

En la primera ronda de reparto la asignación es secuencial. Pero después se va asignando los GOPs conforme son solicitados por los nodos codificadores (bajo demanda). Los nodos codificadores reciben la indicación del número de GOP a codificar, lo codifican y cuando terminan piden un nuevo GOP. El nodo coordinador les asigna el identificador del GOP siguiente o -1 si no hay más GOPs a codificar.
Una vez terminado el proceso de repartición y codificación el nodo distribuidor se encarga de integrar los GOPs codificados en un solo flujo.
Este proceso de asignación se puede observar en el grafo de estados de la figura 2.

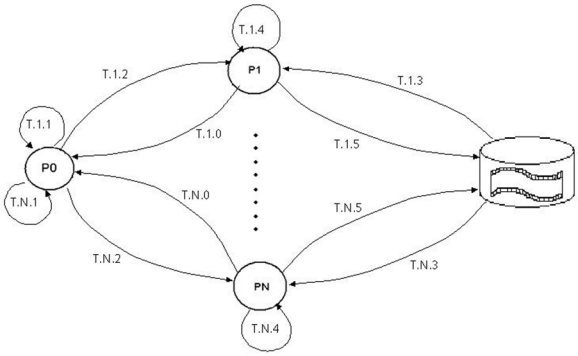


Figura 2. Distribución de carga (GOPs) por Demanda

Los estados del grafo de la figura 2 son descritos a continuación:

T.1.0. P1 avisa a P0 que está libre.	T.N.0. PN avisa a P0 que está libre.

T.1.1. P0 decide GOP a codificar
T.1.2. P0 avisa a P1 GOP a codificar
T.1.3. P1 lee GOP de disco
T.1.4. P1 codifica GOP
T.1.5. P1 escribe GOP codificado

T.N.1. P0 decide GOP a codificar por P1 por PN
T.N.2. P0 avisa a PN GOP a codificar
T.N.3. PN lee GOP de disco
T.N.4. PN codifica GOP
T.N.4. PN escribe GOP codificado

Parámetros del códec

Un problema a considerar con los códec de video es la gran cantidad de parámetros para afinar la codificación que depende del resultado que se espere. El mismo estándar establece en [7] varios perfiles de codificación que define valores específicos según el escenario donde se ocupará el video. En nuestro caso se usó el perfil “All Intra – Main” (AI-Main) que indica principalmente que todos los fotogramas se codificaran en modo Intra. El modo Intra se caracteriza por eliminar redundancia espacial (en un mismo fotograma) sin considerar si hay redundancia temporal. Lo anterior nos da facilidades para aplicar paralelismo de datos ya que permite separar fácilmente los GOPs. El variar el tamaño de los GOPs tiene como finalidad estudiar el efecto que puede producirse en la codificación aplicando los dos algoritmos de distribución de carga. En nuestro caso específico variamos el tamaño de los GOPs en 4, 8 y 12 fotograma s cada uno.

Otro parámetro importante es QP o cuantización. QP controla la cantidad de compresión para cada macrobloque en un fotograma. Un valor grande significa que habrá una cuantización más alta, es decir mayor compresión y por lo tanto menor calidad. Los valores más bajos significan lo contrario. En nuestro usamos valores de QP de 22 y 32.

Como ya se mencionó, para hacer dicha división de trabajo en la versión paralela sin variar los resultados que arroja la versión secuencial, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- La unidad de división de trabajo es el GOP se codifican de acuerdo con un patrón establecido en el perfil de codificación.
- Los perfiles elegidos inicial con un fotograma I lo que hace GOPs independientes. Dichos perfiles oficiales fueron "encoder_lowdelay_main" que tiene un patrón IBBBIBBBIBBB y “IntraAll” que tiene solo fotograma s I.
- En base a lo anterior se determinaron 3 tamaños de GOPs (4, 8 y 12 fotograma s) como nuestro banco de pruebas.
- Por los tiempos tan altos de codificación se evaluaron solo con 2 videos de prueba en formato 4K (3840x2160) usando las secuencias estándar llamadas Marathon y Traffic and Buid usando solo 240 fotograma s.
- En cuanto al equipo donde se corrieron las pruebas, fueron llevadas a cabo en el servidor principal del clúster Agave que cuenta con 2 procesadores Xeon de 14 cores y 64 GB de RAM.
- Se lanzaron pruebas variando el número de núcleos de procesadores usando 5, 10,15 y 20. Se corrieron 3 veces cada prueba para descartar perdidas de eficiencia computacional debida a factores externos.

Resultados y discusión

En la figura 3 y 4 se muestran resultados con los videos Marathon y Traffic ambos con una resolución de 4K (3840x2160), usando en cada uno de ellos los algoritmos de preasignación (columna izquierda de ambas figuras) y demanda (columna derecha de ambas figuras) y con valores de cuantización (QP) de 22 (primera fila de cada figura) y 32 (segunda fila de cada figura). Se agregó una línea para mostrar el aprovechamiento ideal y ver qué tan lejos de ella se encuentra el aprovechamiento de las diferentes pruebas realizadas. En cada gráfica se puede observar las pruebas con diferente número de núcleos de procesador: 5, 10, 15 y 20. También en cada grafica se observa el aprovechamiento con 3 tamaños diferentes de GOPs (4, 8 y 12 fotograma s x GOP). En estas graficas podemos observar que el usar cuantización 22 o 32 no tiene un efecto significativo en comportamiento del aprovechamiento en ambos videos pues las gráficas son prácticamente las mismas con ambos valores de QP en cada uno de los videos, tanto si se usa preasignación como demanda. La diferencia básicamente es que la aceleración (speedup) fue ligeramente mayor con QP=32 y esto se debe a que la codificación aplicada devuelve un flujo comprimida de menor calidad.

Otra observación interesante es que en ambos videos el comportamiento de los algoritmos es muy similar por lo que se deduce que el contenido del video no fue significativo para el rendimiento de los algoritmos.

 ISSN 2007-8102

Por último se puede observar que el aprovechamiento del poder cómputo del algoritmo por demanda fue siempre mejor que el del preasignación. Sin embargo no se llegaron a los niveles de aprovechamiento que se obtuvieron versiones previas, con el códec H264 y con videos de menor resolución.

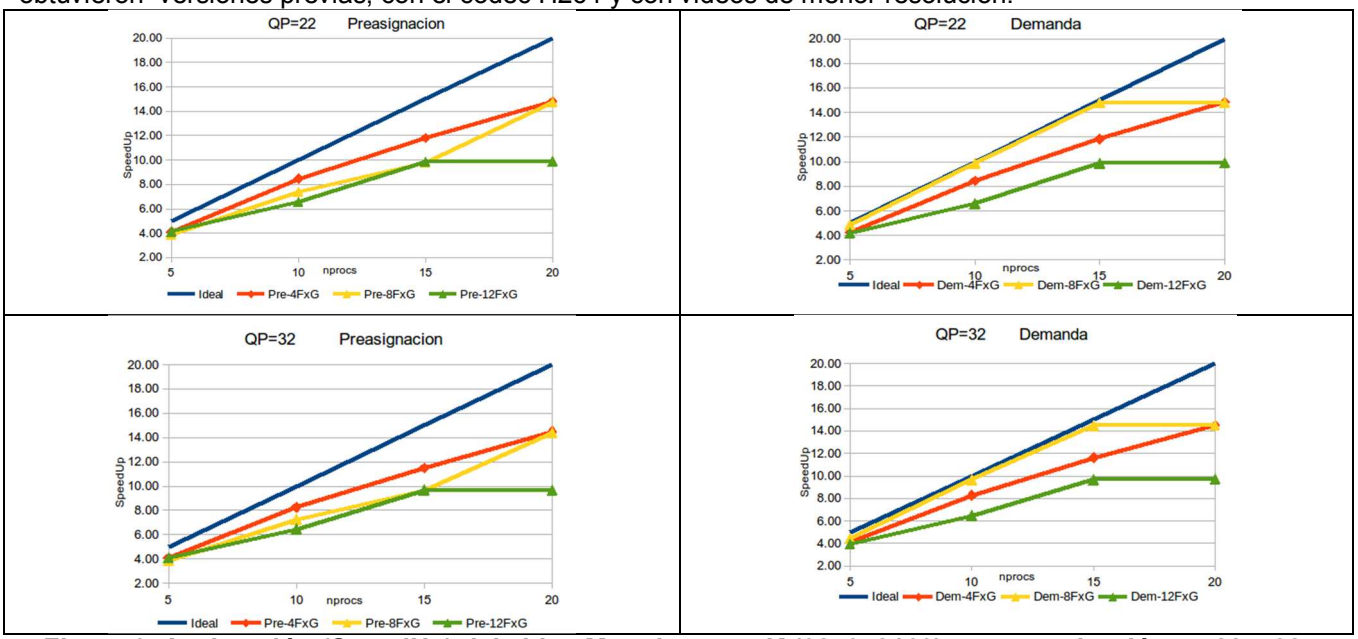


Figura 3. Aceleración (SpeedUp) del video Marathon en 4K (3840x2160) con cuantización en 22 y 32 y algoritmos de preasignación y demanda

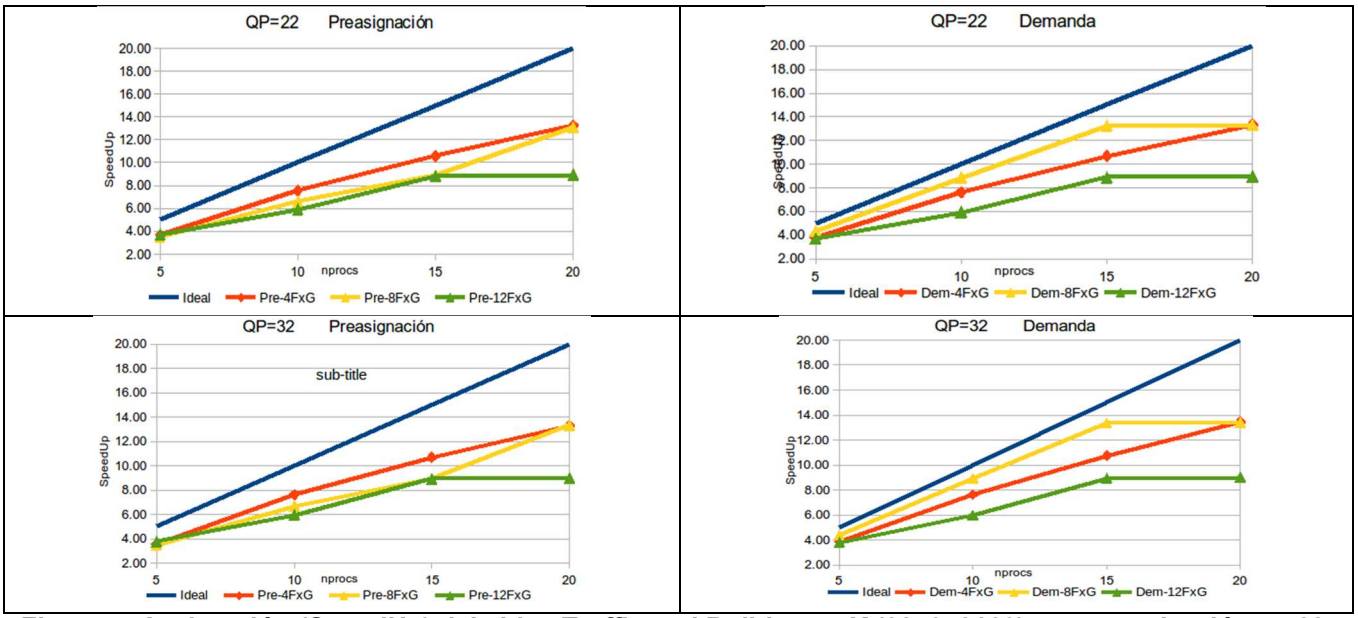


Figura 4. Aceleración (SpeedUp) del video Traffic and Builds en 4K (3840x2160) con cuantización en 22 y 32 y algoritmos de preasignación y demanda

Trabajo a futuro

Se desarrollará una versión del códec a partir de algoritmo por demanda donde se aplique paralelismo de grano medio usando hilos (threads) para realizar un particionado del fotograma a nivel de una baldosa (tile, es una región rectangular del fotograma) o rebanada (slice, región de macrobloques continuos no necesariamente rectangular).

Conclusiones

Es interesante observar como el codificar video de muy alta resolución (4K) con un códec muy demandante de recursos como el H265 regresa unos resultados muy diferentes de los que se habían obtenido en trabajos previos (de los mismos autores o de otros). Para comenzar el comportamiento del códec con un algoritmo que habido sido sumamente eficiente como el códec H264 ahora tiene un comportamiento más irregular. No son malos los resultados pero si es notorio que el H265 tiene partes que aprietan más la codificación en algunas secciones del video, lo que hace que algunos GOPs sean mucho más pesados que otros, a diferencia del H264 que tenía un comportamiento más uniforme. Fue relevante que el mejor comportamiento se obtuvo con tamaños de GOPs intermedio (8 fotograma s por GOP), pues se esperaba que fuera mejor con 12 fotograma s por GOP.
Por último, los resultados de este trabajo son además innovadores, pues no se han encontrado otros trabajos que evalúen versiones paralelas del códec H265 usando video 4K.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Tecnológico Nacional de México y a la Universidad Miguel Hernández (Alicante, España) para el desarrollo del presente trabajo de investigación

Referencias

[1] K. Islas Lazcano Cristian y I. Sandoval Orozco, “Tecnología de la alta deficición en la televisión de alta definición”, Tésis de Ingeniería mecánica y electrica, Instituto Politécnico Nacional unidad “Culhuacan”, Culhuacan, Mexico, 2005.

[2] Francisco Javier Montemayor-Ruiz , Miguel Ángel Ortiz-Sobrino . La producción de contenidos audiovisuales en ultraalta definición (UHD): Experiencia Inmersiva en el visionado multimedia en pantallas tv y smartphones. Journal of Communication, No. 12, 2016, pp. 41-57. Ed. Universidad de Salamanca. ISSN e: 2172-9077 , DOI: http://dx.doi.org/10.14201/fjc2016124157

[3] Alexis Michael Tourapis, Gary Sullivan, Karsten Sühring, Tobias Oelbaum, Athanasios Leontaris, “H.264/14496-10 AVC Refence Software Manual”, Documentación del Joint Video Team, Londres, Junio 2009.

[4] Gary J. Sullivan, Jill M. Boyce, Ying Chen, Jens-Rainer Ohm, C. Andrew Segall, Anthony Vetro. Standardized Extensions of High Efficiency Video Coding (HEVC). IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing. Vol. 7. No. 6. PP: 1001 – 1016. DOI: 10.1109/JSTSP.2013.2283657 . Diciembre 2013,

[5] Dan Grois, Detlev Marpe, Amit Mulayoff. Performance Comparison of H.265/MPEG-HEVC, VP9, and H.264/MPEG-AVC Encoders.Picture Coding Symposium 2013. San Jose California. Dec 8-11, 2013

[6] Gary J. Sullivan ; Jens-Rainer Ohm ; Woo-Jin Han ; Thomas Wiegand. Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology Vol: 22 , Num: 12 . Dic. 2012 . PP 1649 – 1668. Print ISSN: 1051-8215

[7] Bossen, F. Common HM test conditions and software reference configurations (JCTVC-L1100). Joint Collaborative Team on Video Coding. 2013

[8] Rodríguez A, Pérez M., González A., Peinado J. y Fernández J.C.: “Paralelización del codificador H.264 con estimación de movimiento adaptativa en clústers de Pcs”, XVI Jordadas de paralelismo, CEDI2005, Salamanca

[9] Carlos Genis-Triana, Abelardo Rodríguez-Leon, Rafael Rivera-Lopez, Algoritmo Paralelo de Codificación de Video basado en H264/AVC con balanceo predictivo de carga, Programación Matemática y Software.Ed. UAEM, Cuernavaca, Mexico, Solcitud de ISSN : 00298, Vol. 2 Num. 2, pp.12-27, 2010

[10] Rodríguez A.: “Desarrollo y evaluación de algoritmos paralelos para la compresión de secuencias de video”, Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Valencia, Noviembre del 2007

[11] Carlos-Julian Genis-Triana, Abelardo Rodriguez-Leon, Rafael Rivera-Lopez, A comparison of two parallel algorithms using predictive load balancing for video compression, Recent Researches in Software Engineering, Parallel and Distributed Systems- SEPADS 2011, ISBN: 978-960-474-277-6, pp-200-205, Febrero 22, Cambridge, UK 2011

[12] H. Migallón, V. Galiano, P. Piñol, O. López-Granado, M.P. Malumbres. Distributed memory parallel approaches for HEVCencoder. The Journal of Supercomputing. January 2017, Volume 73, Issue 1, pp 164–175. ISSN: 1573-0484.

Binarización automática de documentos escaneados usando cómputo paralelo en una computadora multinúcleo

J. M. Vásquez Velázquez[1], F. J. Hernandez-Lopez[2], M. R. Moreno Sabido[1], M. G. Orozco del Castillo[1],J. A. Trejo Sánchez[2]*
[1]Tecnológico Nacional de México/I.T. Mérida, Departamento de Sistemas y Computación, Av. Tecnológico km 4.5 S/N, C. P. 97118, Mérida, Yucatán, México
[2]Centro de Investigación en Matemáticas A. C., Unidad Mérida, Departamento de Ciencias de la Computación, CONACYT, Carretera Sierra Papacal-Chuburná km. 5, C. P. 97302, Mérida, Yucatán, México
* mauricio.orozco@itmerida.edu.mx
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El presente trabajo describe el desarrollo de un método de binarización de imágenes en escala de grises que puede utilizarse en un sistema de información y evidencia digital de documentos escaneados, obteniendo imágenes con menor tamaño de almacenamiento y con una calidad visual aceptable. Algunos de los problemas que presenta la binarización de imágenes son causados por cambios en iluminación, la mala calidad del documento de origen, mal reconocimiento de caracteres y la complejidad de la estructura del documento. Debido al excesivo procesamiento para la obtención de umbrales, es indispensable utilizar cómputo paralelo. Se describe el desarrollo de tres implementaciones paralelas de métodos reportados en el estado del arte, evaluando su precisión y eficiencia en tres bases de datos conocidas (DIBCO 2009, HDIBCO 2010 y ICDAR 2011) y en una base de documentos reales del sistema de informes y gestión de los académicos de la Universidad Autónoma de Yucatán.

***Palabras clave**: Segmentación binaria, umbralización, cómputo paralelo, multinúcleo.*

Abstract

This paper describes the development of a gray-scale image binarization method that can be used in an information system and digital evidence of scanned documents, obtaining images with smaller storage size and acceptable visual quality. Some of the image binarization problems are caused by illumination changes, the poor source document quality, poor character recognition and the complexity of the document's structure. Due to the excessive processing to obtain thresholds, it is essential to use parallel computing. The development of three parallel implementations of methods reported in the state of the art is described, evaluating their accuracy and efficiency in three known databases (DIBCO 2009, HDIBCO 2010 and ICDAR 2011) and in a real document database of the reporting and management system of the academics of the Autonomous University of Yucatán.

***Key words**: Binary segmentation, thresholding, parallel computing, multicore.*

Introducción

El Sistema de Informes y Gestión de los Académicos (SIGA) de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) es utilizado por toda la comunidad académica de dicha universidad para el reporte de sus actividades anuales en el cual son cargados más de 40 mil documentos por año, implicando muchos recursos como la red institucional, servicios de almacenamiento, servidores, entre otros. De igual manera, contar con un sistema integral de información y evidencia digital podría ser un prototipo para múltiples herramientas institucionales con características similares. Por este motivo, se buscan imágenes aceptables y entendibles, pero que a su vez puedan ser visualizadas y manipuladas por medio de la red en un corto tiempo.

Las imágenes binarias reducen al mínimo los datos necesarios para representar una imagen, y ello permite un menor costo de almacenamiento; de igual forma, las propiedades geométricas y topológicas de los objetos

presentes en la imagen son aceptables para su revisión y lectura en comparación con imágenes a colores con una mayor resolución, pero a su vez con un mayor tamaño de almacenamiento. Las imágenes binarias normalmente son obtenidas por medio de operaciones en la imagen como la umbralización, la cual es una técnica de segmentación de imágenes ampliamente utilizada en las aplicaciones industriales.

Los métodos de binarización (selección de umbral) se suelen dividir en dos tipos: globales y locales (Sauvola & Pietikainen, 2000). Los métodos globales tratan de encontrar un umbral el cual aplicar a toda la imagen; entre estos se encuentran los métodos por umbral y Otsu (1979). Los métodos locales obtienen el umbral para cada pixel en la imagen utilizando para ello los valores de sus vecinos, entre los métodos de esta categoría entran el método de Peng et al. (2010) y Ramírez-Ortegón et al. (2010). Los métodos locales generalmente producen un mejor resultado al binarizar la imagen, incluso en situaciones donde la iluminación en el documento es variable. Sin embargo, las limitaciones de procesamiento y memoria hacen difícil de implementar sistemas que cuentan con pocos recursos y que van a ser utilizados por varios usuarios. Si bien es posible utilizar alternativas como lo son las imágenes integrales (Bunke, 2007) para obtener los resultados de la binarización local y una rápida ejecución se requiere memoria, además de que los grandes valores posibles en las imágenes pueden provocar un desbordamiento de búfer (Bonilla, 2010). La mayoría de los algoritmos desarrollados se basan en métodos estadísticos, sin tomar en cuenta la naturaleza espacial de las imágenes del documento. Sin embargo, la evolución reciente de los tipos de documentos, por ejemplo, documentos que contienen texto y gráficos, hace que sean necesarias técnicas más especializadas.

Las principales situaciones en las que solamente los umbrales globales no son suficientes, son causados por cambios en iluminación, errores de exploración y resolución, la mala calidad del documento de origen y la complejidad de la estructura del documento (por ejemplo, los gráficos se mezclan con el texto). Cuando se realiza el reconocimiento de caracteres, los conjuntos de clúster de píxeles (caracteres) son fácilmente malinterpretados si el etiquetado de la binarización no se ha separado con éxito.

A continuación, se describen los tres métodos considerados en el presente trabajo, los cuales fueron implementados en serie y en paralelo con el fin de evaluar su desempeño, tanto en bases de datos utilizadas en el estado del arte, así como en la base de datos del SIGA (caso de estudio).

Metodología

Método de Otsu

El método de Otsu propone la estimación de un umbral global de una imagen en escala de grises (Otsu, 1979). Una imagen en escala de grises es una función bidimensional de la intensidad del nivel de gris, y contiene N píxeles cuyos niveles de gris se encuentran entre 1 y L. El número de píxeles con nivel de gris i se denota como f_i, y la probabilidad de ocurrencia del nivel de gris i en la imagen está dada por:

$$P_i = \frac{f_i}{N}. \tag{1}$$

Para la binarización, los píxeles son divididos en dos clases: $\boldsymbol{C_1}$, con niveles de gris $[\mathbf{1}, \ldots\ldots, \boldsymbol{t}]$ y $\boldsymbol{C_2}$, con niveles de gris $[\boldsymbol{t}+\mathbf{1}, \ldots\ldots, \boldsymbol{L}]$. Entonces, la distribución de probabilidad de los niveles de gris para las dos clases es:

$$C_1 : \frac{P_1}{\omega_1(t)}, \frac{P_2}{\omega_1(t)}, \ldots, \frac{P_t}{\omega_1(t)}, \tag{2}$$

$$C_2 : \frac{P_{t+1}}{\omega_2(t)}, \frac{P_{t+2}}{\omega_2(t)}, \ldots, \frac{P_L}{\omega_2(t)}, \tag{3}$$

en donde:

$$\omega_1(t) = \sum_{i=1}^{t} P_i, \quad \omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L} P_i \,. \tag{4}$$

También, la media para la clase C_1 y la clase C_2 es:

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^{t} \frac{iP_i}{\omega_1(t)}, \quad \mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L} P_i \,. \tag{5}$$

Utilizando análisis discriminante, Otsu definió la variancia entre clases de una imagen umbralizada como:

$$\sigma_B^2 = \omega_1\omega_2(\mu_1 - \mu_2)^2 \,. \tag{6}$$

Para una umbralización de dos niveles, Otsu verificó que el umbral óptimo t^* se elige de manera que σ_B^2 sea máxima; esto es:

$$t^* = \max_{1\le t\le L} \left\{ \sigma_B^2(t) \right\}. \tag{7}$$

Método de la función logística y normalización

En este método creado por Peng et al. (2010) primero se debe obtener la media $\mu_{\vec{x}}$ y la varianza $\sigma_{\vec{x}}^2$ de cada pixel de la imagen, centrada en una ventana W; en este caso el autor selecciona los valores entre 7 y 21 siendo siempre el tamaño de la ventana W un número impar). Luego, se normaliza la varianza y se calcula un umbral por cada píxel una vez que ya se ha normalizado la $\sigma_{\vec{x}}^2$ con la siguiente fórmula:

$$S(\vec{x}) = \mu_{\vec{x}} \left\{ \frac{1-k}{\left[1 + \exp^{-B}\left(\frac{\sigma_{\vec{x}}^2 - \sigma_{\min}^2}{\sigma_{\max}^2 - \sigma_{\min}^2} - M \right) \right]^{1/v}} + k \right\}, \tag{8}$$

en donde B es una constante de valor 25 que controla la velocidad de crecimiento de la curva, M es una constante de valor 0.005, v es una constante de valor 20 (estas dos últimas variables afectan el tiempo de máximo crecimiento) y k el mínimo valor que puede obtener la curva (en este caso se utilizan valores desde 0.97 con tendencia hasta 0). Utilizando la imagen resultante $\sigma_{\vec{x}}^2$ y $S(\vec{x})$, se calcula la imagen $F(\vec{x})$ que se obtiene como:

$$F(\vec{x}) = \begin{cases} 128 + \left[128 \left(\dfrac{I(\vec{x}) - S(\vec{x})}{db\max} \right)^{\alpha} \right] & I(\vec{x}) \ge S(\vec{x}) \\ 128 - \left[128 \left(\dfrac{S(\vec{x}) - I(\vec{x})}{df\ \max} \right)^{\alpha} \right] & I(\vec{x}) < S(\vec{x}) \end{cases}, \tag{9}$$

en donde α es un parámetro que los autores fijan en 0.1, $db\max$ es la diferencia máxima entre $I(\vec{x})$ y $S(\vec{x})$ considerando que $I(\vec{x}) \geq S(\vec{x})$, y $df\max$ considerando que $I(\vec{x}) < S(\vec{x})$.

Método del píxel de transición

Es un método de conversión local que está basado en el concepto de píxeles de transición, una generalización de píxeles en los bordes (Ramírez-Ortegón, Tapia, Ramírez-Ramírez, Rojas, & Cuevas, 2010). Dichos píxeles se caracterizan por valores de transición extremos calculados usando la diferencia de intensidad entre píxeles en un vecindario pequeño. El algoritmo utiliza las medidas como la media de intensidad de grises y la varianza de los píxeles en el conjunto de transición para poder obtener un umbral óptimo local por píxel.

El conjunto de píxeles de transición se denota como:

$$\tau(p) = N_s(p) \bigcap \{\tau^+ \bigcup \tau^-\}, \tag{10}$$

estos se agrupan en dos conjuntos de píxeles:

$$\tau^+(p) = N_s(p) \bigcap \tau^+, \quad \tau^-(p) = N_s(p) \bigcap \tau^-, \tag{11}$$

donde p es la ubicación del píxel y N_S el vecindario de interés en una imagen en escala de grises. Los pasos del algoritmo se describen a continuación:

1. Obtener el conjunto de transición. Los valores de transición para cada píxel se calculan de la siguiente manera:
$$V(p) = \max_{q \in NS(p)} I(q) + \min_{q \in NS(p)} [I(q) - 2I(p)]. \tag{12}$$

2. Calcular los umbrales t^+y t^-:
$$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^{t^+} Hv, B \bigcup F(i) \geq a^+, k = \sum_{i=1}^{l} Hv, B \bigcup F(i), \tag{13}$$
en donde $Hv, B \cup F(i)$ representa el histograma de los valores positivos obtenidos en (12) y α^+es un valor constante definido por el usuario entre 0 y 1. Para la obtención de la t^- la ecuación es similar, sin embargo, se utilizan los valores negativos de (12) y una constante α^-con valores entre -1 y 0.

3. Etiquetar los conjuntos de transición τ^+y τ^-:
$$\tau^+ = \{p \mid V(p) \geq t^+\}, \quad \tau^- = \{p \mid V(p) \leq t^-\}. \tag{14}$$

4. Posprocesamiento. Se utilizan los procedimientos de *aislamiento* y *expansión* al igual que son utilizados en vecindarios cruzados, es decir, píxeles de los costados del píxel de interés (Arriba, Abajo, Izquierda y Derecha), al igual que vecindarios en diagonal (Arriba-Derecha, Arriba-Izquierda, Abajo-Derecha, Abajo-Izquierda).

5. Solamente los píxeles de los conjuntos τ^+y τ^-son considerados para la generación de τ por lo cual se empieza a etiquetar los píxeles de la imagen resultante para aquellos píxeles que no son de transición, ya sea porque pertenecen a un fondo o un objeto; para esto es necesario obtener la cardinalidad de píxeles de transición en un vecindario pequeño.

6. El último paso para la obtención de la imagen resultante es la aplicación de un umbral por medio de algún método de binarización a aquellos píxeles que se encuentran en transición; el autor destaca los métodos Mínima Tasa de Error y Máxima Tasa de Error.

Implementación paralela

Un primer paso en la programación en paralelo es el diseño de un algoritmo paralelo para un problema de aplicación dada. El diseño comienza con la descomposición de los cálculos de una aplicación en varias partes, llamadas tareas (*tasks*), que se pueden calcular en paralelo en los núcleos o procesadores del hardware utilizado. La descomposición en tareas suele ser un proceso complicado y laborioso, ya que por lo general hay diferentes posibilidades de descomposición por el mismo algoritmo de aplicación.

Los programas paralelos necesitan sincronización y coordinación de los hilos y procesos con el fin de ejecutarlos correctamente. Los métodos de sincronización y coordinación en el cómputo paralelo están fuertemente conectados con la forma en la que se intercambia información entre procesos o hilos, y esto depende de la organización de la memoria del hardware. Una interfaz de programación que permite facilitar la programación paralela de memoria compartida es OpenMP, el cual puede ser utilizado en una computadora multi-núcleo (Chapman, Jost, & van der Pas, 2008).

El diseño de la paralelización de los algoritmos se inició con la descomposición de los cálculos en tareas que se pueden calcular en paralelo en los núcleos o procesadores del hardware paralelizado. La descomposición en tareas es complicada y laboriosa, ya que por lo general hay diferentes posibilidades de descomposición para el mismo algoritmo. Las tareas que fueron paralelizadas del algoritmo de Otsu, fueron: el cálculo del histograma y la función discriminante. Para el caso del método de la función logística y normalización, se paralelizaron: el recorrido de la imagen, el cálculo del promedio, la varianza y el umbral óptimo. Para el caso del método del píxel de transición, se paralelizaron las tareas: obtener los valores y píxeles de transición, la expansión, el aislamiento y el cálculo de datos atípicos.

Resultados y discusión

Cuando no se cuenta con una imagen de referencia o segmentación manual (*Ground Truth* (GT)), que es el caso normalmente para las imágenes de la vida real, es difícil poder medir los resultados más que con criterios de visualización para el usuario y dependerá de las necesidades. Por lo cual, la manera más eficiente de poder medir los resultados obtenidos de manera cuantitativa es a través de un conjunto de datos de GT al cual se le pueden aplicar una serie de métodos de comparación entre imágenes; entre los métodos más conocidos se encuentran la evaluación por medio de una medida *F*, las curvas ROC (*Receiver Operating Characteristics)*, lectura de imágenes con texto por medio de OCRs, entre otros.

La binarización es un paso importante en el análisis de imágenes de documentos y reconocimiento. Por lo tanto, es imprescindible contar con un conjunto de datos de evaluación comparativa, junto con una metodología de evaluación objetiva con el fin de captar la eficiencia de los algoritmos de binarización. Esta evaluación puede ser en términos de tiempo, memoria o de qué tan bien el algoritmo clasifica los píxeles con el menor número de falsos posibles. En términos de detección y dado un GT, se puede utilizar: evaluación de curvas ROC y evaluación de similitud.

ROC constituye una herramienta fundamental y unificadora en el proceso de evaluación, la evaluación por medio de la curva ROC es una representación de la sensibilidad frente a una especificidad para un sistema clasificador binario según se varía el umbral de discriminación. La medida *F* se ha utilizado ampliamente para fines de evaluación y comparación de imágenes (Gatos, Ntirogiannis, & Pratikakis, 2011), la cual se define de la siguiente manera:

$$\text{medida } F = \frac{2 \cdot \text{Exhaustividad} \cdot \text{Precision}}{\text{Exhaustividad+Precision}}, \tag{15}$$

en donde

 ISSN 2007-8102

$$\text{Exhaustividad} = \frac{VP}{VP + FN}, \quad \text{Precisión} = \frac{VP}{VP + FP}, \tag{16}$$

con VP los verdaderos positivos, FN los falsos negativos y FP los falsos negativos.

Para la medición de la calidad en la binarización, se utilizaron dos grupos de imágenes; el primer grupo contiene 30 imágenes que son ampliamente utilizadas para la medición de resultados de algoritmos de binarización que pueden ser consultadas en (Gatos, Ntirogiannis, & Pratikakis, 2011), (Pratikakis, Gatos, & Ntirogia, 2010), (Pratikakis, Gatos, & Ntirogiannis, 2011), (DIBCO, 2009), (HDIBCO, 2010) y (ICDAR, 2011); dicho grupo de imágenes contiene las imágenes a evaluar con su respectivo GT, lo cual hace contar con un grupo de imágenes resultantes medibles con un proceso transparente de evaluación por ser imágenes conocidas.

El segundo grupo de imágenes representa imágenes reales, es decir, representa imágenes que los académicos de la UADY cargan al SIGA; estas imágenes fueron adquiridas por medio del respaldo de imágenes originales cargadas al sistema antes de su proceso de binarización. Un total de 691 imágenes fueron entregadas en físico y fueron escaneadas con un escáner Kodak i2600 especializado, en un formato escala de grises con un tamaño de 2125 píxeles de ancho y 2750 píxeles de alto. Para poder ser evaluadas se obtuvo el GT de manera manual, es decir, escaneando los documentos en formatos binario (TIFF compresión CCITT T.6); dichas imágenes representan la imagen ideal para ser utilizadas en el SIGA, fueron revisadas por el personal a cargo del uso y manipulación de las imágenes en el sistema, los cuales dieron su visto bueno para que fueran utilizadas como un GT real.

En la Tabla 1 se muestran los resultados cuantitativos obtenidos utilizando el primer grupo de imágenes. En la tabla se observa la medida *F* promedio, así como las medidas *F* mayor y menor de las 30 imágenes evaluadas. El algoritmo mejor posicionado para la conversión de las imágenes es Otsu, esto debido a que es un algoritmo global en el que el umbral es único, por lo cual la mayoría de los píxeles mal ubicados se encuentran como parte del objeto y no como parte del fondo. Los otros algoritmos, en el afán de eliminar los píxeles que causan ruido, baja o nula iluminación, degradado entre otros problemas, hace que en muchos de los casos los píxeles de los bordes sean indexados como píxeles del fondo, cuando en realidad pertenecen al grupo de los píxeles del objeto.

Tabla 1. Resultados usando las bases de datos conocidas (DIBCO 2009, HDIBCO 2010 y ICDAR 2011).

Método	Medida *F* promedio	Medida *F* mayor	Medida *F* menor
Otsu	0.8414	0.9738	0.1513
Función logística y Normalización	0.8302	0.9444	0.384
Píxel de transición	0.8040	0.9278	0.2665

En la Figura 1 se observa la binarización de una imagen real del sistema que contiene el texto de una constancia emitida por la autoridad correspondiente; cuenta con información relevante como nombre del académico, firmas de autorización, fechas, nombre de autoridades, las cuales son indispensables para la evaluación de su documentación; de igual forma y como se observa en Tabla 2, el método que tiene un mejor resultado para esta imagen es el método Otsu, el cual es la imagen más cercana al GT de la imagen original. En la Tabla 3 se muestra el promedio de los resultados obtenidos de los diferentes algoritmos utilizando las 691 imágenes.

Tabla 2. Resultados de la evaluación de la Figura 1.

Método	Exhaustividad	Precisión	Medida *F*
Otsu	0.4153	0.4563	0.4153
Función logística y Normalización	0.3511	0.3887	0.3689
Píxel de transición	0.3131	0.3667	0.3378

Tabla 3. Promedio de resultados de imágenes reales.

Método	Medida *F* promedio	Medida *F* mayor	Medida *F* menor

 ISSN 2007-8102

Otsu	0.4112	0.8320	0.0897
Función logística y Normalización	0.3151	0.7812	0.0086
Píxel de transición	0.2381	0.7347	0.0050

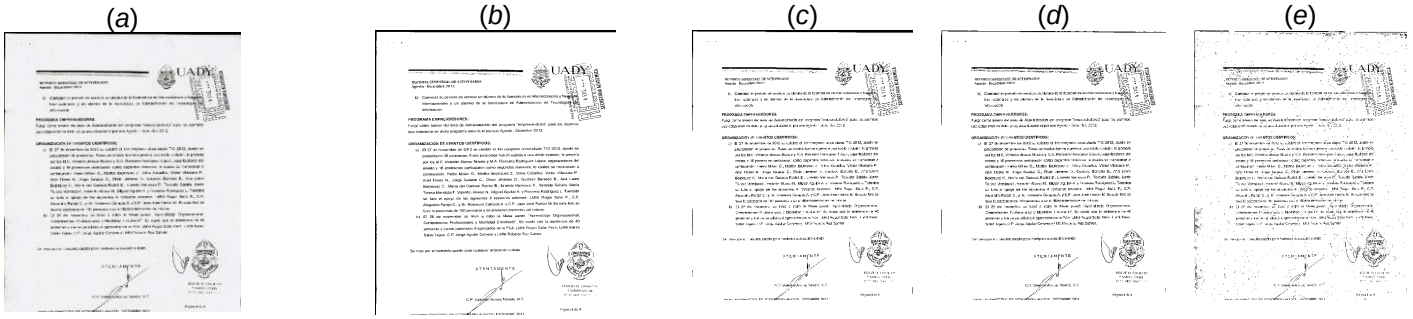


Figura 1. Imágenes reales binarizadas por diferentes métodos de binarización. (*a*) Imagen original. (*b*) *Ground Truth*. (*c*) Método Otsu. (*d*) Método de la función logística y normalización. (*e*) Método del píxel de transición.

Pruebas de Eficiencia de Tiempo

Para una evaluación cuantitativa del tiempo de ejecución de los programas paralelos, se utilizan medidas de costo como aumento de velocidad y eficiencia, que comparan el tiempo de ejecución en paralelo resultante con el tiempo de ejecución secuencial en un procesador (Rauber & Rünger, 2013). Para la ejecución de pruebas de eficiencia de tiempo se utilizó un servidor con las siguientes especificaciones de hardware: 20 núcleos físicos con una frecuencia de 3.0 GHz y 256 GB de memoria RAM. Como se observa en la Figura 2, todos los algoritmos paralelizados tienen una eficiencia de tiempo de ejecución al incrementar el número de núcleos que se utilizan; de igual forma, se observa que el método Otsu es el algoritmo que realizó la conversión de las imágenes en un menor tiempo, sin embargo, cuando el número de núcleos es mayor al número de núcleos físicos del servidor, el tiempo tiende a incrementar aunque ejecutando el algoritmo con los núcleos virtuales éste es aún menor al tiempo del algoritmo ejecutado en serie. El método de Otsu, que estima un umbral global, obtiene mejores resultados en cuanto a precisión y tiempo de procesamiento que los otros dos métodos, los cuales determinan el umbral de forma local.

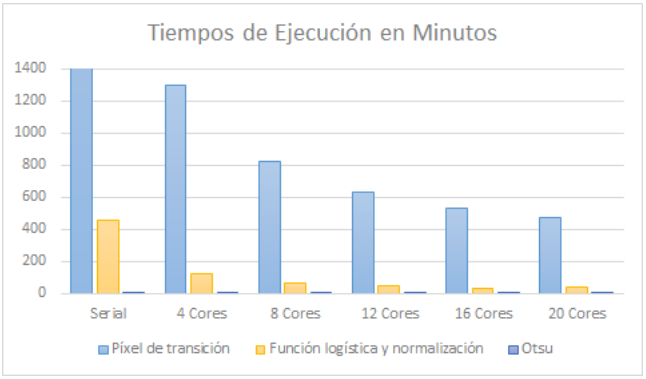


Figura 2. Tiempo de ejecución total en minutos de la binarización de 691 imágenes del SIGA.

Trabajo a futuro

Entre las recomendaciones posibles se sugiere clasificar las imágenes por tipo de documento, como documentos imagen, documentos texto, gráficas, mixtos, entre otros, con el fin de desarrollar un algoritmo eficiente aprovechando los beneficios de cada método dependiendo del tipo de documento. También pueden aplicarse diferentes métodos dependiendo del vecindario de interés; desarrollando un algoritmo híbrido, que además de tomar en cuenta el tipo de documento, también considere la información local.

Se entiende que hacer más robusto un algoritmo también implicaría tiempo de ejecución, sin embargo, con el desarrollo tecnológico y el uso de GPUs, esto podría aprovecharse de manera eficiente para que el tiempo de ejecución del algoritmo a implementarse disminuyera drásticamente. También se recomienda el uso de otras técnicas de validaciones como OCR para los textos, al igual que el uso de patrones para determinar un algoritmo de aprendizaje por medio del reconocimiento de patrones en las imágenes.

Conclusiones

Se implementaron y aplicaron los métodos estudiados, y de igual forma se evaluaron las imágenes resultantes de cada algoritmo comparando cada imagen resultante con su GT. Fueron paralelizados un total de tres algoritmos, los cuales fueron eficientes en tiempo al momento de pasar el algoritmo en serie a paralelo. Como se observa en los resultados obtenidos, se validó y corroboró que, de los algoritmos estudiados, el que obtuvo un mayor valor de medida *F* fue el algoritmo de Otsu, tanto para imágenes que son conocidas y estudiadas en el ámbito de binarización de imágenes, como para imágenes reales procesadas en el SIGA.

De igual forma, se comprobó que cada algoritmo estudiado tiene sus beneficios dependiendo de la imagen a binarizar, ya que muchos de ellos constan de un refinamiento entre los diferentes modelos matemáticos aplicados, lo cual elimina en muchas ocasiones ruido o píxeles no deseados, sin embargo, cuando el vecindario de interés no es del tamaño correcto, muchos de los píxeles de los bordes de los objetos tienden a ser tomados como parte del fondo de la imagen, lo cual disminuye la precisión del algoritmo aplicado, al igual que el tener algoritmos robustos y refinados ocasionan que el tiempo de procesamiento se incremente.

Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado gracias al apoyo brindado por el Tecnológico Nacional de México para la realización del proyecto titulado “Análisis de flujo urbano para el diseño de ciudades inteligentes” con clave 6176.19-P. De igual manera, se agradece al Centro de Investigación en Matemáticas, A. C. Unidad Mérida por su colaboración en la realización de este trabajo.

Referencias

1. Bonilla, N. (2010). Sistema de reconocimiento de kanjis japoneses basado en procesamiento digital de imágenes aplicado a dispositivos móviles. Universidad de las Américas Puebla, Puebla: Tesis licenciatura, Dep. de Computación, Elec. y Mecatrónica.
2. Bunke, H. (2007). *Handbook of Character Recognition and Document Image Analysis.* NewYork: World Scientific Publishing Company.
3. Chapman, B., Jost, G., & van der Pas, R. (2008). *Using OpenMP : portable shared memory parallel programming.* Estados Unidos de America: MIT Press.
4. Gatos, B., Ntirogiannis, K., & Pratikakis, I. (2011). DIBCO 2009: document image binarization contest. 35–44. Nara, Japan: Springer-Verlag.
5. Niblack, W. (1986). En *An Introduction to Digital Image Processing* (págs. 115–116). Englewood Cliffs, NJ: Prentice- Hall.
6. Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans. Systems Man Cybernet, 9*(1), 62–66.
7. Peng, X., Setlur, S., Govindaraju, V., & Sitaram, R. (2010). Markov Random Field Based Binarization for Hand-held Devices Captured Document Images. Chennai, India: ACM.
8. Pratikakis, I., Gatos, B., & Ntirogia, K. (2010). H-DIBCO 2010 – Handwritten Document Image Binarization Competition. *International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)*, 727.
9. Pratikakis, I., Gatos, B., & Ntirogiannis, K. (2011). ICDAR 2011 Document Image Binarization Contest (DIBCO 2011). *2011 International Conference on Document Analysis and Recognition*.
10. Ramírez-Ortegón, E., Tapia, E., Ramírez-Ramírez, L., Rojas, R., & Cuevas, E. (2010). Transition pixel: A concept for binarization based on edge detection and gray-intensity histograms. *Pattern Recognition, 43*(4), 1233-1243.
11. Rauber, T., & Rünger, G. (2013). *Parallel programming: For multicore and cluster systems.* Berlín, Alemania: Springer Science & Business Media.
12. Sauvola, J., & Pietikainen, M. (2000). Adaptive document image binarization. *Pattern Recognition, 33*, 225–236.

Optimización de un Portafolio de Inversión de un Algoritmo de Evolución Diferencial

J. F. García Mejía, M. Ricardo Cruz, C. E.Torres Reyes, J. A. Pérez Martínez, Y. Martínez Garduño
Centro Universitario UAEM Atlacomulco
***Área de participación**: Sistemas computacionales*

Resumen

Un portafolio de inversión se define como una colección de instrumentos bursátiles, en los cuales entidades físicas o morales realizan una determinada inversión. Los porcentajes que se invierten en este tipo de instrumentos pueden calcularse por medio de modelo matemático determinado por la relación ganancia-riesgo, susceptible a ser conceptualizada como un problema de optimización numérica solucionable por medio de algoritmos evolutivos. En esta propuesta se presenta un método de solución basado en un Algoritmo de Evolución Diferencial desarrollado por Price en 1994. El caso de estudio implementado fue desarrollado a partir de acciones de la Bolsa Mexicana de Valores, los resultados permiten inferir que este tipo de técnica es una alternativa aceptable de diseño a otras heurísticas

***Palabras clave**: Portafolio de Inversión. Evolución Diferencial. Bolsa Mexicana de Valores.*

Abstract

An investment portfolio is defined as a collection of stock market instruments, in which physical or moral entities make a particular investment. The percentages invested in this type of instrument can be calculated by means of a mathematical model determined by the profit-risk ratio, susceptible to be conceptualized as a numerical optimization problem solvable by means of evolutionary algorithms. This proposal presents a solution method based on a Differential Evolutionary Algorithm developed by Price in 1994. The case of study implemented was developed from actions of the Mexican Stock Exchange, the results allow to infer that this type of technique is an acceptable alternative of design regarding other heuristics

***Key words**: Investment Portfolio. Differential Evolutionary. Mexican Stock Exchange*

Introducción

La optimización, es una de las áreas de la ingeniería, en esencia es un conjunto de ideas que encuentran el mejor resultado posible o la óptima solución bajo la presencia o ausencia de ciertas consideraciones denominadas restricciones de problemas de la vida cotidiana en entornos económicos, sociales y naturales si y solo si estos son modelables a través de funciones matemáticas del formato $f(x_1, x_2, \dots x_n)$, lo que permite que estas puedan ser maximizadas o minimizadas a través de un vector $\vec{x} = \{x_1, x_2, \dots x_n\}$ [1]. Matemáticamente se puede formular un problema P de optimización sin restricciones como una terna $\mathrm{P} = (\mathrm{f}, SS, \mathrm{F})$, definida como lo muestra la ecuación 1 [2]

$$P = \begin{cases} opt\colon\ f(x), \\ s.a, \\ x \in F\ \subset SS \end{cases} \quad (1)$$

Donde f es la función a optimizar (se desea encontrar su máximo o mínimo), F el conjunto de soluciones factibles y SS el espacio de soluciones. Por otra parte, un problema P con restricciones se puede modelar como en la ecuación 2 [3]

$$P = \begin{cases} opt: min\ f(x), \\ s.a, \\ x = F \begin{cases} x|\ g_i(x) \leq 0, \\ i = 1,2,3,..,m,\} \end{cases} \end{cases} \quad (2)$$

Donde f es la función a optimizar (se desea encontrar el mínimo o máximo valor de esta variable), F el conjunto de soluciones factibles donde x cumple las restricciones dadas por $g_i(x) \leq 0$ y $i = 1,2\ 3,..,m$,.Cuando el problema P del entorno real al ser modelado presenta varias funciones objetivo f es necesario encontrar una o varias soluciones que satisfagan a todas las funciones. Esto es conocido como un problema de optimización multi-objetivo el cual puede ser representado matemáticamente como lo muestra la ecuación 3 [4]

$$P = \begin{cases} f_m(x) & m = 1,2..,M, \\ & s.a, \\ g_i(x) \geq 0 & i = 1,2..,I, \\ h_k = 0 & k = 1,2..,K, \\ x_j^l \leq x_j \leq x_j^u & j = 1,2..,J. \end{cases} \quad (3)$$

Donde $x = (x_1, x_2, .., x_j)$ es el vector de variables de estado que se desea encontrar y que cumple con el conjunto de restricciones dadas y donde las funciones objetivo se optimicen. El espacio de solución representado por todas las combinaciones posibles en el valor de las variables genera un segundo espacio vectorial conocido como espacio objetivo y denotado por $f_m(x) = z = (z_1, z_2, .., z_m)$ [4]

Lo anterior es realizable mediante dos tipos generales de técnicas: estocásticas, donde no se conocen todas las posibles soluciones relevantes para una función objetivo [5], y determinísticas, donde, al contrario, son conocidas todas las posibles soluciones [6]. Además, se puede clasificar de acuerdo con su dominio de acción en numérica y combinatoria.

La optimización numérica o continua se define como el conjunto de técnicas que tienen como finalidad maximizar o minimizar una o más funciones con un número finito de variables, las cuales pueden estar sujetas a condiciones restrictivas. La condición para emplear técnicas de optimización numérica es que se cumpla $\vec{x} = \{x_1, x_2, \dots x_n\}\ \forall x \in \mathbb{Z}$ [8]. Un problema de optimización numérico es el diseño de portafolios de inversión los cuales se definen como un conjunto de activos de una selección de paquete de acciones, bonos, bienes raíces y activos financieros, son seleccionados y administrados para obtener el rendimiento para cada perfil de riesgo cotizados en el mercado bursáti.

Los portafolios de inversión suelen modelarse con una serie de ecuaciones desarrolladas por Harry Marx Markowitz documentadas en un artículo denominado “Selección de Portafolio”, donde explica cómo los

inversionistas pueden conseguir el menor riesgo posible con una determinada tasa de rendimiento con el objetivo de encontrar el portafolio óptimo [9].

El punto de partida de Markowitz es que el valor de los activos financieros es el reflejo de las expectativas sobre el valor futuro, por lo tanto, se busca el portafolio que permita una maximización del rendimiento simultánea con una minimización del riesgo. Las expresiones matemáticas del modelo se muestran en las ecuaciones 4 y 5 [9].

$$G = \sum_{i} a_i * w_i \qquad 4$$

$$R = \sum_{i} \sum_{j} \sigma_{i,j} * w_i * w_j \qquad 5$$

Donde G es la ganancia del portafolio, R es el riesgo i, j son índices, $\sigma_{i,j}$ se denomina matriz de covarianza de las a acciones y w representan los porcentajes a invertir en estas y están sujetos a la restricción $\sum w = 1$.

El rendimiento de un portafolio es un promedio simple ponderado de los rendimientos individuales de cada activo. A menor correlación entre los activos, menor es el riesgo del portafolio, y, por otro lado, el riesgo del portafolio es menor al promedio de los riesgos individuales de invertir en cada activo. Los porcentajes de inversión en los activos deben de ser equilibrados de tal manera que de forma simultánea se maximicen y minimicen las expresiones descritas en 1 y 2

En la literatura especializada se ha documentado la optimización de portafolios de inversión de diversos países. En [10] se optimizó un portafolio de inversiones con instrumentos bursátiles del año 2013 pertenecientes a la bolsa de valores de Colombia haciendo uso del modelo de multiplicadores de LaGrange, e define como el procedimiento para encontrar los máximos y mínimos de funciones de múltiples variables sujetas a restricciones que permiten transformar el problema restringido de *n* variables a uno sin restricciones como *n+k* variables, donde *k* es igual al número de restricciones. Otro acercamiento al diseño de portafolios de inversión se encuentra en [11] donde se usó redes neuronales para predecir el comportamiento futuro de los portafolios de inversión siguiendo las siguientes etapas: Recolección de los datos, entrenamiento de la red, ejecución de la red neuronal, posteriormente se obtienen los resultados y por último se realiza la predicción. Esto consiste en predecir cómo será el comportamiento de las variables en un tiempo determinado. En [12] se realiza la optimización de un portafolio de inversiones mediante el uso del Modelo Media-Varianza de Markowitz tomando como referencia los activos financieros de la Bolsa Mexicana de Valores Mexicano del periodo del 1 de enero de 1999 al 25 de febrero del 2014, usando como técnica de inteligencia artificial un algoritmo evolutivo multi objetivo con codificación binaria, lo cual crea cromosomas de extensión larga. En [13] usando un contexto de solución basado en Frentes de Pareto se optimizó un portafolio realizado con acciones de la Bolsa Colombiana de Valores usando como función objetivo el modelo de Markowitz, las soluciones antes citadas se basan en codificaciones binarias y problemas multi objetivo. Con esto en mente en ese trabajo se propone el uso de una heurística denominada algoritmo de Evolución Diferencial, cuya explicación es desarrollada mas adelante.

Los algoritmos evolutivos funcionan a partir de una colección de posibles individuos que pueden ser representados por medio del vector $\mathrm{P(t)} = \{\mathrm{x_1^t}, \mathrm{x_2^t}, \ldots, \mathrm{x_n^t}\}$ que se denominan población, cada elemento $\mathrm{P(t)}$ representa una posible solución factible a un problema de optimización numérica o combinatoria. Esta población se somete a operaciones de recombinación y trasformación, posteriormente a un proceso de selección, que se realiza de manera iterativa [14], después de un cierto número de iteraciones se espera que el mejor individuo (aquel que genere el valor más alto de la función de aptitud) converja a un determinado punto que será considerado la solución a un problema de optimización [15]

 ISSN 2007-8102

Los algoritmos evolutivos se caracterizan por partir de un conjunto de soluciones iniciales que se van transformando por la acción de un conjunto de operadores, los cuales se encargan de “refinar” a las soluciones hasta que estas converjan a un determinado punto denominado solución. La estructura básica de un algoritmo evolutivo mono objetivo se muestra en la figura 1, la cual permite observar el carácter iterativo del algoritmo [16]

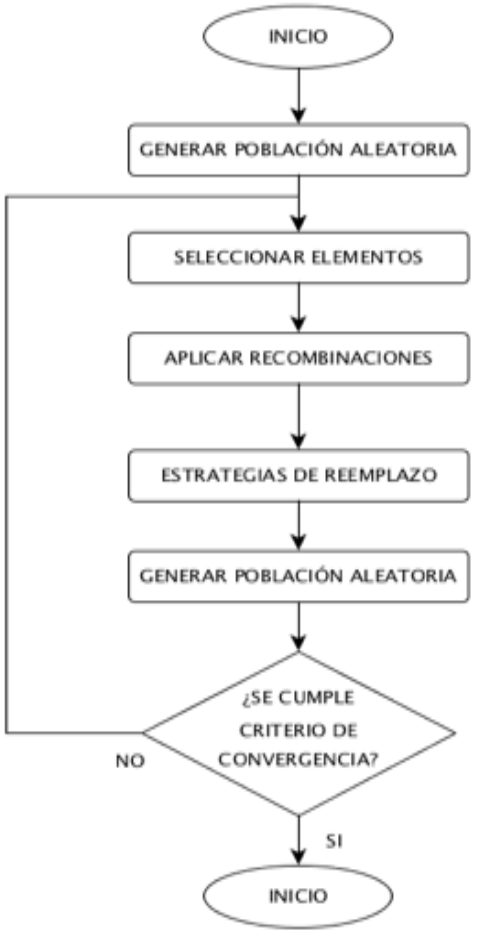


Figura. 1. Esquema genérico de un algoritmo evolutivo [16].

La Evolución Diferencial (Differential Evolution, DE, por sus siglas en inglés) es un algoritmo evolutivo, que surgió como una técnica de optimización numérica, desarrollado en 1994 por Kenneth Price y Rainer Storn profesores de Berkeley California, como una alternativa de solución al polinomio de Chebychev. La DE utiliza un operador de mutación simple que se basa en la diferencia de pares de soluciones (llamadas vectores), esto permite determinar una dirección de búsqueda con base en el conjunto de vectores que se denomina población [17]

La recombinación y la mutación son los operadores de variación usados para generar nuevas soluciones, y un mecanismo de reemplazo provee la capacidad de mantener un tamaño en la población. La estrategia de reemplazo se basa en la competencia realizada entre los vectores descendientes del proceso de recombinación (hijos) con los de la población original, la cual es generada por medio de una distribución de probabilidad normal. La mutación tiene como objetivo generar variaciones que desplacen a los vectores solución en la dirección y magnitud correcta y en su forma más simple se encuentra representado en la ecuación. (6) [18]

 ISSN 2007-8102

$$\vec{v}_G = \vec{x}_{r3,G} + F\left(\vec{x}_{r1,G} - \vec{x}_{r2,G}\right) \quad (6)$$

donde

$F\epsilon\ [0,1]$ es un factor de escala que controla la diferencia vectorial que se describe en $\vec{x}_{r1,G} - \vec{x}_{r2,G}$

G generación actual

$r1 \neq r2 \neq r3$ representan los índices de los vectores usados en el operador de mutación

Por otra parte, la recombinación permite el intercambio de información entre el vector padre y del vector mutante generando un descendiente $\vec{u}$, donde cada uno de los elementos del hijo puede ser tomado del vector padre o del vector de mutación con una probabilidad determinada por el parámetro CR el cual se encuentra dentro del intervalo $[0,1]$, este operador se describe en la ecuación (7)

$$\vec{u}_{i,G} = \begin{cases} \vec{u}_{i,G} \ \forall\ rand\ [0,1] < CR \\ \vec{x}_{i,G} \quad\ para\ otro\ caso \end{cases} \quad (7)$$

En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo de un algoritmo de Evolución Diferencial.

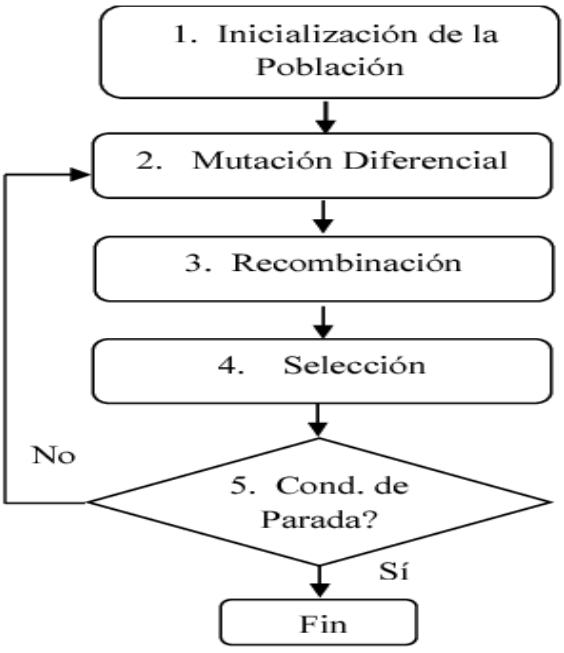


Figura. 2. Esquema de un algoritmo de Evolución Diferencial [17].

 ISSN 2007-8102

Metodología

En esta sección se muestran las consideraciones de diseño del portafolio de inversión óptimo que se propone obtener este artículo, en primer término, se menciona las acciones que de la Bolsa mexicana de valores que son consideradas en este trabajo, posteriormente se muestran aspectos teóricos del algoritmo que se constituye como objeto de estudio del presente trabajo.Como se muestran en las ecuaciones (1), (2), establecidas por Markowitz es necesario elegir un conjunto de acciones en este caso se propone utilizar las acciones de las empresas que se muestran en la tabla 1, al día 17 de febrero del 2016. La matriz de covarianza mencionada en la ecuación (2) se calcula utilizando las mencionadas acciones en un periodo del 17 de febrero del 2015 al 16 de febrero del 2016. Cabe destacar que estas fueron elegidas por su desempeño.

Tabla 1. Acciones para formar el portafolio a partir de la Bolsa Mexicana de Valores

Acción	Valor de la acción
Aeromex	40.02
Bimbo	51.27
Cemex	9.57
Elektra	351.7
Herdez	42.99
Ienova	73.92
Kimber	40.75
Oma	85.73
Soriana	40.51
Walmex	42.26

Como se mencionó en la sección de introducción de este documento, un algoritmo de Evolución Diferencial, en su primer desarrollo tiene una solo función objetivo, la cual para este caso se puede construir a partir de las ecuaciones (1), (2), obteniéndose (8)

$$fobj = \frac{\sum_i a_i * w_i}{\sum_i \sum_j \sigma_{i,j} * w_i * w_j} \quad (8)$$

Proponiendo 100 vectores iniciales de ganancias $\vec{w}$ con una longitud de 10 (correspondientes al número de acciones que componen al portafolio) con una distribución aleatoria uniforme. Un valor $F = 0.5$ y valores $CR = 0.5$ y 0.2 (escogidos de manera arbitraria)

Resultados y discusión

A partir del diagrama de flujo que se propone en la figura 2 y del numero de vectores iniciales así como los parámetros que fueron planteados se han obtenido los resultados de convergencia que se muestran en las figuras 3 y 4 con $F = 0.5$, $CR = 0.2$ y $F = 0.5$ y $CR = 0.5$ respectivamente. Los montos a invertir son mostrados en la tabla 2 con los valores $= 0.5$, $CR = 0.2$ y $F = 0.5$ y $CR = 0.5$.

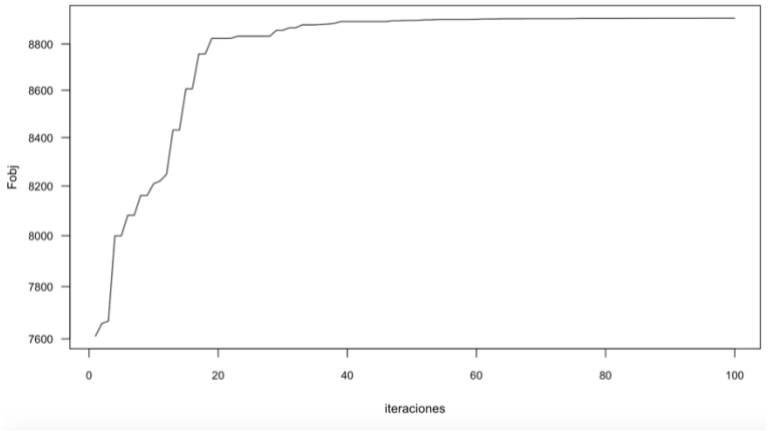


Figura. 3. Convergencia para $F = 0.5$, $CR = 0.2$

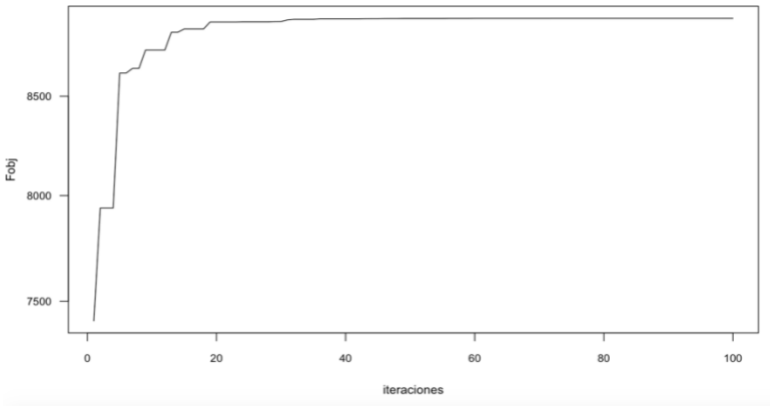


Figura. 4. Convergencia para $F = 0.5$, $CR = 0.5$

Tabla 2. Resultados de los Algoritmo de Evolución Diferencial

Acción	$F = 0.5$, $CR = 0.2$	$F = 0.5$ y $CR = 0.5$
Aeromex	0.066381797	0.065733270
Bimbo	7.8800540e-04	6.0049124e-06
Cemex	0.0044405998	0.0061435458
Elektra	0.37534547	0.37468582
Herdez	0.13313784	0.13236845
Ienova	0.11121344	0.10743591
Kimber	0.032499824	0.030608536
Oma	0.091215427	0.092150182
Soriana	0.072295140	0.069786685
Walmex	0.11268245	0.12108160

Conclusiones y Trabajos a Futuro

El algoritmo propuesto, cumple con el propósito de optimizar un portafolios inversión, esto lo convierte en una alternativa interesante en el diseño de técnicas de construcción de portafolios de inversión, Por tal motivo se propone como un trabajo a futuro, derivado de la presente propuesta, el estudio de nuevos operadores de mutación, extender el rango de valores para las constantes *F* y *CR*, con la finalidad de realizar un estudio estadístico en forma que permitirá determinar si existen diferencias significativas entre los valores. Otra variable a estudiar en próximos trabajos es la comparación de desempeño entre diferentes heurísticas.

Referencias

1- Muñoz, G. (2007). Entorno para la optimización de problemas científicos. En *Tecnologías del Software: Seminario de Investigación e Innovación en Teconolgías del Software* (págs. 141-149). Madrid, España: Universidad Rey Juan Carlos Servicio de Publicaciones.
2. Duarte Muñoz, A. (2007). *Metaheurísticas.* Madrid, España: Universidad Rey Juan Carlos Servicio de Publicaciones.
3. Cánovas, M. J., Huertas, V., & Sempere, M. (2012). *Optimización matemática aplicada: Enunciados, ejercicios y aplicaciones del mundo real con MATLAB.* Alicante, España: Editorial Club Universitario.
4. Peñuela Meneses, C. A., & Granada Echeverri, M. (2007). Optimización multiobjetivo usando un algoritmo genético y un operador elitista basado en un ordenamiento no-dominado (nsga-ii). *Scientia et technica, 1*(35), 175-180. doi:10.22517/23447214.5393
5. Heyman, D. P., & Sobel, M. J. (2004). Stochastic Models in Operations Research: Volume II Stochastic Optimization. New York, Estados Unidos: Dover Publications Inc.
6. Cavazzuti, M. (2013). *Optimization Methods: From Theory to Design. Scientific and Technological Aspects in Mechanics.* New York, Estados Unidos: Springer.
7. Moreno Pérez, J. A. (1996). Heurísticas de búsqueda para problemas discretos de localización-asignación. En J. Puerto Albandoz, *Lecturas en Teoría de Localización* (págs. 107-134). Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
8. Dung , N. T., & Chung, S. G. (2013). Behavior of the Standard Penetration Test (SPT) in sandy deposits. *Geotechnical and Geophysical Site Characterization. 1*, págs. 365-373. Londres: CRC Press Taylor & Francis Group.
9. Ochoa García S. Ibeth. “El modelo de Marckowitz en la teoría de portafolio de inversión”. Tesis de Maestría. , Instituto Politécnico Nacional. México, D.F (2008).
10. Cruz Trejos E. Arturo, Medina Varela P. Daniel, Salazar Arias H. Darío. “Optimización de portafolios de acciones utilizando los multiplicadores de LaGrange”. Universidad Tecnológica. Pereira, Colombia. (2014).
11. Robledo Escobar J. Paola, García Gómez Catalina. “Portafolios de inversión a través de redes neuronales”. Universidad Tecnológica. Pereira Colombia. (2008).
12. Castro Enciso S. Fernando, “Creación de Portafolios de Inversión utilizando Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo”, Tesis de Licenciatura, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México, D.F, (2005).
13. Henao Perez Alvinn A. “Creación de un Portafolio de Inversiones Constituido por Valores Primarios Transados en la Bolsa de Valores de Colombia, Empleando Optimización Multiobjetivo”, Tesis de Maestría, Universidad del Norte, Departemante de Ingeniería Industrial, Barranquilla, (2007).
14.Robusté Antón, F. (2005). Logística del transporte. Barcelona, España: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.
15. Shi, Y. (2015). Emerging Research on Swarm Intelligence and Algorithm Optimization. Hershey, Estados Unidos: Information Science Reference.
16. Sumathi, S., Hamsapriya, T., & Surekha, P. (2008). Evolutionary Intelligence: An Introduction to Theory and Applications with Matlab. Berlín, Alemania: Springer.
17. Lovay, M., Peretti, G., & Romero, E. (2017). Aplicación del algoritmo evolución diferencial en un método de dimensionamiento para filtros cuadráticos. Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO)
18.Novoa-Hernández, Dr. C Pavel, Cruz Corona, Dr. C Carlos, & A. Pelta, Dr. C David. (2014). Un estudio comparativo sobre evolución diferencial auto-adaptativa en ambientes dinámicos. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 8(4), 86-99

Semáforos viales para el municipio de Iguala de la Independencia, con servicios web e IoT

J. E. Ortega Lopez[1], C. Ocampo Pineda[2], R. Zacarias Garcia[3]*, S. R. Zagal Barrera[4], S. Valle Bahena[5]
[1]Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala, Carr. Nacional Iguala – Taxco Esq. Periférico Norte S/N Col Adolfo Lopez Mateos Infonavit, C.P. 40030, Iguala de la Independencia, Gro., México
**eduardo.ortega@itiguala.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería en Sistemas Computacionales*

Resumen

El sistema de semáforos en la ciudad de Iguala presenta comúnmente diferentes problemáticas y fallas que no suelen atenderse de manera rápida y eficaz, todo ello debido a que no cuentan con un sistema que permita administrar y que además garantice un seguimiento y control en tiempo real de cada uno de los semáforos, es por ello que, el proyecto desarrollado cuenta con un sistema de control capaz de emitir alarmas o avisos en caso de que alguno de uno de ellos presentara alguna falla dando así solución de manera eficiente, todo ello apoyado con las Tecnologías de la Industria 4.0, como lo es el Internet de las Cosas(IoT) y el Computo en la Nube, en donde se podrá administrar vía WiFi los semáforos que se ubican en el anillo periférico de la ciudad.

***Palabras clave**: Semáforos, IoT, WiFi*

Abstract

The system of traffic lights in the city of Iguala commonly presents different problems and faults that are not usually attended to quickly and effectively, all because they do not have a system to manage and also ensure a monitoring and control in real time of each of the traffic lights, for this reason, the project developed has a control system capable of issuing alarms or warnings in case any of them presented a fault thus giving an efficient solution, all supported by Industry Technologies 4.0, as is the Internet of Things (IoT) and the cloud computing, where it will be possible to administer via WiFi the traffic lights located in the peripheral ring of the city.

***Key words**: Traffic light, Internet of Things*

Introducción

En la actualidad más personas están utilizando el internet alrededor del mundo, tan solo en Brasil, 60% de la población asegura utilizar Internet al menos de forma ocasional o tener un teléfono inteligente. En China, la cifra es de 65%, según un estudio de Pew Research Center (Poushter, 2016). Pero en nuestro país hay un 65.8% de usuarios con internet tan solo al año 2018, y en el estado de Guerrero hay un 63.9% de usuarios con telefonía móvil en relación a la población que se tiene en el estado, según INEGI De 2015-2018: Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de TIC en Hogares, ENDUTIH. Estos son datos que nos dan información importante en donde el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación va en aumento, y esto se va elevando más con el uso del Internet, el cual permite que todos los dispositivos inteligentes se comuniquen y se coordinen entre ellos

Todo esto lleva a un término muy usado el Internet de las cosas, que hace referencia a un entorno de diversas cosas que están conectadas y se comunican entre ellos, a través de diversos protocolos dentro una misma red, esto hace posible que las personas vivan con más comodidades o en resumen les hace la vida más fácil, y todo esto a través de un dispositivo móvil inteligente.

Es por ello que en el presente trabajo se indica como se hace uso del Internet de las Cosas (IoT) y el Computo en la Nube, dos de las tecnologías que se incluyen en la Industrial 4.0.

Iguala de la independencia cuenta con 10 semáforos en el anillo periférico el cual es la principal arteria de flujo de automóviles en la ciudad. Los semáforos son sin duda los principales moderadores del tráfico en esta arteria

 ISSN 2007-8102

vehicular, sin embargo, frecuentemente varios de ellos presentan fallas o se encuentran totalmente inservibles trayendo consigo diferentes tipos de accidentes.

Basados en las estadísticas oficiales del INEGI al año 2017 en la ciudad de iguala de la independencia se tienen registrados un total de 58,645 vehículos de motor. De los cuales:

- 41,616 son automóviles.
- 2,322 son camiones para pasajeros.
- 9,239 camiones y camionetas para carga.
- 5,468 son motocicletas.

Estas cifras hablan apenas de los vehículos que son registrados en la ciudad, se estima que un 12% podría ser una cantidad exacta estimando los registros de turismo y vehículos foráneos.

Pese a esto, la ciudad no cuenta aún con un servicio que pueda garantizar un control y cuidado óptimo de los semáforos, debido a que estos no son directamente monitoreados por la dirección de tránsito municipal, o en muchas ocasiones, las fallas a estos dispositivos no son un problema prioritario para dicha dirección.

Monitorear y controlar en tiempo real los semáforos de la ciudad es posible y factible, con el apoyo y recursos necesarios este sería un proyecto que en pocos meses traería consigo resultados positivos en la ciudad, no solo con la disminución de los accidentes sino también con el flujo de transito óptimo de los vehículos que transitan por ahí.

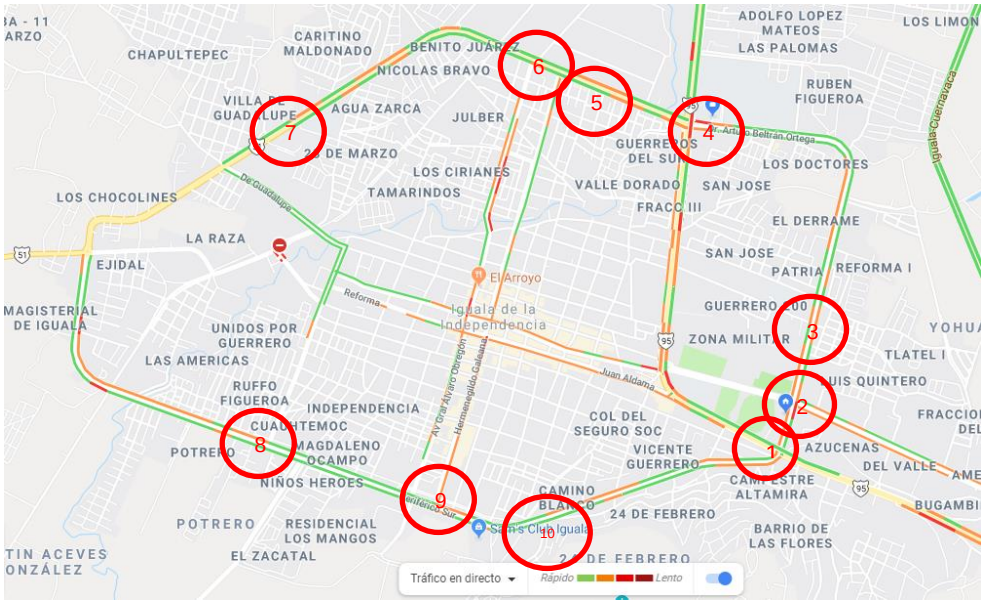


Fig. 1 Distribución de semáforos en el anillo Periférico de Iguala, Gro.

Metodología

Cloudino

Es una plataforma de Internet de las Cosas, de código abierto y hardware abierto, que permite el desarrollo e instrumentación de las soluciones de Internet de las Cosas de una manera simple y transparente.

 ISSN 2007-8102

La plataforma Cloudino fue diseñada pensando en 4 características principales:

- Tamaño pequeño
- Fácil de usar
- Hardware de bajo costo
- Modularidad

Y con estas características, la plataforma Cloudino permite incorporar tecnologías IoT en sus proyectos sin ninguna limitación técnica o económica.

La tarjeta Cloudino tiene precargado un firmware con los protocolos IoT más comunes, como MQTT o NGSI para Orion Context Broker, UDP, TCP, entre otros, lo que permite enviar información a la nube de manera sencilla y convierte la tarjeta en un CWC "Cloudino Wifi Conector".

Una característica importante del Cloudino WiFi Conector es que puede trabajar en conjunto con Arduino, es decir, se puede reprogramar el Arduino a través de la nube o wifi de manera remota. El CWC no es un escudo de Arduino, es otro procesador que trabaja en paralelo dedicado solo a la capa de red, dejando al microcontrolador Arduino utilizado para la comunicación con los sensores y actuadores.

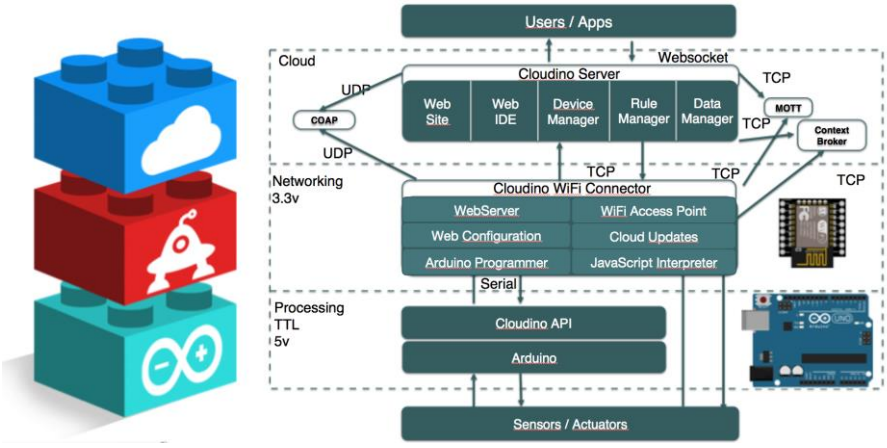


Fig. 2 Arquitectura de Cloudino.

Para realizar la comunicación entre los dispositivos y los servicios en internet de cloudino, se realizaron pruebas en las que se enviaron y recibieron datos de la plataforma a la tarjeta cloudino la cual cuenta con un ESP8266. El cual es un dispositivo que permite hacer una conexión con redes WiFi, y que además permite controlar o recibir señales de "cosas", que se encuentren conectados al dispositivo. La emisión de alarmas se llevará a cabo cuando: un semáforo se desconecte de la red, cuando deje de funcionar alguna de las luces indicadoras, o cuando se haya apagado por completo algún semáforo debido a la falta de corriente eléctrica, estas alarmas se mostrarán mediante el sistema web que se desarrollara para estar pendiente de las alertas. En las pruebas que se realizaron se hizo uso de los servidores que ofrece el fabricante, la programación se puede realizar de dos formas, ya sea por líneas de código en un lenguaje propio de la tarjeta o a través de bloques, las alarmas serán visuales en el sistema, para el caso de las pruebas realizadas se decidió realizar la programación a bloques como a continuación se muestra.

 ISSN 2007-8102

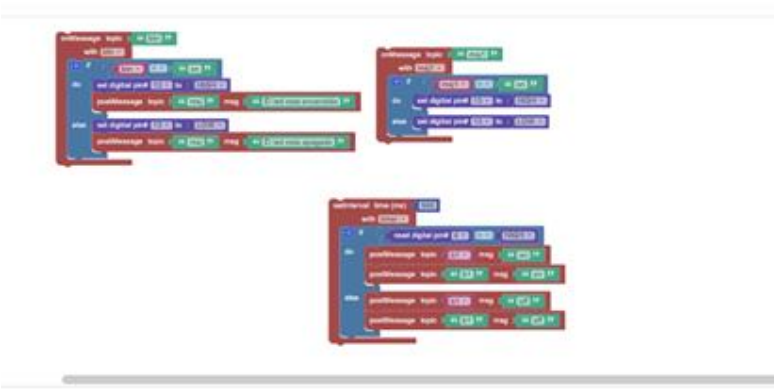


Fig. 3 Interfaz de Cloudino, programación a bloques.

Una vez que se ha conseguido la conexión a la nube de acuerdo a la arquitectura de Cloudino, se hará comunicación con un microcontrolador un PIC18F4550, quien será el encargado de gestionar el control de los semáforos, quedando de la siguiente manera como se muestra en el diagrama a bloques:

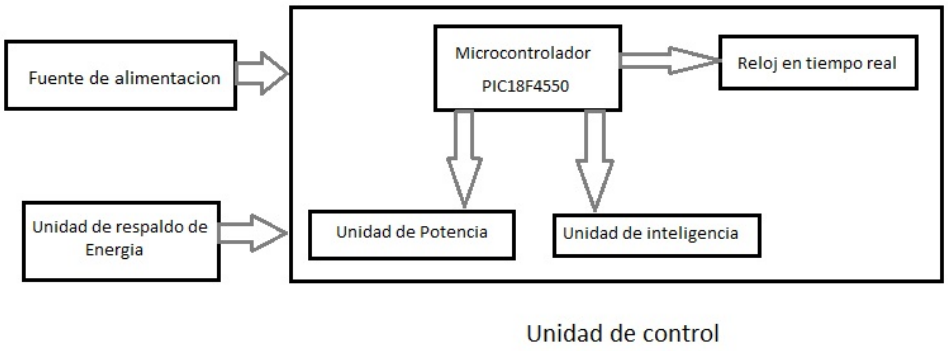


Fig. 4 Diagrama a bloques de semáforo vial.

Resultados y discusión

Una vez habiendo realizado la conexión entre el servidor alojado en la nube, con los demás dispositivos es decir Cloudino y el microcontrolador, se procederá a la implementación en los 10 puntos en los que se tienen colocados los semáforos en el anillo periférico, la idea es que la Dirección de Transito del municipio de Iguala tenga ahora si, por completo todo el control de los semáforos que se encuentran en la ciudad. En cuanto a la colocación solo se reemplazarán las tarjetas de control actuales por las que se proponen ya que la estructura actual se conservara, al igual que los cabezales que no son con tecnología LED serán reemplazados, para lograr también un ahorro de energía al municipio, la realización de esta obra se propondrá llevar a cabo de acuerdo a las siguientes fases y se espera que el municipio acepte la propuesta, que mucha falta le hace:

- Revisión de cabezales
- Reemplazo de tarjetas de control
- Montaje de infraestructura de Internet
- Puesta en marcha
- Conexión con el servidor web para verificar funcionamiento óptimo de los semáforos

 ISSN 2007-8102

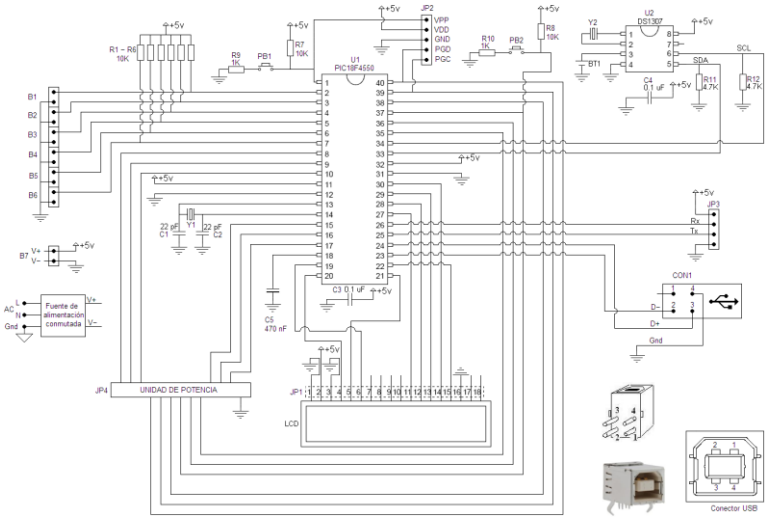


Fig. 5 Unidad de control

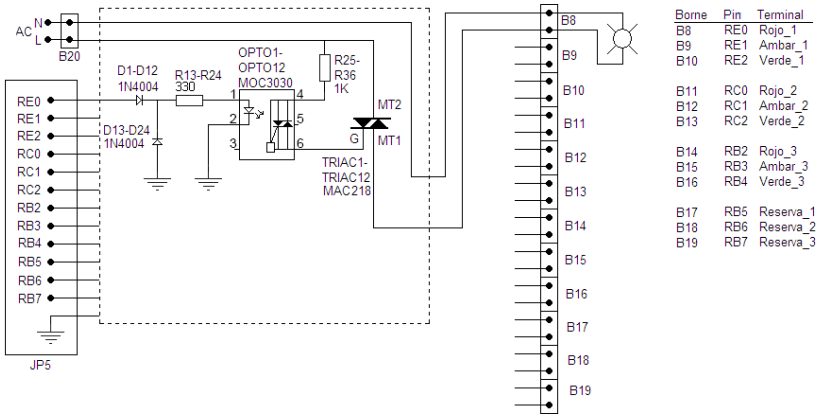


Fig. 6 Unidad de potencia

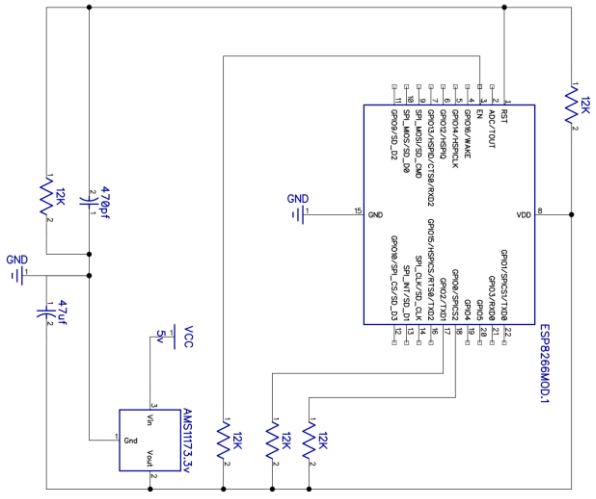


Fig. 7 Unidad de inteligencia

Actualmente existen semáforos con esta tecnología, pero al ser administrados por empresas los costos de mantenimiento son elevados, una de las ventajas es que el sistema propuesto sea administrado completamente por la Dirección de Transito de Iguala, y solo se dará mantenimiento preventivo tanto al sistema como a los semáforos de forma periódica, otra de las ventajas son los costos de las tarjetas de control, ya que son menores en relación con las que se encuentran en el mercado, y un plus que tienen es que cuentan con protección contra sobre cargas o algún corto circuito que se pudiera presentar, haciendo que la tarjeta y sus módulos queden protegidos, garantizando con ello la duración de la misma, la única desventaja que se tendría es la inestabilidad en el servicio de internet, lo que pudiera provocar que se perdiera la comunicación.

Este proyecto aún se encuentra en desarrollo, pero una vez que afinen todos los detalles que se han observado se llevara a cabo la propuesta al responsable de la Dirección de Transito de Iguala para y lo más importante, una vez que haya sido aceptada, se comenzara con la implementación de uno a uno para ir capacitando al personal que operara el sistema y estará al pendiente de los mismos, logrando que en un corto plazo se cuente con la colocación del 100% de los semáforos ubicados en el anillo periférico.

Trabajo a futuro

Parte de lo que falta realizar seria implementar paneles solares para obtener un ahorro significativo de energía, y también que el ayuntamiento cuente con su propio servidor para tener mas seguridad en el manejo de los semáforos, ya que se trata de cuestiones de seguridad que beneficiarían a los ciudadanos de Iguala, los turistas que visiten la ciudad y claro los automovilistas que tienen que cruzar por la ciudad para desplazarse a otros destinos, sin duda alguna este proyecto tiene mucho futuro y mas cosas que se podrían agregar, y lo importante es que esta hecho por ingenieros Igualtecos preocupados por su municipio.

Otro de los aspectos a mejorar también es el remplazo de ESP8266 por otro que, además de conexión WiFi también cuente con tecnología Bluetooth y me refiero al ESP32 para que en caso de alguna falla se realicen modificaciones vía Bluetooth, claro, también habría que desarrollar la APP.

Conclusiones

Implementar semáforos con Tecnologías de la Industria 4.0, es decir, con servicios WEB en la nube e IoT es posible, tras lograr realizar la conexión entre módulos WI-FI de manera remota se pudo enviar y recibir datos en tiempo real a un servidor en la WEB, teniendo así una comunicación entre ellos y logrando observar el control de los semáforos desde cualquier parte y lo mejor en tiempo casi real, ya que hay considerar que el sistema en lo que logra la comunicación tiene un desfasamiento en tiempo de 3 milisegundos lo cual es muy poco y casi despreciable, además de que el microcontrolador utilizado presenta mucha estabilidad y fácil programación.

Referencias

1. Valois, M.A. (22 Mayo 2018). Qué es internet de las cosas y cómo funciona. hostgator Recuperado de https://www.hostgator.mx/blog/internet-de-las-cosas/
2. Rouse,M.. (Septiembre,2019). ¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? Techtarget Recuperado de https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-IoT
3. INEGI. (2016). Consulta interactiva de datos.INEGI Recuperado de https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158

 ISSN 2007-8102

4. Flores.B. (04 de marzo 2015). CLOUDINO conectando el futuro. CLOUDINO. AGelectronica Recuperado de https://agelectronica.blog/2019/03/04/cloudino-conectando-el-futuro/
5. Infotec. (13 de febrero de 2018). *Cloudino-Doc*. Obtenido de https://github.com/Cloudino/Cloudino-Doc
6. Breijo, E. G. (s.f.). *Compilador CCS y simulador Proteus para Microcontrolaodes PIC.* S.A. Marcombo.
7. Schwartz, M. (2016). *Internet of Things with ESP8266.* Packt Publishing - Ebooks Account

Una mejora en la eficiencia computacional de simulaciones para el estudio de biocombustibles usando concurrencia

A. Rodriguez-Leon[1], J.C. Prince Avelino[2], M. Díaz Gonzalez[2], G.E. Ovando Chacon[2], JA. Gamboa Aguirre[1]*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México/I.T. Veracruz, M.A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91860, Veracruz, Ver., México
[2]Departamento de Ingeniería Mecánica, Tecnológico Nacional de México/I.T. Veracruz, M.A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91860, Veracruz, Ver., México
**abelardo.rl@veracruz.tecnm.mx*
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen
El presente trabajo describe los resultados de una primera aproximación del uso de un ambiente de cómputo de alto rendimiento (HPC por sus siglas en inglés) aplicado a la ejecución distribuida de simulaciones de combustión calculadas por el software de simulación FlameMaster. El ambiente HPC se compone del middleware xCat, el administrador de tareas Slurm y el lenguaje para la redacción de scripts Bash que permiten automatizar la ejecución de las simulaciones en el clúster. El ambiente fue implementado debido a que alumnos, e investigadores que realizan simulaciones con FlameMaster en sus computadoras personales, se ven afectados por el tiempo de ejecución de las mismas, ya que suelen tener parametrizaciones que demandan mucho procesamiento, lo que conduce a un tiempo de finalización demasiado largo. El sistema aquí descrito tiene como principal objetivo disminuir el tiempo de ejecución de simulaciones en FlameMaster implementando un esquema concurrente de paralelismo de datos.

***Palabras clave**: FlameMaster, paralelismo de datos, HPC.*

Abstract
The present work describe the results of a first approximation of the use of a high performance computing (HPC) environment apply to the distributed executions of combustion simulations calculated on the FlameMaster Software Simulator. The HPC enviroment its compose of the middleware xCat, the workload manager Slurm and the language for the design of BASH scripts that allow to automate the execution of the simulations in the clúster. The environment was implemented because students and researchers, that run simulations with FlameMaster in their personal computers, are being affected by the time of execution of eachself , since they usually have settings that demand high processing, which conduce to a very high ending time. The system described here has as a principal objective reduce the time of execution of the simulations in FlameMaster implementing a concurrent scheme of data parallelism.

***Key words**: FlameMaster,* data parallelism*, HPC.*

Introducción

La Computación de alto rendimiento (HPC) se refiere a la práctica de acumular poder informático de una forma que se disponga de más capacidad de cómputo de lo que puede tener una computadora de escritorio típica, para resolver grandes problemas en ciencia, ingeniería o negocios [Sravanthi y col., 2014]. Esta técnica se ha utilizado desde hace algunos años en el Laboratorio de Cómputo Intensivo (LCI) del Instituto Tecnológico de Veracruz, con el objetivo de apoyar a investigadores del cuerpo académico "Análisis y Simulación computacional en termofluidos y energías sustentables".

Algunos paquetes de software como Comsol, Spyder, SimulationX y FlameMaster se utilizan para hacer simulaciones basadas en diversos métodos matemáticos (como elemento finito) para aplicaciones físicas y de ingeniería, especialmente fenómenos acoplados, o multifísicos. Sin embargo, los resultados obtenidos de estos programas puede ser limitada debido a la poca capacidad de los equipo de cómputo donde se realizan los análisis. Lo anterior hace que los objetivos de una investigación estén restringidos por los recursos de cómputo ya que existen simulaciones [Fossen 2017] que requieren un gran poder computacional.

El tiempo que tardan en realizarse las simulaciones tiende a ser uno de los principales inconvenientes ya que estas no arrojan los resultados en tiempos razonables para los trabajos de investigación que se elaboran.

Una de las tareas que más poder de cómputo requieren son las simulaciones realizadas con el software FlameMaster para el estudio de la combustión usando biocombustibles (butanol específicamente) dentro de motores de combustión interna. Dichas simulaciones manejan principalmente tres parámetros: φ para la relación aire-combustible, T para la temperatura de la reacción y P para la presión en Bar. Las simulaciones se realizan variando estos tres parámetros, de manera que, se utilizan incrementos o decrementos a partir de un valor inicial y secuencialmente se ejecuta una simulación tras otra con el cambio de valores.

Por ejemplo, para el análisis de sensibilidad de un reactor homogéneo de volumen constante para mezclas de n-heptano / aire, se puede establecer una temperatura inicial de T = 250K y se desean simulaciones hasta una temperatura de T = 4000K con incrementos de 50K. Si este proceso de simulación es llevado a cabo secuencialmente en una computadora personal, el tiempo de finalización puede llegar a ser inadmisible y más aún si se considera que cada simulación independiente con T fija se resuelva en 2 horas aproximadamente.

Este tipo de estudios son desarrollados frecuentemente por investigadores del área de mecánica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, pero suelen estar limitados por el número de simulaciones que puedan realizar en determinado tiempo debido a la parametrización antes mencionada y el limitado poder computacional de sus computadoras personales.

Por lo anterior, se vio que era necesario hacer mejoras para elevar la eficiencia computacional de las simulaciones aprovechando el poder de cómputo de los clúster disponibles en el LCI. Para ello se diseñaron y aplicaron los cambios necesarios (a nivel hardware y software) en el clúster Agave que permitieron aprovechar la concurrencia que proporcionan estos equipos de cómputo para reducir los tiempos computaciones de las simulaciones de reacciones fisicoquímicas realizadas específicamente con FlameMaster, para evalúa la calidad de combustión usando bioetanol.

Los beneficios implícitos más importantes derivados de estas mejoras se pueden clasificar en dos categorías: ventajas computacionales y beneficio en el estudio de biocombustibles. Las ventajas computacionales se describen a continuación:

- Reducción de los tiempos de ejecución de simulaciones y análisis.
- Disponibilidad tiempo para utilizar modelos complex en lugar de modelos lineales
- Procesar problemas más grandes, que antes no eran viables por los largos tiempo de terminación.
- El uso de gestores de tareas permite a los usuarios del clúster planificar diversas simulaciones sin tener que esperar a la finalización de una. Esto reduce parte del tiempo de atención que los investigadores invierten en el estudio de biocombustibles.
- La mayoría de los sistemas y mejoras que se implementaron en el clúster para este proyecto pueden ser también aplicables a otros proyectos similares que requieran altas prestaciones computacionales.

Los beneficios en el estudio de biocombustibles son los siguientes:

- La importancia en el estudio de biocombustibles radica en que apuntan a ser los sustitutos (parciales o totales) de los combustibles fósiles como el petróleo y sus derivados.
- El conocimiento detallado de los biocombustibles (como el biodiesel [Serna y col., 2011]) ayudan a disminuir la contaminación medio ambiental .
- El análisis de sensibilidad es una técnica que facilita la toma de decisiones basada en la correlación de impacto que tienen las variables independientes en las dependientes. Estas técnicas son muy usadas en el estudio de los biocombustibles mediante simulaciones computacionales, sin embargo, generalmente requieren parametrizaciones con amplios rangos de valores, lo que lleva a necesitar una gran cantidad de cómputo.
- Las ecuaciones en derivadas parciales no lineales son muy utilizadas en el ámbito de la simulación. Ecuaciones como: "*Williams–Boltzmann equation* [Williams, 1958]*, Clarke's equation* [Clarke, 1978] utilizan métodos numéricos como el de Newton-Raphson para su solución, lo cual también demanda un alto poder de cómputo.

Estado del arte

FlameMaster

FlameMaster [Rwthaachen, 2019] es un programa desarrollado por el alemán Heinz Pitsch y escrito en C++ para el cálculo y simulación de modelos 0D de combustión y 1D de flama laminar. El paquete incluye diversos ejemplos para:

- Reactor homogéneo o reactor de flujo obturador.

- Llamas estables de contraflujo con flujo potencial o condiciones de límite de flujo de pistón.
- Llama premezclada que se propaga libremente.
- Ecuación de flama constante.
- Ecuaciones de flama inestables.

FlameMaster puede realizar cálculos homogéneos de reactores y reactores perfectamente agitados, y es capaz de simular las flamas premezcladas de propagación libre y las flamas de difusión de contraflujo constante con condiciones potenciales de flujo [Turanyi y Col., 2014].

FlameMaster puede ser utilizado para resolver las ecuaciones de una llama tal como lo hizo H. Pitsch [Pitsch, 2006]. Para resolver modelos de llama constante se requieren de numerosas entradas, condiciones de límite para la ecuación de llama y distintas soluciones para un rango de valores de mezcla estequiométrica.

xCat

xCat es un proyecto de código abierto que ofrece una interfaz unificada para la construcción de clústeres de alto rendimiento. Presenta herramientas potentes para el descubrimiento y control de hardware, y despliegue diskfull y diskless (instalación que ejecuta por entero el sistema operativo en memoria y no requiere disco duro). Este middleware cuenta con una lista extensa de sistemas operativos base que soporta. Empresas como Lenovo e IBM desarrollan estrategias HPC basadas en xCat ya que provee integración con la nube, administración y gestión remota. En 2008 el clúster de IBM RoadRunner [Komornicki y Col.,2019] (catalogada como la supercomputadora más potente del mundo en 2008) funcionaba con xCat.

Aplicación de concurrencia computacional (HPC) para el estudio de reacciones físico-químicas

Se realizó una búsqueda de trabajos publicados en los cuales se hubieran aplicado diversas técnicas computacionales para obtener alguna mejora en simulaciones aplicadas a diferentes problemas de ingeniería.

En [Atonelli y Col.,2009] se desarrolló un multi solucionador para modelos de combustión basados en ecuaciones diferenciales ordinarias (ODE, por sus siglas en ingles). Este solucionador escrito en Fortran 77 esta interconectado con el paquete Chemkin II el cual es utilizado para resolver problemas complejos de cinética química. El solucionador aprovecha el poder computacional de la grid *EngineGrid*, una grid conformada por los clústeres Imbeo y Vega.

La metodología en el lanzamiento de tareas es muy similar a la utilizada en el clúster Agave ya que se utiliza un gestor de tareas (Condor -G en este caso) el cual se encarga de asignar los recursos a las simulaciones, sin embargo la distribución del problema es diferente ya que el multisolver hace un balance de carga eficiente que toma en cuenta las características de ambos modelos (Chemkin y KIVA3V).

En [Wang y Col, 2015] se construyó un clúster Linux HPC para resolver simulaciones de combustión turbulenta constante. Se utilizó el modelo *"Sydney Flame HM1"* para el estudio de mecanismos cinéticos químicos en la reacción de combustión del aire y el gas de carbón. La plataforma para computación paralela consiste en la implementación de Mecánica de Fluidos Computacional (CFD, por sus siglas en inglés) con OpenFOAM. OpenFOAM es una librería completa escrita en C++ para la resolución de modelos con ecuaciones diferenciales parciales. OpenFOAM es un software de código abierto, lo que le permite al usuario, añadir mejoras, estudiar el código fuente y adaptarlo a sus necesidades.

A diferencia del clúster Agave, la estructura descrita, no utiliza un gestor de tareas y ni usa un Middleware ya que OpenFOAM se encarga de distribuir subdominios del problema de simulación a cada recurso disponible del clúster. De esta forma el usuario solo diseña la configuración para el uso de recursos acorde a sus necesidades.

En [Gorbachev y Col., 2001] se describe el uso de los nuevos modelos físicos para la ejecución de simulaciones del proceso de deposición de películas de silicio amorfo hidrogenado (***a-Si: H***) en combinación con un algoritmo que mapea eficientemente las tareas en los recursos disponibles en un clúster LINUX. Los modelos de ***a-Si: H*** manejan muchos parámetros y propiedades. Considerando esto, analizaron el comportamiento del sistema asignando muchas tareas con diferentes condiciones iniciales en paralelo, en diferentes procesadores (arquitectura MIMD). Este tipo de arquitectura es eficiente cuando se trata de instrucciones o cálculos independientes ya que un gran problema se divide en taras más pequeñas sin dependencias que es resuelta por cada procesador. El *"Institute for High Performance Computing and Data Bases"* desarrolló un gestor de tareas capaz de reducir los tiempos de ocio que se presentan en el paralelismo de datos. Lo hace cuando detecta que una unidad de procesamiento está inactiva (*iddle),* inmediatamente el gestor inicia un proceso con un nuevo conjunto de datos. El gestor de tareas fue desarrollado en C++ manejando la comunicación por paso de mensajes con MPI. El gestor también cuenta con una interfaz de usuario (GUI) desarrollada con la biblioteca grafica GTK+ y Glade.

 ISSN 2007-8102

Preparación del clúster HPC

En este punto se describen los procedimientos preliminares para la implementación del sistema concurrente base que se usó para la automatización de simulaciones en FlameMaster.

Instalación del servidor principal.

El servidor principal de un clúster computacional es el nodo administrador de las tareas que se ejecutan en el clúster, es el nodo que directamente interactúa con los usuarios y provee una interfaz que sale a internet.

En la figura 1 se puede observar el estado actual del clúster Agave, para información sobre hardware y estructura lógica.



Figura 1: Estado actual del clúster agave

Instalación del sistema operativo base (SOB)

El primer paso es la actualización del SOB en el servidor que fungirá como servidor principal. En este aspecto xCat es un middleware altamente flexible debido a su compatibilidad con diversos sistemas operativos, uno de ellos es CentOS 7, la opción que se Eligio para el clúster Agave.

Instalación del middleware xCat

La importancia de que el servidor principal cuente con acceso a internet nos lleva a que las herramientas principales se deben de instalar en un nodo maestro, para que este a su vez, distribuya los paquetes necesarios a los nodos de cómputo. La instalación del middleware xCat en el servidor principal consta esencialmente de dos pasos:

1. Definir los repositorios de xCat.
2. Instalar el paquete xCat.

Instalación del gestor de tareas Slurm

Slurm es un gestor de tareas muy flexible para su configuración, ya que se adapta a diferentes tipos requerimientos. El funcionamiento de slurm se basa en tres pasos:

1. Asigna un acceso exclusivo o no exclusivo a un usuario para que pueda realizar sus tareas en un tiempo determinado.
2. Proporciona un marco de trabajo para que el usuario pueda iniciar, ejecutar y monitorear sus tareas.
3. Finalmente, revisa el estado de las tareas pendientes y reasigna de recursos necesarios.

Una herramienta de slurm que fue importante para el desarrollo de los scripts que realizan la ejecución concurrente de simulaciones es *srun.* Srun ejecuta trabajos paralelos en un clúster administrado por Slurm. Si es necesario, srun primero crea una asignación de recursos para ejecutar el trabajo paralelo. Utilizar srun resulta eficaz para conjuntos de tareas o trabajos cuyos resultados son independientes entre sí, por ejemplo, cálculos seriales independientes [Utah, 2018], siendo esta la forma en que funciona el software FlameMaster.

Instalación de FlameMaster

Los siguientes paquetes son necesarios en la instalación de FlameMaster 3.3.10: Flex y devel, Bison y devel, CVODE, Yacc, Make y Cmake.

La metodología para la ejecución simulaciones (secuenciales) en FlameMaster es la siguiente:

1. Ubicar el directorio de la simulación a ejecutar: El código FlameMaster cuenta con algunos ejemplos preinstalados. En algunas simulaciones solo se requiere variar algunos parámetros sobre eso ejemplos. En otros si se requiere de nuevos mecanismos de reacción se necesita ubicar crear los archivos ".pre" y archivos generados por *scanman* en las rutas establecidas por FlameMaster.
2. Hacer los cambios necesarios en los archivos de entrada *FlameMaster.input o FlameMaster.in* estableciendo parámetros y variaciones para obtener los resultados deseados.
3. Analizar los resultados arrojados en la ruta establecida en los archivos de entrada.

DESARROLLO

Cabe recordar que el objetivo del sistema concurrente motivo de este documento es disminuir el tiempo de finalización de las simulaciones en FlameMaster aprovechando eficientemente el hardware del clúster Agave. Para ello se podrían haber seguido varios caminos, pero como primera aproximación se decidió hacer concurrencia aprovechando solo los recursos de distribución de tareas del propio middleware instalado en el clúster. Es decir sin utilizar ninguna tecnología de paralelización como paso de mensajes o hilos (threads).

Se usó el esquema concurrente específico llamado paralelismo de datos que consiste en dividir los datos de un gran problema y procesarlos en diferentes entidades. Para ello se necesita que las instancias que resolverán una parte del problema sean independientes entre sí.

En FlameMaster el análisis de sensibilidad que se realiza con las simulaciones cumple con ese requisito pues cada instancia resuelve un rango de datos específico y no requiere de otras instancias para obtener los resultados.

Automatización de ejecución concurrente de simulaciones en FlameMaster

FlameMaster hace todas las simulaciones considerando en el mismo programa el rango completo de todos los parámetros que necesite. Debido a esta situación se consideró que el mejor enfoque era realizar la división de trabajo que requiere una solución concurrente con base a los dos parámetros independientes más importantes: presión y temperatura. Esto permite aplicar un tipo de concurrencia específica llamada paralelismo de datos a la simulación completa. El paralelismo de datos se basa en la división el problema en pequeñas simulaciones independientes lo que hace posible el aprovechamiento del hardware multinúcleo disponible, distribuyendo la carga de trabajo computacional entre todos los núcleos dentro de los procesadores en el nodo principal del clúster Agave.

La automatización de simulaciones concurrentes en FlameMaster se logró mediante un par de scripts bash de nombre *flame y nestedforflame*. El primero obtiene los parámetros que se aplicarían a la simulación mediante la línea de comandos. El segundo script *nestedforflame* es en donde se realiza el paralelismo de datos, subiendo a la cola de tareas de slurm las simulaciones en cada llamada, con los parámetros establecidos previamente por el script *flame*. Ambos scripts se detallan a continuación.

El script flame.

El script flame cuenta con las siguientes 5 secciones:

Sección ayuda. En caso de un error en el manejo del script, se muestra un menú que indica la forma correcta de usar los parámetros.

Sección parámetros por default. Sirve para establecer valores por default en caso de que no se especifiquen mediante la consola.

Sección validación. Esta sección se encarga de validar los parámetros dados para evitar comportamientos extraños en las simulaciones.

Sección parametrización de concurrencia. Es importante indicarle a slurm el número de tareas a ejecutar para que la asignación de recursos sea eficiente y se evite la sobrecarga del demonio de administración. Es por esto que se asigna el número de tarea con base a la formula siguiente.

$$N = \left[\left(\frac{Pf - Pi}{Ps}\right) + 1\right] \cdot \left[\left(\frac{Tf - Ti}{Ts}\right) + 1\right]$$

Dónde:

***N**: Numero de tareas paralelas*

***Pf**: Presión final*

***Pi:** Presión inicial*

***Ps**: Incremento de Presión*

***Tf**: Temperatura final*

***Ti**: Temperatura inicial*

***Ts**: Incremento de temperatura*

Sección ejecución de la concurrencia. Finalmente, se sube el script bash *nestedforflame* a la cola de tareas de slurm con los parámetros establecidos por el usuario. El código *nestedForFlame* es el encargado de efectuar el paralelismo de datos.

El script nestedForFlame

El script nestedForFlame cuenta con 4 secciones que se describen a continuación:

Sección configuraciones de slurm. Concretamente se establece el número de instancias paralelas de FlameMaster a ejecutar por slurm, mediante el comando srun.

Sección de preparación de Srun**:** Se parametrizó el comando *Srun* con las siguiente opciones:

- *exclusive*: Asegura que se ejecuten N instancias efectivamente. Es decir, que un núcleo de procesador al cual le fue asignada una simulación no puede realizar otras tareas.
- *N1:* Establece el mínimo de nodos computacionales para utilizar, 1 en este caso.
- *n1:* Indica el número de tareas a ejecutar. Ya que las ejecuciones están regidas por ciclos "*for"* anidados, es importante indicar a srun que ejecute solo una instancia, de lo contrario lanzarían las mismas n tareas por cada iteración.
- *c1:* Establece el número de núcleos del procesador por utilizar en cada simulación paralela, 1 en este caso.

Sección preparación inputs de FlameMaster. Se preparan los archivos *inputs* necesarios con las temperaturas específicas para cada simulación individual de FlameMaster. Esto evita que FlameMaster maneje un rango de temperaturas.

Sección ejecución concurrente con diferentes presiones. Esta sección se realiza el paralelismo de datos en el clúster variando las presiones. Se crea una instancia de FlameMaster por cada con uno de los archivos de temperaturas generados en la sección anterior. Para cada uno se van variando las presiones desde un valor inicial a uno final, con un incremento especifico.

Ejemplo de ejecución del comando *flame sería el siguiente*:

```
[user@H2$] flame -i FlameMaster.input -p 5 -x 10 -z 5 -y 10
```

El comando anterior coloca la simulación de FlameMaster seleccionada en la cola de tareas de slurm.

Resultados

En este punto se describe y analizan los resultados obtenidos. También se puntualizan algunos aspectos para determinar el alcance de los objetivos establecidos al inicio del proyecto.

Metodología para el análisis de rendimiento.

Los análisis que se realizan con una simulación incluyen generalmente un amplio rango de variación tanto de temperatura y como de presión. La simulación que se utilizó en nuestro caso se llamada NC4H10 y se usa para analizar la sensibilidad del butano a través de un método de reacción generado con la herramienta *scanman* de FlameMaster.

Las variaciones de los rangos de presión y temperatura se ejecutan en varias simulaciones independientes para todas las combinaciones de temperatura y presión. Normalmente se llevan a cabo secuencialmente y posteriormente se analizan los resultados arrojados por cada una. Correr secuencialmente este conjunto de simulaciones conlleva a grandes cantidades de tiempo. Para tener una idea del tiempo requerido en esta simulación, con una temperatura de 750 y presión de 20, en una Laptop con procesador AMD A9-9420 Radeo con 4 Gb de RAM. FlameMaster necesitó 23 horas con 20 minutos para terminar.

Se probaron dos enfoques de distribución llamados NC4H10-1 y NC4H10-2 mediante el uso del script *flame* descrito anteriormente. En NC4H10-1 se deja que la variación de la temperatura la maneje el FlameMaster y hace la ejecución concurrente variando solo la presión. En NC4H10-2 se maneja concurrencia usando tanto temperatura como presión. Para ambos enfoques se usaron los siguientes rangos: Presión de 10 a 40 con incrementos de 10 y Temperatura de 550 a 1000 con incrementos de 50.

La cantidad de instancias concurrentes varían para cada enfoque. Siendo 4 para NC4H10-1 (cada una con 10 temperaturas) y 40 para NC4H10-2 (cada una con una temperatura y presión individual en los rangos mencionados.

El tiempo estimado de ejecución de la simulación NC4H10-1 en el servidor principal del clúster Agave (cuenta con dos procesadores Xeon E5-2658v4 de 14 núcleos de procesamiento) fue de alrededor de 236 horas (aproximadamente 9.8 días). Se dice que es estimado pues aproximadamente a las 108 horas continuas de procesamiento llevaba el 46% de avance de la simulación completa. Se tuvo que cortar la prueba por razones de integridad de los equipos ya que se apaga el clúster los fines de semana. Sin embargo con este resultado nos dio una idea que el tiempo de ejecución seguía siendo muy alto para para lo que se esperaba obtener. La razón de que este tiempo fuera tan alto es que solo se están aprovechando 4 de los 28 núcleos del procesamiento que tenía el clúster de prueba. Cabe señalar que en esta prueba se pudo observar también que el tiempo de cálculo de las simulaciones no es homogéneo ya que con algunos parámetros se requieren más tiempo en concluir la simulación que con los demás.

Para la simulación NC4H10-2 se hicieron dos corridas y se usaron los mismos rangos de valores para los parámetros Temperatura y Presión indicados antes para NC4H10-1, pero en este caso se definieron 40 instancias. El tiempo de la primera ejecución fue de 73543 segundos (20:25:43 horas) y la segunda de 73081 segundos (20:18:01 horas), que nos da un tiempo promedio de 73312 segundos (20:21:52 horas).

Ejecución secuencial simulación NC4H10

Para poder saber que tan bueno es el aprovechamiento del poder de cómputo del clúster es necesario conocer el tiempo secuencial además del tiempo paralelo. Con estos dos valores es posible determinar aceleración (SpeedUp) y la eficiencia de la concurrencia aplicada.

Vale la pena recordar que el tiempo de finalización de la ejecución secuencial de la simulación NC4H10 es sumamente alto, poco aceptable aun en el clúster Agave. Para calcularlo con una buena aproximación se partió de los tiempos individuales obtenidos de todas las simulaciones en las dos ejecuciones paralelas. Para obtener los tiempos individuales de estas simulaciones se usó la herramienta *sacct* de *slurm*. El cálculo obtenido de esta manera nos da un nivel confiable del tiempo secuencial en la simulación NC4H10. La estimación del tiempo secuencial se realizó con la siguiente formula:

$$T_{sec} = \left[\left(\sum_{i=1}^{N} E1_i\right) + \left(\sum_{i=1}^{N} E2_i\right)\right] \Big/ 2$$

$$T_{sec} = [2205598 + 2205943] \ / 2 \ = \ 2{,}205{,}771 \text{ seg}$$

Dónde:

Tsec = Tiempo secuencial promedio en segundos de la simulación NC4H10.

N = Numero de simulaciones independientes o tareas paralelas en nuestro caso 40.

E1 = Tiempo en segundos de finalización individual de la ejecución paralela 1

E2 = Tiempo en segundos de finalización individual de la ejecución paralela 2

El tiempo secuencial en segundos obtenido es utilizado para el cálculo de las métricas de rendimiento computacional del siguiente apartado. Se optó por este método por motivos de practicidad ya que la ejecución secuencial de la simulación NC4H10 finalizaría en cerca de 26 días.

Aceleración (SpeedUp) y eficiencia de las ejecuciones paralelas

Para calcular la aceleración obtenida por la concurrencia implementada (paralelismo de datos) en un nodo computacional, se utilizan los tiempos promedio secuencial y paralelo descritos antes.

Aceleración:

$$Sp = \frac{2205771}{73312} = 30.08$$

Eficiencia computacional

$$Ef = \frac{30.08}{40} = 0.77 = 77\%$$

Trabajo a futuro

El paralelismo de datos aplicado a la simulación basada en FlameMaster da por resultado una considerable disminución en los tiempos de ejecución. Sin embargo, se considera que estos tiempos pueden disminuir aún más, teniendo una mejor gestión de los recursos computacionales. Esto se lograría mediante la aplicación ya de técnicas de programación paralelas como OpenMP y MPI. El hecho de que FlameMaster sea de código abierto permite a los desarrolladores analizar y estudiar el código ya sea para contribuir con mejoras o adaptarlo a diferentes necesidades. Por lo tanto un posible futuro trabajo, seria implementar con OpenMP o MPI en el código fuente FlameMaster un esquema de balance de carga más eficiente que permita subir el

aprovechamiento (eficiencia) del hardware disponible. Dicho en términos más técnicos sería necesario aplicar paralelismo de grano medio y fino, para disminuir el tiempo de ocio que se tiene el nivel actual.

Conclusiones

Cabe señalar que no se está mejorando la exactitud de las simulaciones. Estas funcionan correctamente. Lo que se mejora es el tiempo de ejecución, para obtener resultados en un tiempo razonable. Obviamente debemos de cuidar dos cosas al momento de implementar una solución concurrente.

Primero verificar que al aplicar las técnicas paralelas no se afecte el funcionamiento correcto de la simulación, es decir que los resultados tanto en las versiones paralela y como secuencia sean los mismos. Esto podría parecer trivial pero al momento de hacer la paralelización (sobre todo de grano medio y fino) puede modificarse el simulador y hacer que funcione de forma incorrecta la versión paralela. La implementación desarrollada mediante scripts es de grano grueso por lo que no se afectó el resultado en las versiones paralelas. De todas formas los resultados fueron verificados por los investigadores expertos en el manejo del simulador FlameMaster.

Segundo, que el aprovechamiento del hardware disponible sea el mejor posible. Sabemos que el tiempo computacional tiene altos costos económicos (precio de equipos, depreciación, energía eléctrica, espacio, etc.) por ello es necesario tratar de hacer la mejor versión concurrente que aproveche adecuadamente los equipos. Para verificar que tan bueno es el aprovechamiento es que se tienen las métricas como la Aceleración y la Eficiencia.

La eficiencia del 77% obtenida fue aceptable y quiere decir que del 100% del poder de cómputo total del equipo usado se están aprovechados más de tres cuartas partes del poder total. El 23% restante que se pierde (o que no se aprovecha) de ese poder de cómputo, es debido a retardos de comunicaciones, administración de sistema operativo, gestión de tareas y tiempo de ocio de las aplicaciones. Este 23% podría ser menor si se aplican técnicas más finas de paralelismo en versiones posteriores de este mismo trabajo

Finalmente los resultados son importantes pues permiten actualmente a los investigadores hacer simulaciones mucho más grandes y complejas incluso en menor tiempo que las que estaban realizando, antes con el uso de computadoras individuales.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Tecnológico Nacional de México para el desarrollo de esta investigación

Referencias

1 G. Sravanthi, B.Grace y V.kamakshamma, “A review of High Performance Computing” IOSR Journal of Computer Engineering, vol. 16, nº 1, pp. 36-43, 2014.
2 SMB. Fossen, “Parallel Computing and Optimization withCOMSOL Multiphysics” Junio 2017. [En línea]. Available: https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2490361/17145_FULLTEXT.pdf. [Último acceso: Julio 2019].
3 F. Serna, L. Barrera y H. Montiel, “Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustible” Journal of Technology Management & Innovation, vol. 6, nº 1, p. 104, 2011.
4 F. A. Williams, “Spray combustion and atomization” The physics of fluids, pp. 541-545, 1958.
5 J. F. Clarke, “Propagation of Gasdynamic Disturbances in an Explosive Atmosphere”, Combustion in Reactive Systems, New York, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1978, p. 383.
6 Rwthaachen University, Web Page. Available: https://www.itv.rwth-aachen.de/en/?amp%3BL=1&cHash=db4ed8ae13e19ad52c43fa5a92867c56 [Último acceso: Julio 2019].
7 T. Turanyi y A. S. Tomlin, “Analysis of Kinetic Reaction Mechanisms”, New York: Springer, 2014.
8 H. Pitsch, “Creating a Flamelet Library for the Steady Flamelet Model or the Flamelet/Progress Variable Approach”, 2006.
9 A. Komornicki, G. Mullen y D. Landon, “Roadrunner: Hardware and Software Overview”. IBM Redbook, 2009.
10 L. Antonelli, P. Belardini, P. D’Ambra, F. Gregoretti y G. Oliva, “A distributed combustion solver for engine simulations on grid” Journal of Computational and Applied Mathematics, vol. 226, nº 2, p. 197–204, 2009.
11 Y. Wang y W. Zhou, “Design and Application of Small Scale Cluster System Based on OpenFOAM” International Journal of Hybrid Information Technology, vol. 8, nº 2, pp. 121-134, 2015.
12 Y. E. Gorbachev, M. A. Zatevakhin, V. V. Krzhizhanovskaya, A. A. Ignatiev, V. K. Protopopov, N. V. Sokolova y A. B. Witenberg, “Distributed Simulation of Amorphous Hydrogenated Silicon Films: Numerical Experiments on a Linux Based Computing Environment”, Lecture Notes in Computer Science, pp. 483-491, 2001.
13 The University of UTAH, “CHPC - Research Computing Support for the University”, 1 Enero 2018. [En línea]. Available: https://www.chpc.utah.edu/documentation/software/serial-jobs.php. [Último acceso: 21 Noviembre 2018].

Detección automática de carcinomas ductal y lobular con Redes Neuronales Convolucionales

J. R. Sánchez Quintero[1], M. T. Serna Encinas[1], D. Romo Montaño[2], C. E. Rose Gómez[1], F. J. Carrasco Guigón[1]*

[1] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ave. Tecnológico y Periférico Poniente S/N, C.P. 83170 Colonia Sahuaro, Hermosillo Sonora, México
[2] Hospital General del Estado de Sonora, Departamento de patología, Boulevard Luis Encinas Johnson S/N, C.P. 83000, Colonia San Benito, Hermosillo Sonora, México
[*]matise0273@gmail.com
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Actualmente, el cáncer de mama es el tumor maligno que afecta más frecuentemente a las mujeres; de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), tiene una morbilidad de 2.1 millones en mujeres cada año, alcanzando en 2018, 627,000 defunciones de mujeres. Este artículo presenta el avance de un sistema para la detección del carcinoma ductal y lobular de acuerdo a la histología celular. Las imágenes utilizadas para las redes neuronales convolucionales (CNNs), contienen células representativas de cada subtipo, estas células pertenecen a biopsias de pacientes no identificados, derivadas de tinciones por Hematoxilina/Eosina (H&E). Las muestras recolectadas se distribuyeron de la siguiente manera: 320 muestras para el entrenamiento, 80 para la validación y 100 utilizadas en las pruebas de funcionamiento. Del mejor modelo, se obtuvo una precisión de 0.93 en el entrenamiento, con una pérdida de 0.15, y una precisión de 86% en las pruebas de funcionalidad.

***Palabras clave**: Cáncer, Patología, Imágenes, Redes Neuronales Convolucionales.*

Abstract

Nowadays, breast cancer is the malignant tumor that most frequently affects women In accordance with the World Health Organization (WHO), it has a morbidity of 2.1 million in women every year, in 2018 there were 627,000 deaths of women. This paper presents the progress of a system for the detection of ductal and lobular carcinoma using the cellular histology. The images used for the classification using convolutional neural networks (CNNs) contain representative cells of each subtype, these cells are derived from tints with Hematoxylin / Eosin (H&E), and these cells belong to biopsies of anonymous patients. The collected samples were distributed as follows: 320 samples for training, 80 for validation and 100 used in performance tests. From the best model, an accuracy of 0.93 was obtained in training, with a loss of 0.15, and an accuracy of 86% in functionality tests.

***Key words**: Cancer, Pathology, Imagens, Convolutional neural network.*

Introducción

Actualmente, el cáncer de mama es el tumor maligno que afecta más frecuentemente a las mujeres; de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), tiene una morbilidad de 2.1 millones en mujeres cada año, con una cantidad de muertes asociadas de considerable magnitud, alcanzando en 2018, 627,000 defunciones de mujeres por esta afección. Esto representa, aproximadamente, el 15% de las muertes en el sexo femenino por cáncer [1].

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en América Latina supone una incidencia del 25.2% de los nuevos casos diagnosticados y un índice del 15.1% en mortalidad [2]. En México, se ha reportado un incremento en la tasa de mortalidad en el periodo de 2011 a 2016, representando la muerte de 16 mujeres de 20 años o más por cada 100,000 mexicanas [3]. Aunque para el sexo masculino la tasa de incidencia es baja, existen reportes de casos asociados.

Las descripciones de las lesiones causadas por cáncer de mama están dadas por las características morfológicas de las células que crecen de forma descontrolada [4]. Este crecimiento de células ocurre, principalmente, en dos zonas importantes de la mama, los conductos galactóforos, que generan de 15 a 20 lóbulos de tejido glandular y el otro en los lóbulos, los cuales drenan la leche hacia los conductos [5]. Se denomina como carcinoma *In situ* cuando sólo existe en la región de crecimiento, restringido a la lámina basal, o *Invasivo*, cuando tiene metástasis a otras partes del tejido, pasando más allá de la membrana basal de la estructura en la cual se desarrollaba [6].

El carcinoma generado en los conductos es denominado Carcinoma Ductal, sus características principales están dadas por la composición de ductos de una sola capa de células epiteliales que encierran un lumen. Conformando más del 90% del tumor. Los ductos son generalmente ovalados o con formas anguladas. La morfología de la célula es moderadamente pequeña, regular, con pequeños polimorfismos nucleares, escasas figuras mitóticas y un nucléolo discreto [7]. Un Carcinoma Ductal *In Situ* (CDIS), puede clasificarse en tres grados de atipia citológica. El alto-grado está representado, en su mayoría, por células atípicas marcadas con pleomorfismo nuclear, con células grandes (más de 2.5 veces el tamaño de un eritrocito) en patrones arquitecturales alineados, variables, sólidos y cribiformes. Un bajo-grado se define por la proliferación de células monomórficas, células de tamaño pequeño (de 1.5 a 2 veces un eritrocito) con núcleos del mismo tamaño y pocas veces presentan figuras mitóticas, así como patrones sólidos y cribiformes. Finalmente, el grado intermedio, presenta características entre los dos grados mencionados anteriormente [8].

Por otra parte, el carcinoma generado en los lóbulos, Carcinoma Lobular (CL), se caracteriza por lesiones epiteliales atípicas, originadas en las puntas de los ductos hacia los lóbulos. Tiene proliferación de células pequeñas, no-cohesivas, ligeramente hipercromáticas, espaciadas uniformemente, llenando lúmenes acinares, donde puede o no afectar a los conductos. En la mayoría de los casos, algunas células cuentan con vacuolas intracitoplasmáticas frecuentemente con glóbulos eosinófilos de mucina [7] [9]**.** Sus células pueden dividirse en dos subtipos: las que tienen poco citoplasma y un núcleo de un tamaño 1.5 veces un linfocito (tipo A) y los que tienen abundante citoplasma y núcleo más grande (Tipo B) [9].

La importancia del diagnóstico con el CDIS recae en el incremento de riesgo de contar con un carcinoma invasivo [8]. Principalmente, distinguir un CLIS (Carcinoma Lobular *In Situ*) de un CDIS es esencial, puesto que, CL generalmente dicta el seguimiento y la quimio-prevención con tamoxifeno, en lugar de la erradicación con cirugía y radioterapia que el CDIS requiere [9].

Para el análisis de la biopsia, basta con distinguir las células a través de una tinción con hematoxilina-eosina (H&E) [9]. Sin embargo, el diagnóstico es difícil cuando existe poco tejido para examinar o hay presencia de células des-cohesivas en patrones representativos de un CDIS. Para ello, puede aplicarse inmunohistoquímica, por ejemplo, con E-Cadherina, la cual es beneficiosa, debido a que un CLIS presenta negatividad a esta tinción al ser des-cohesiva, mientras que en un CDIS las membranas de sus células son teñidas, es decir, positivas a la tinción. Hay casos donde las características de una neoplasia lobular y ductal están presentes en diferentes componentes de la lesión, diagnosticando un carcinoma *in situ* para agrupar ambas patologías [8].

Dado que existen casos complicados que requieren protocolos inmunhistoquímicos, hay investigaciones que se auxilian de la computación para solventar problemas de clasificación en cáncer. Por ejemplo, Radiya-Doxit et al, emplearon seis modelos de *Machine Learning* para clasificar entre UDH o CDIS maligno, obteniendo una validación de 0.918 [10]. También, Motlagh et al, implementaron un modelo pre-entrenado, para especificarlo en cuatro subtipos principales del cáncer de mama (ductal, lobular, musinous y papilar), aplicando ResNet V1 50 y ResNet V1 152, fueron capaces de categorizar subtipos de carcinomas benignos y malignos con 94.8% y 96.4% de precisión, respectivamente [11]. Sin embargo, los trabajos anteriores, no consideran la morfología individual de cada célula, necesitando una cantidad de tejido considerable para aplicar el algoritmo computacional.

En este artículo se describe una propuesta de clasificación en subtipos de cáncer de mama, utilizando redes neuronales convolucionales (CNNs, por sus siglas en inglés), para clasificar los dos tipos principales de carcinomas mamarios (carcinoma ductal y lobular) a una escala citológica de la célula. Las CNNs implementadas se entrenaron con muestras de cada carcinoma, basando su efectividad en la distinción de características morfológicas en cada tipo de célula. De esta manera, es posible emplear una herramienta computacional para determinar un subtipo de neoplasia con una menor cantidad de tejido en un tiempo menor.

Metodología

Proceso del entrenamiento y análisis de biopsias

La implementación del algoritmo necesita de un pre-procesamiento de datos, como se muestra en la Figura 1, la primera parte del trabajo se enfoca en el almacenamiento de información que permitirá entrenar el sistema para la determinación de patrones. Para ello, las imágenes recolectadas del microscopio y muestras de biopsias serán digitalizadas y almacenadas. Una vez que se tienen en formato digital se empleará la distribución y selección del material que se detalla en el apartado de materiales.

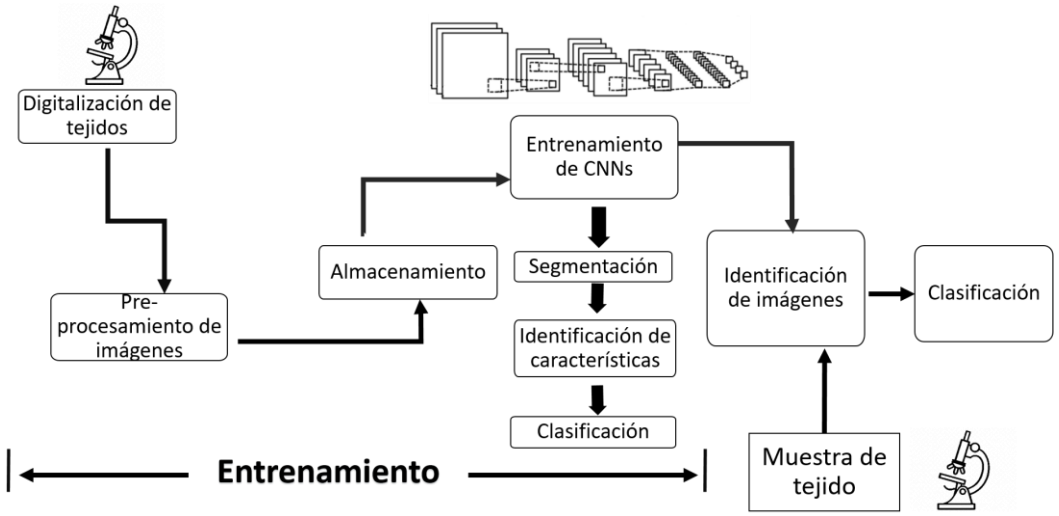


Figura 1. Flujo del proceso para entrenar y probar el algoritmo.

Las imágenes obtenidas se aplicarán a los modelos de CNNs para su entrenamiento. La herramienta de inteligencia artificial CNN, se compone de capas que permitirán identificar características en las imágenes para poder discriminar entre los dos tipos (lobular o ductal) y clasificarlas. Una vez entrenados, los modelos serán validados con imágenes que fueron destinadas a las pruebas de funcionalidad. En base a este resultado, se obtendrá la precisión con la que se identifica células tumorales en neoplasias de la mama.

Materiales

Se utilizaron 10 biopsias (validadas con pruebas de e-cadherina) de diferentes pacientes pertenecientes al Hospital General del Estado de Sonora. La validación fue realizada por patólogos expertos en el diagnóstico de carcinomas en mama. De una biopsia se obtuvieron 10 imágenes que representan parte de la arquitectura del cáncer a nivel microscópico (Figura 2. A). De cada imagen se obtuvieron 5 segmentos con una célula en cada una, para representar la morfología celular de cada subtipo a analizar (Figura 1. B). En total se obtuvieron 250 imágenes de tipo ductal y 250 de lobular.

Las 500 imágenes representan los segmentos que contienen las células. El modelo utilizó 400 imágenes en una relación del 80% (320 imágenes) para el entrenamiento y el 20% (80) para la validación. Las 100 imágenes restantes, se utilizaron para las pruebas de funcionamiento.

Procesamiento de las imágenes

Para aplicar las imágenes como entrada al modelo de CNN se estandarizaron todos los segmentos de entrada con una resolución espacial de 70x70 píxeles. Además, se implementó un *Data Augmentation* al set de datos a entrenar; es decir, se agregó ruido y deformaciones a las imágenes de entrada, debido a que en Goodfellow et al [12], los autores mencionan que las redes neuronales no son robustas al interactuar con datos deformados. Sin embargo, si en el entrenamiento inyectamos estas discrepancias, mejoramos la red con la agregación de ruido y

 ISSN 2007-8102

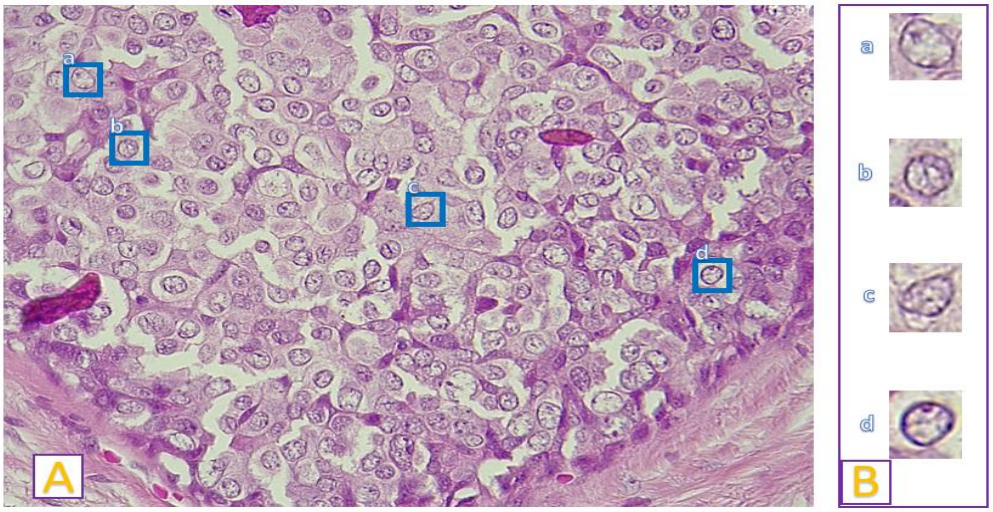


Figura 2. Biopsia con tinción H/E de carcinoma ductal. A) Imagen obtenida de la biopsia. B) Segmentos obtenidos de la biopsia de carcinoma ductal, los segmentos A, B, C y D corresponden, cada uno a una célula diferente de la biopsia.

deformaciones a las imágenes de forma aleatoria, como respuesta al incremento de casos en imágenes. El Departamento de Investigación de Ciencias Computacionales de la Universidad de Freiburg, Alemania, reporta que el aumento de datos por deformación en las imágenes médicas es beneficioso, debido a que, cuando hay pocos datos de entrenamiento, aplicar deformaciones elásticas permite aprender las varianzas en tejidos y se puede simular de forma real sus deformaciones [13].

La Figura 3 detalla el *Data Augmentation* con un ejemplo de muestra de nuestro set de datos. Tomando una célula de carcinoma ductal y girándola en varios ángulos para obtener 4 casos de una sola imagen. A continuación, se enlista las deformaciones aplicadas al conjunto de datos de entrenamiento: Re-escalado de 1 a 255, rotación en ángulos de 10°, giro vertical, y un giro horizontal.

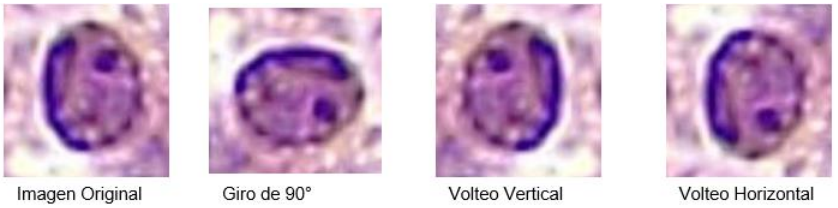


Figura 3. *Data Augmentation* con un ejemplo de muestra.

La imagen a la izquierda (Imagen Original) muestra una célula de carcinoma ductal. A su derecha, se encuentran 3 imágenes derivadas de ella, la primera, fue girada en un ángulo de 90°, en la segunda se aplicó un giro vertical, y en la tercera, se aplicó un giro horizontal con respecto a la imagen original.

Modelos de Red Neuronal Convolucional aplicados

Las redes neuronales artificiales (RNA), son una imitación de la fisiología de las neuronas del cerebro, una RNA opera a través de una entrada de datos que pasan a pequeñas unidades de procesamiento (neuronas) conectadas entre sí para generar un valor de salida [14]. Para esta investigación se utilizaron una especialización de las RNAs denominadas Redes Neuronales Convolucionales (CNNs), quienes tienen la capacidad de procesar de forma óptima datos con un formato definido, principalmente una topología de malla, por ejemplo, imágenes o series en el tiempo [12]. La Figura 4 muestra como una CNN se compone de bloques básicos llamadas capas. Estas capas pueden ser de convolución, formadas por una serie de filtros (kernels de convolución) los cuales interactúan, utilizando una malla de números discretos, con la entrada para generar un mapa de características. Los pesos de cada filtro son aprendidos durante el entrenamiento [14].

 ISSN 2007-8102

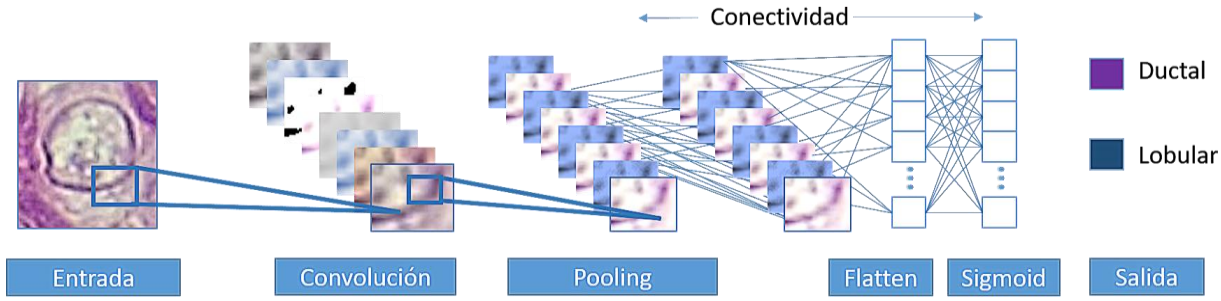


Figura 4. Bloques de la Red Neuronal Convolucional.

Por otra parte, las capas de *Pooling*, se encargan de operar sobre los mapas de características de una convolución y combinar las características de activación. Están definidas por una función de agrupamiento y generalización de los valores a través de una ventana de píxeles (por ejemplo, para agrupar cuatro píxeles se genera una ventana de 2x2). Los dos tipos de *Pooling* son [14]: *Max Pooling*, de un agrupamiento de datos elige el mayor y *Average Pooling*, elige el promedio de todos los datos. La Figura 5.A muestra la estructura de un modelo de CNN con dos capas de *Max Pooling*; la Figura 5.B muestra otro modelo con dos capas de *Average Pooling*, que representan los primeros modelos a aplicar.

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 70, 70, 32)	896
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 35, 35, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 35, 35, 64)	8256
max_pooling2d_1 (MaxPooling2	(None, 17, 17, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 18496)	0
dense (Dense)	(None, 256)	4735232
dropout (Dropout)	(None, 256)	0
dense_1 (Dense)	(None, 1)	257

Total params: 4,744,641
Trainable params: 4,744,641
Non-trainable params: 0

A) Modelo 2 Max

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 70, 70, 32)	896
average_pooling2d (AveragePo	(None, 35, 35, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 35, 35, 64)	8256
average_pooling2d_1 (Average	(None, 17, 17, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 18496)	0
dense (Dense)	(None, 256)	4735232
dropout (Dropout)	(None, 256)	0
dense_1 (Dense)	(None, 1)	257

Total params: 4,744,641
Trainable params: 4,744,641
Non-trainable params: 0

B) Modelo 2 Avg

Figura 5. Modelos a dos convoluciones y dos Pooling. A) Incluye solo *Average Pooling*. B) Incluye solo *Max Pooling*.

La Figura 5 presenta los componentes de los dos primeros modelos a aplicar, que contienen dos convoluciones y dos *Pooling* diferentes, estos modelos serán entrenados con las muestras recolectadas. En ella también podemos observar los dos bloques finales de la Figura 4, que se encargan de generar la probabilidad. El bloque *Flatten* conecta todos los píxeles y los transforma a un vector de una dimensión mientras que, el bloque de *Sigmoid,* aplica las capas de *Dense* y *Dropout* para la clasificación.

La capa *Dense* conecta todas las neuronas en una capa definida con cada neurona de una capa anterior, es decir, si se tiene la capa 1 con cuatro neuronas y la capa 2 con cinco neuronas, se obtiene una capa densa de 20 neuronas. Por otra parte, la capa *dropout* ayuda a reducir el sobre entrenamiento de una CNN a través de la introducción de capacidades para la generalización y regularización del modelo, desactivando neuronas para evitar el sobreajuste. *La última capa dense,* contiene la aplicación de la función que permite obtener la combinación de los datos de entrada y aplicar una función para mostrar un valor de salida; la implementada en estos modelos es una función sigmoide que define una salida entre 0 y 1 (clasificación binaria), a través de una función gráfica no-lineal (en forma de “S”) que mejora el proceso de aprendizaje [15].

La arquitectura de la CNN a tres capas de convolución y tres de *Pooling* (Figura 6), es la comparativa a realizar contra el modelo de dos capas. En todos los modelos se alternó entre una capa de convolución y una de *Pooling*,

 ISSN 2007-8102

```
_________________________________________________________________
Layer (type)                 Output Shape              Param #
=================================================================
conv2d (Conv2D)              (None, 70, 70, 32)        896
_________________________________________________________________
max_pooling2d (MaxPooling2D) (None, 35, 35, 32)        0
_________________________________________________________________
conv2d_1 (Conv2D)            (None, 35, 35, 64)        8256
_________________________________________________________________
max_pooling2d_1 (MaxPooling2 (None, 17, 17, 64)        0
_________________________________________________________________
conv2d_2 (Conv2D)            (None, 17, 17, 64)        16448
_________________________________________________________________
max_pooling2d_2 (MaxPooling2 (None, 8, 8, 64)          0
_________________________________________________________________
flatten (Flatten)            (None, 4096)              0
_________________________________________________________________
dense (Dense)                (None, 256)               1048832
_________________________________________________________________
dropout (Dropout)            (None, 256)               0
_________________________________________________________________
dense_1 (Dense)              (None, 1)                 257
=================================================================
Total params: 1,074,689
Trainable params: 1,074,689
Non-trainable params: 0
_________________________________________________________________
```

A) Modelo 3 Max

```
_________________________________________________________________
Layer (type)                 Output Shape              Param #
=================================================================
conv2d (Conv2D)              (None, 70, 70, 32)        896
_________________________________________________________________
average_pooling2d (AveragePo (None, 35, 35, 32)        0
_________________________________________________________________
conv2d_1 (Conv2D)            (None, 35, 35, 64)        8256
_________________________________________________________________
average_pooling2d_1 (Average (None, 17, 17, 64)        0
_________________________________________________________________
conv2d_2 (Conv2D)            (None, 17, 17, 64)        16448
_________________________________________________________________
average_pooling2d_2 (Average (None, 8, 8, 64)          0
_________________________________________________________________
flatten (Flatten)            (None, 4096)              0
_________________________________________________________________
dense (Dense)                (None, 256)               1048832
_________________________________________________________________
dropout (Dropout)            (None, 256)               0
_________________________________________________________________
dense_1 (Dense)              (None, 1)                 257
=================================================================
Total params: 1,074,689
Trainable params: 1,074,689
Non-trainable params: 0
_________________________________________________________________
```

B) Modelo 3 Avg

Figura 6. Modelos a 3 capas de convolución y 3 Pooling A) Incluye solo *Average Pooling*. B) Incluye solo *Max Pooling*.

seguidas de las capas de conexión (*flatten*, *dense* y *dropout*) y, finalmente, la capa *dense* que contiene la función sigmoide, que mostrará la probabilidad de pertenecer a cierta clase.

Para la implementación de la CNN se utilizó la librería de Keras bajo la plataforma de Tensorflow; Keras es una Interfaz de Programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés), especial para la programación de redes neuronales de alto nivel en lenguaje Python, siendo útil para la experimentación rápida [16].

Además, se aplicó una tasa de aprendizaje de 0.0005, una clasificación binaria (función de activación sigmoide), optimizador Adam, entrenando a 60 épocas en lotes de 32 imágenes. Estos parámetros de entrenamiento se presentan en los cuatro modelos a evaluar. En las capas de *pooling* se utilizó una ventana de 2x2 píxeles; para las capas de convolución se tiene una ventana de 3x3 píxeles en la primera capa, con 32 filtros; la segunda y tercera capa (para los modelos a tres capas), la ventana es de 2x2 con 64 filtros en cada una.

Resultados y discusión

Precisión de los modelos aplicados

Los resultados que se obtuvieron al utilizar los modelos de CNNs en base al material recolectado, están reflejados en la Tabla 1, mostrando el número de épocas la pérdida generada en cada modelo, el tiempo de entrenamiento total en segundos, los valores de precisión durante el entrenamiento, la validación y pruebas de funcionalidad, así como la pérdida registrada en cada etapa.

Tabla 1. Resultados de entrenamiento.

Modelo	Épocas	Pérdida	Tiempo	Precisión	Val_Pérdida	Val_Precisión	Pruebas_Precisión
Modelo 2 Max	60	0.15	51.85s	0.93	0.36	0.89	0.86
Modelo 2 Avg	60	0.17	50.40s	0.94	0.31	0.84	0.86
Modelo 3 Max	60	0.13	56.06s	0.95	0.22	0.89	0.85
Modelo 3 Avg	60	0.31	54.08s	0.85	0.49	0.76	0.77

Los modelos que presentaron mejores resultados, fueron los que contienen dos capas de convolución, que obtuvieron una precisión de 0.93 con *Max Pooling* y 0.94 en *Average Pooling*, en el entrenamiento a 60 épocas.

 ISSN 2007-8102

Ambos, obtuvieron una precisión, evaluando las 100 imágenes destinadas a las pruebas, de 0.86; sin embargo, la validación del modelo *Max Pooling* fue superior con una precisión de 0.89 superior al 0.84 obtenido por el modelo a dos capas de *Average Pooling*. El tiempo de entrenamiento del modelo 2 Max es superior por 1.45 segundos al Modelo 2 Avg, sin embargo, la diferencia entre los dos valores es mínima. Por lo tanto, se consideró como mejor modelo el Modelo 2 Max, en éste resultado se analizó su comportamiento de entrenamiento, a través de la distribución de aprendizaje que tuvo respecto a las épocas de entrenamiento y la pérdida obtenida.

Distribución de aprendizaje

La Figura 7 muestra la gráfica de aprendizaje que obtuvo el Modelo 2 Max, representando el valor de pérdida y precisión (verticalmente) y el número de la época donde se obtuvo dicho valor (horizontalmente).

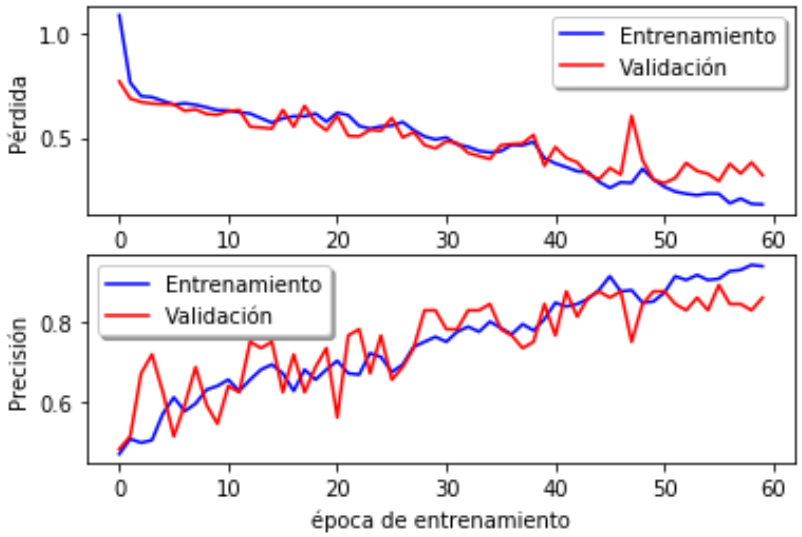


Figura 7. Comportamiento de la precisión y pérdida durante el entrenamiento del Modelo 2 Max.

De acuerdo a las gráficas mostrada en la Figura 7, se observa que la pérdida que presenta el modelo de CNN fue disminuyendo tanto en el entrenamiento (gráfica superior, línea azul) como en la fase de validación (gráfica superior, línea roja), esperando una tendencia a 0 en la gráfica. Por otra parte, el comportamiento de la precisión del modelo fue aumentando conforme avanzan las épocas, teniendo una tendencia al valor de 1 (gráfica inferior, línea azul), entendiendo como 1 el valor donde la clasificación es correcta en el 100% de las imágenes.

Trabajo a futuro

Para mejorar la precisión del algoritmo se requiere tener mayor cantidad de muestras; por lo tanto, se aumentará la recolección de biopsias, para contar con un mayor número de ejemplares de células que conformen un nuevo dataset de entrenamiento. Además, se aumentará la resolución espacial para identificar mayor cantidad de características que pudieran perderse de la morfología celular, para, de esta manera, obtener un modelo viable a utilizar en el ámbito clínico.

Conclusiones

Se digitalizaron 500 imágenes representativas de células de carcinoma ductal y lobular para la conformación de un dataset. Este conjunto de imágenes cuenta con validación de E-Cadherina, conteniendo cada imagen, una célula representativa de un tipo de cáncer. El dataset fue aplicado a una CNN para poder clasificar estos dos tipos de células. Los resultados de pruebas de funcionamiento del algoritmo, fueron obtenidos a través de la predicción del tipo de carcinoma utilizando 100 imágenes del conjunto original, logrando una precisión de 86% en el modelo 2 Max. Para lograrlo, se entrenó el modelo en 60 épocas de entrenamiento con un *Learning Rate* de 0.0005 utilizando una clasificación binaria. Durante el entrenamiento se registró una precisión de 0.93 y una

pérdida de 0.14, la fase de evaluación de entrenamiento de la red obtuvo una precisión de validación de 0.89 y una pérdida de 0.36 El modelo entrenado cuenta con casos complicados en el diagnóstico patológico, por esto, es necesario aumentar el conjunto de imágenes para obtener mayor cantidad de casos clínicos que puedan favorecer el entrenamiento, para clasificar de forma más certera nuevos tejidos que se presenten. Además, es posible mejorar el algoritmo a través de la implementación de arquitecturas ya predefinidas, como ResNet50, ResNet101, Inception-V3, U-Net, entre otras.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), a través de la beca 930937, otorgada al primer autor de este artículo, para realizar los estudios en el programa de Maestría en Ciencias de la Computación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo.

Referencias

[1] World Health Organization, «Breast Cancer» World Health Organization, [En línea]. Available: https://www.who.int/cancer/prevention/diagnosis-screening/breast-cancer/en/. [Último acceso: 24 06 2019].

[2] Organización Panamericana de la Salud, «Cáncer de mama en las Américas,» Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2018. [En línea]. Available: https://www.paho.org /hq/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=estadisticas-mapas-4868&alias=46503-epidemiologia-cancer-de-mama-en-las-americas-2018&Itemid=270&lang=es. [Último acceso: 24 06 2019].

[3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, «estadísticas a propósito del...día mundial contra el cáncer (4 de febrero),» 02 02 2018. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2018/cancer2018_nal.pdf. [Último acceso: 24 06 2019].

[4] F. C. Koerner, Diagnostic Problems in Breast Pathology, 1 ed., vol. 1, Philadelphia: Saunders Elsevier, 2019, p. 369.

[5] K. L. Moore y A. F. Dalley II, Anatomía con orientación clínica, 5ta ed., Editorial Médica Panamericana, 2009, p. 1205.

[6] I.-T. Yeh y M. Carolyn, «Application of immunohistochemistry to Breast Lesions,» Archives of Pathology, vol. 132, nº 3, pp. 349-358, 2008.

[7] S. Lakhani, I. Ellis, S. Schnitt, P. Tan y M. van de Vijver, WHO Classification of Tumours of the Breast, 4ta ed., Lyon Cedex: International Agency for Research on Cancer (IARC), 2012, p. 240.

[8] G. Acs., «Ductal carcinoma in situ: Current concepts,» Patología. Revista latinoamericana., vol. 48, nº 3, pp. 180-193, 2010.

[9] A. Contreras y S. Hussain, «Lobular Neoplasia of the Breast. An Update.» Archives of Pathology & Laboratory Medicine, vol. 133, nº 1, pp. 116-1120, 2009.

[10] E. Radiya-Dixit, D. Zhu y A. H. Beck, «Automated Classifcation of Benign and Malignant Proliferative Breast Lesions,» Nature, vol. 7, nº 1, pp. 1-8, 2017.

[11] M. H. Motlagh, M. Jannesari, H. Aboulkheyr, P. Khosravi, O. Elemento, M. Totonchi y I. Hajirasouliha, «Breast Cancer Histopathological Image Classification: A Deep Learning Approach» Cold Spring Harbor Laboratory, p. 242818, 2018.

[12] I. Goodfellow, Y. Bengio y A. Courville, Deep Learning, Cambridge: MIT Press, 2016, p. 785.

[13] O. Ronneberger, P. Fisher y T. Brox, «Dental X-ray Image Segmenation using a U-shaped Deep Convolutional Network,» 16 04 2015. [En línea]. Available: http://www-o.ntust.edu.tw/~cweiwang/ISBI2015/challenge2/isbi2015_Ronneberger.pdf. [Último acceso: 24 06 2019].

[14] H. Rahmani, S. Khan, S. A. Ali-Shah y M. Bennamound, A Guide to Convolutional Neural Networks for Computer Vision, vol. 8, Morgan & Claypool Publishers, 2018, p. 207.

[15] J. Moolayil, Learn Keras for Deep Neural Networks: A Fast-Track Approach to Modern Deep Learning with Python, 1 ed., Vancouver, Canada: Apress, 2018, pp. 32-44.

[16] F. Chollet y others, «Keras» Keras, 2015. [En línea]. Available: https://keras.io. [Último acceso: 03 09 2019].

Aplicación móvil para la detección de posibles víctimas de acoso escolar

C. Joaquín Salas[1], G. Padrón Rivera[2], R. A. Serrano Herrera[3]*
[1]Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán Puebla, México
[2]Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 73960, Teziutlán Puebla, México
[3]Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 73960, Teziutlán Puebla, México
**cristina.joaquin@live.itsteziutlan.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería en Sistemas Computacionales*

Resumen

El acoso escolar (Bullying) es una problemática social que afecta a muchos niños y jóvenes en México, los cuales por temor no piden ayuda. Debido a esto, se desarrolló una aplicación móvil para la detección de posibles víctimas de acoso escolar. Esta, contiene un cuestionario referente a situaciones de violencia y hostigamiento en el salón de clase. Se llevó a cabo, una prueba piloto en la escuela primaria Jaime Torres Bodet, de la comunidad de Atoluca, en el municipio de Teziutlán Puebla, con un grupo de alumnos de quinto grado. A través de la aplicación de técnicas de computación afectiva y minería de datos, se obtuvo como resultado, secuencias de series de tiempo de emociones, resaltando la presencia de disgusto y sorpresa, permitiendo identificar emociones negativas relacionadas a escenarios de persecución en el aula, mostrando que se encuentran ampliamente relacionadas con las respuestas de los alumnos en el cuestionario.

***Palabras clave**: Acoso escolar, Aplicación móvil*

Abstract

Bullying is a social problem that affects many children and young people in Mexico, who for fear do not ask for help. Due to this, a mobile application was developed for the detection of possible victims. This contains a test regarding situations of violence and harassment in the classroom. A pilot test was conducted at Jaime Torres Bodet Elementary School, in the community of Atoluca in Teziutlán Puebla, with a group of fifth grade. Through the application of affective computing and data mining, as a result, sequences of time series of emotions were obtained, highlighting the presence of disgust and surprise, allowing to identify negative emotions related to persecution scenarios in the classroom, showing which are widely related to the students' answers in the questionnaire.

***Key words**: Bullying, Mobile Application*

Introducción

El acoso escolar o bullying es una problemática social de gran relevancia, ya que afecta a niños y jóvenes del país, y refleja la intolerancia, discriminación y ejercicio de poder entre los estudiantes (Santoyo & Frías, 2014). Se define, como una conducta de persecución física y/o psicológica que realiza un individuo en contra de otro de manera repetitiva, situando al afectado en una posición de baja autoestima, estados de ansiedad y cuadros depresivos, dificultando su integración en el medio escolar. En dicha situación, existen tres roles la víctima, el agresor y los espectadores, donde los factores contextuales determinan la asignación del rol (Collell i Caralt & Escudé Miquel, 2006). Este es un comportamiento presente en las escuelas desde siempre, solía considerarse como un acto propio de las formas de socialización de los niños y se creía no tenía consecuencias dañinas para nadie, debido a esto en muchas de las ocasiones ni los padres de familia o autoridades educativas intervenían y simplemente ignoraban este tipo de conductas violentas (Ramírez, 2011). Sin embargo, es importante reconocer

 ISSN 2007-8102

que una situación de hostigamiento donde existen, amenazas, violencia y presión, puede culminar en suicidio, ya que las víctimas desean terminar con el sufrimiento que están viviendo (Hinduja & Patchin, 2018).

La UNICEF reporta que la mitad de los estudiantes de 13 a 15 años en todo el mundo, es decir uno de cada tres ha declarado sufrir violencia entre compañeros (UNICEF, 2017). En México, según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en la prueba PISA realizada en el año 2015, el 20% de los estudiantes de 15 años declaró sufrir acoso escolar algunas veces al mes o más, durante el último año mostrando un índice elevado de hostigamiento en relación con el promedio de esta que es del 19%. Además, pueden observase conductas como hurtos, destrucción a pertenencias y exclusión social, que acompañan a las agresiones físicas o psicológicas más comunes en este tipo de situaciones. Lo anterior, se ve ampliamente reflejado en el resultado final de la prueba PISA, ya que las escuelas con altos niveles de acoso escolar obtienen puntuaciones muy bajas en ciencias, teniendo el desempeño de los estudiantes de México por debajo del promedio (OCDE, 2016).

En este trabajo se propone una alternativa para atender el problema del acoso escolar, esto a través del desarrollo de una aplicación móvil que permita la identificación de posibles víctimas, así como agresores. La aplicación móvil consiste en presentar al estudiante un breve cuestionario relacionado con situaciones de hostigamiento y violencia en el salón de clase, a través de un análisis facial, se obtienen las emociones presentadas por el alumno mientras este interactúa con la aplicación, con el objetivo de establecer una correlación entre la emoción presentada y la pregunta a la que se esta respondiendo, para determinar el rol del que se puede ser partícipe.

Metodología

Metodología de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizo el modelo KUALI-BEH, que forma parte del estándar ESSENCE – Kernel and Language for Software Engineering Methods (OMG, 2018). Se define como, un marco de trabajo para la expresión, comparación y mejora de las prácticas de Ingeniería de Software, que permite la estandarización de términos y conceptos para la ejecución de proyectos de software, definiendo una estructura de trabajo enfocada a los conocimientos y habilidades que posee cada participante dentro de un proyecto de software (Arroyo-lópez, Ríos-silva, Rico-martínez, Morales-Trujillo, & Oktaba, 2015). KUALI-BEH se compone de dos vistas: la estática y la operativa, estas son el núcleo de los conceptos comunes del proyecto de software. La vista estática define la forma de trabajo considerando, habilidades e intereses de los profesionistas involucrados, para la realización de las prácticas. La vista operativa, se encuentra relacionada con la ejecución del proyecto de software (Oktaba, Morales, & Dávila, 2012). Las prácticas para el desarrollo de la aplicación móvil están agrupadas en función de los resultados esperados (ver Figura 1), según el modelo implementado.

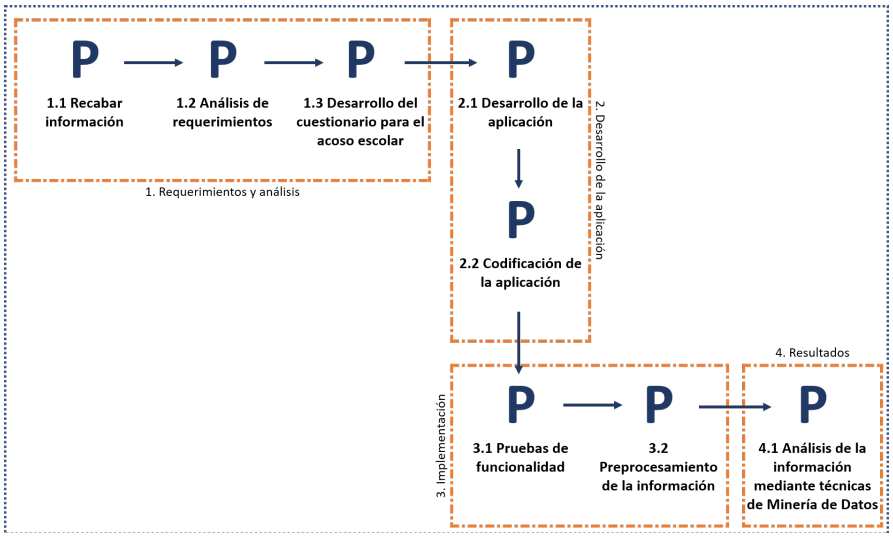


Figura 1. Prácticas definidas para el desarrollo de la aplicación móvil.

 ISSN 2007-8102

Identificación automática de emociones

En el área de las ciencias de la computación, existen una gran cantidad de investigaciones relacionadas con la detección automática de emociones a través de expresiones faciales (Zahiri & Choi, 2017). Esto es posible a partir del análisis de las combinaciones de Unidades de Acción Facial (UAs), las cuales son etiquetas independientes de cada uno de los músculos del rostro humano, las combinaciones sirven para determinar cuales son las emociones expresadas por un sujeto, y forman parte del Sistema de Codificación de Acción Facial, formado por 46 etiquetas, por ejemplo, las UA 6 y 12, representan la emoción de alegría, mientras que las UA 4 y 5 identifican la emoción de miedo (Picard, 2012). En este sentido, el SDK de Affectiva/Affdex, que es una herramienta de distribución libre, bajo licenciamiento GNU, que implementa algoritmos de reconocimiento facial a través de visión artificial, haciendo uso de las unidades de acción para la búsqueda y reconocimiento de emociones universales: alegría, miedo, disgusto, tristeza, ira, sorpresa y desprecio; esto de manera automática y en tiempo real. El SDK es capaz de realizar el análisis facial sin controles de iluminación o postura de los sujetos, es decir, no se requieren condiciones especiales para llevar a cabo el reconocimiento de emociones. Además, puede identificar la raza del sujeto, el uso de anteojos, la edad aproximada y sexo (ver Figura 2). Las expresiones de las emociones reciben una puntuación de 0 (ausente) a 100 (presente), para ayudar a la identificación (McDuff et al., 2016). Lo anterior, hace de Affdex una herramienta confiable y útil para el análisis de emociones de manera no intrusiva, y que puede ofrecer datos relevantes con relación al acoso escolar.

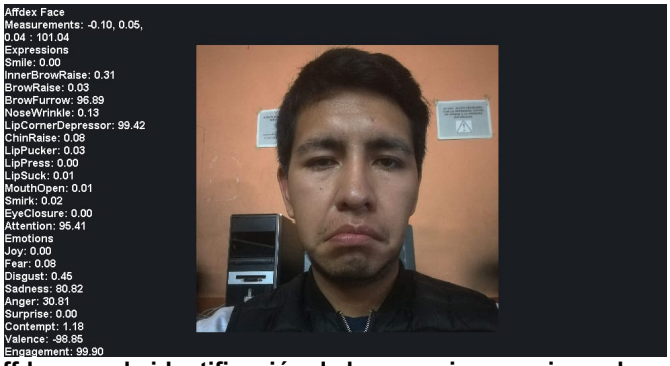


Figura 2. SDK de Affectiva/Affdex para la identificación de las emociones universales en tiempo real, a través de la cámara del dispositivo móvil.

Cuestionario aplicado

La aplicación móvil, hace uso de una versión corta del cuestionario *Así nos llevamos en la escuela* (Marín-Martínez & Martínez, 2013), diseñado para evaluar el hostigamiento escolar en nivel primaria. El cuestionario permite posicionar al sujeto evaluado en tres posibles roles, espectador, víctima o agresor. Las preguntas están enfocadas a determinar el tipo de acoso que puede sufrir un alumno de nivel primaria (ver Tabla 1), así como el rol que puede estar tomando en la situación.

Pregunta	Rol
Hostigamiento físico	Espectador
¿Has visto que tus compañeros se peleen?	
¿Has visto que tus compañeros se empujen?	
Daño a la propiedad	
¿Has visto que tus compañeros se quiten sus pertenencias?	
¿Has visto que tus compañeros se rompan sus pertenencias?	
Hostigamiento psicológico	
¿Has visto que tus compañeros se insulten?	
¿Has visto que tus compañeros se burlen?	
Hostigamiento físico	Víctima
¿Alguna vez se han peleado contigo tus compañeros?	
¿Alguna vez te han empujado tus compañeros?	
Daño a la propiedad	

 ISSN 2007-8102

¿Alguna vez te han quitado tus cosas tus compañeros?	
¿Alguna vez te han roto tus cosas tus compañeros?	
Hostigamiento psicológico	
¿Alguna vez se han burlado de ti tus compañeros?	
¿Alguna vez te pusieron apodos tus compañeros?	
Hostigamiento físico	Agresor
¿Le has pegado a alguno de tus compañeros?	
¿Has empujado a alguno de tus compañeros?	
Daño a la propiedad	
¿Le has quitado las cosas de alguno de tus compañeros?	
¿Has escondido las cosas a alguno de tus compañeros?	
Hostigamiento psicológico	
¿Has insultado a alguno de tus compañeros?	
¿Te has burlado de alguno de tus compañeros?	

Tabla 1 Cuestionario utilizado en la aplicación móvil.

Desarrollo de la aplicación móvil

La aplicación móvil se denomina Q-BU, esta fue desarrollada por medio del entorno Unity Technologies versión 18.3.7f1, bajo la licencia gratuita personal, lo que permitió la integración del SDK de Affectiva/Affdex. La interfaz muestra cada una de las preguntas referentes al cuestionario y dos opciones de respuesta Si o No. Con el propósito, de generar un ambiente diferente en cada pregunta se acompaño a estas con una imagen alusiva (ver Figura 3), que pudiera provocar algún tipo de recuerdo y de este modo una reacción diferente tanto a la lectura de la pregunta como a la imagen presentada, pudiendo así detectar emociones realmente relacionadas con cada uno de los cuestionamientos presentados. Se generan archivos tipo bitácora, en el que se registran las emociones presentadas por el usuario cada 5 segundos, así como las respuestas a las preguntas presentadas. Es importante mencionar que las imágenes utilizadas en la aplicación son de uso libre.



Figura 3. Pantallas de la aplicación móvil Q-BU.

Grupo de estudio

Se llevo a cabo, una prueba piloto con la aplicación móvil en la Escuela Primaria Jaime Torres Bodet, ubicada en la localidad de Atoluca perteneciente al municipio de Teziutlán, Puebla. La población estaba formada por 27 alumnos, ambos sexos, en edad promedio de 10 años. Se presento Q-BU al grupo de estudiantes mediante la utilización de una tableta, debido a las características de este dispositivo móvil, no es perceptible el uso de la cámara frontal para el reconocimiento de las emociones, por tanto, el estudiante no se siente de ningún modo observado, permitiendo así al flujo natural de las emociones. Así mismo, para que este se sintiera cómodo, se

 ISSN 2007-8102

propicio un ambiente de separación con el grupo, donde el estudiante podía interactuar tranquilamente con la aplicación móvil sin la distracción u observación de ninguno de sus compañeros o profesor de clase, con el fin de permitirle expresar naturalmente sus emociones, el tiempo utilizado para responder al cuestionario no fue limitado, puesto que cada usuario pudo interactuar con la aplicación el tiempo necesario para dar respuesta a cada uno de los cuestionamientos presentados.

Resultados y discusión

Resultados del cuestionario

En primera instancia se realizó el análisis de las respuestas a las preguntas del cuestionario presentado en la aplicación, obteniendo que el 97% de la muestra afirma haber visto peleas entre sus compañeros, mientras que el 61% niega haber sido golpeados o agredidos físicamente por sus compañeros y el 65% niega haber insultado o colocado algún apodo a un compañero. Dichos resultados sitúan a la población en el rol de espectador, ya que en su mayoría han observado y pocos han sido parte de una agresión o víctima de esta. Por otra parte, se determina que el tipo de acoso que se lleva a cabo dentro del grupo se trata de tipo psicológico, ya que se manifiesta la presencia de apodos e insultos. Estos resultados, muestran que no existe una situación grave de acoso escolar, sin embargo, debe considerarse el hecho de que en el caso de un estudiante agresor este puede mentir al momento de responder, con el objeto de no ser descubierto y no sufrir ningún tipo de llamado de atención, lo que hace importante el análisis de las emociones presentadas al momento de responder.

Aplicación de técnicas de minería de datos

Para contrastar lo anterior, la primera técnica utilizada fue el análisis de conglomerados (clústeres), que permite asociar elementos de acuerdo con una medida de similitud entre ellos. Al utilizar un dendrograma, que es una herramienta de visualización para identificar el número de grupos que podrían representar la estructura de los datos, se obtuvo para este estudio 5 grupos, relacionados con las emociones registradas por los niños al momento de responder cada una de las preguntas del cuestionario, el resultado muestra al disgusto y sorpresa, como emociones predominantes y en menor presencia tristeza y desprecio, observando un grupo específico de dichas emociones, en los niños 1, 3, 7 y 23 (ver Figura 4). En contra posición, se encontró la manifestación de la emoción de alegría, en los niños, etiquetados 14, 17 y 18, lo cual pudiese referirse al encanto por interactuar con un dispositivo móvil o quizás, al recordar algún tipo de travesura, que pudiera tratarse de una situación de acoso, por tanto, se requiere de un mayor análisis y experimentos piloto, para aclarar la presencia de este tipo de emoción.

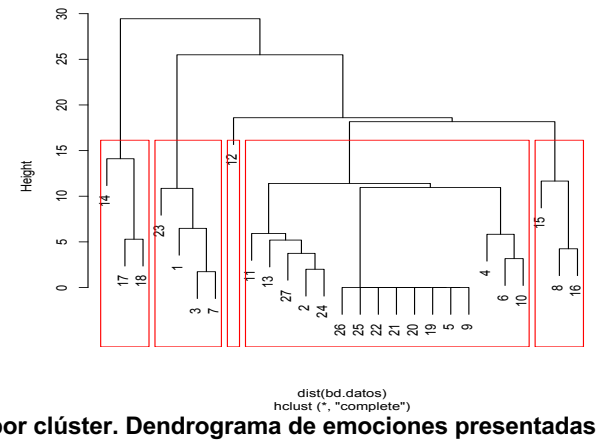


Figura 4. Agrupamiento por clúster. Dendrograma de emociones presentadas al responder el cuestionario. Segundo grupo de izquierda a derecha, caracterizado por disgusto y sorpresa.

Si bien, en esta población no se observa en ningún momento la presencia de ira, y aunque la tristeza se encuentra presente en algunos alumnos, a los que es importante proporcionarles un seguimiento, no se puede afirmar la existencia de una situación grave de acoso escolar. Sin embargo, es evidente que desde edades tempranas la manifestación de dichas emociones puede representar pequeñas situaciones de agresión (Lara-Ros, Rodríguez-Jiménez, Martínez-González, & Piqueras, 2017), en este caso los apodos, siendo un factor importante que debe atenderse antes que se convierta en un problema mayor.

 ISSN 2007-8102

Posteriormente, se aplicó la técnica de Análisis de Componentes Principales, que permite descubrir patrones de comportamiento en los datos, al elegir la primera variable que recoja la mayor proporción de información relevante posible, y en la segunda variable, la máxima información que no fue recogida por la primera, y así sucesivamente. Se obtuvo una gráfica de codo para determinar el numero de variables con las que es posible representar a toda la población de estudio, obteniendo en este caso dos variables (ver Figura 5).

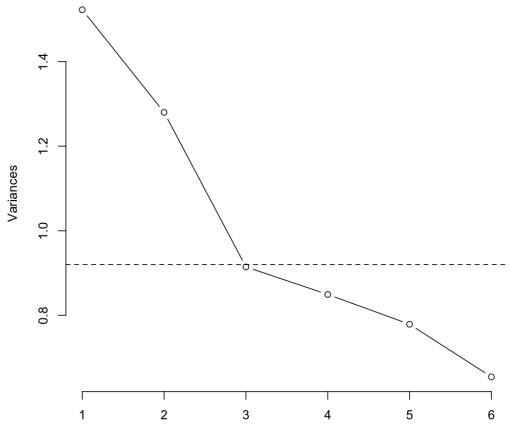


Figura 5. Gráfica de codo, del número de componentes principales que pueden representar a la población, en este caso, dos variables antes de que la muestra se normalice.

Por otro lado, la gráfica de componentes principales muestra al disgusto y la sorpresa como las emociones predominantes en la población, esto puede inferir que existe cierto descontento ante actitudes de acoso de tipo psicológico, puesto que el 35% de la población de estudio, afirmó haber insultado o apodado a sus compañeros, lo que puede llevar a la presencia de dichas emociones. (ver Figura 6).

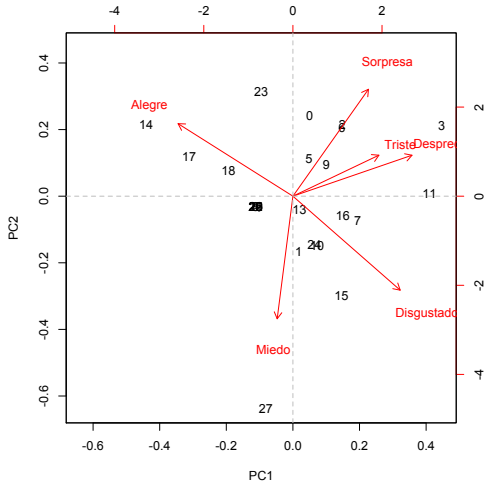


Figura 6. Gráfica biplot de los componentes principales que representan a la población de estudio. Primer componente el disgusto, mostrado en estudiantes 1,3 y 7, segundo componente la sorpresa en el estudiante 23.

Dados los resultados obtenidos y la presencia de las emociones encontradas, a través de las secuencias de series de tiempo de emociones (Collell i Caralt & Escudé Miquel, 2006), puede inferirse que los estudiantes 1, 3, 7 y 23, posiblemente se encuentren siendo acosados, mientras que el 11, se trata del agresor principal del grupo, aunque en este último sus respuestas a las preguntas planteadas no lo posicionen en el rol de agresor, si no en el de espectador.

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro, se pretende incorporar una aplicación web, que permita la presentación de los datos de una manera más amigable, para aquellos que no son expertos en Minería de Datos, así como rediseñar la aplicación con un entorno más interactivo, con una cantidad mayor de información, para no únicamente detectar a posibles víctimas de acoso escolar, si no prevenir dicha situación a través de la enseñanza de las consecuencias de esta acción.

Conclusiones

Por ahora, la aplicación Q-BU se sigue desarrollando y actualizando, para ofrecer mejores resultados, pero a pesar de ello, los primeros experimentos piloto, han generado resultados que permiten identificar aquellas emociones negativas relacionadas a la presencia de violencia y persecución en un salón de clases, esto con ayuda de técnicas de computo afectivo y minería de datos, las cuales permitieron realizar el estudio de las emociones para atender a diversas situaciones, en este caso, para proporcionar una herramienta de apoyo tanto a padres de familia, como especialistas y autoridades educativas en la prevención, detección y atención a posibles victimas de acoso escolar, con el fin de encontrar soluciones óptimas para atender oportunamente a quien se encuentre dicha situación y por sentirse amenazado no ha solicitado apoyo.

Referencias

1. Arroyo-lópez, E., Ríos-silva, T., Rico-martínez, A., Morales-Trujillo, M., & Oktaba, H. (2015). Estructurando la Forma de Trabajo de Células de Desarrollo de Software Usando KUALI-BEH. *ReCIBE*, *4*(4).
2. Collell i Caralt, J., & Escudé Miquel, C. (2006). El acoso escolar: un enfoque psicopatológico. *Anuario de Psicología Clínica y de La Salud*, *2*, 9–14.
3. Hinduja, S., & Patchin, J. W. (2018). Connecting Adolescent Suicide to the Severity of Bullying and Cyberbullying. *Journal of School Violence*, *00*(00), 1–14. https://doi.org/10.1080/15388220.2018.1492417
4. Lara-Ros, M. R., Rodríguez-Jiménez, T., Martínez-González, A. E., & Piqueras, J. A. (2017). Relación entre el bullying y el estado emocional y social en niños de educación primaria. *Revista de Psicología Clínica Con Niños y Adolescentes*, *4*(1), 59–64. https://doi.org/10.1186/1471-227X-9-3
5. Marín-Martínez, A., & Martínez, L. M. R. (2013). Validación psicométrica del cuestionario “así nos llevamos en la escuela” para evaluar el hostigamiento escolar (bullying) en primarias. *Revista Mexicana de Investigacion Educativa*, *18*(56), 11–36.
6. McDuff, D., Mahmoud, A., Mavadati, M., Amr, M., Turcot, J., & Kaliouby, R. el. (2016). AFFDEX SDK: A Cross-Platform Real-Time Multi-Face Expression Recognition Toolkit. *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA ’16*, 3723–3726. https://doi.org/10.1145/2851581.2890247
7. OCDE. (2016). *Panorama de la Educación 2016 - México*. 10. Retrieved from https://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/EAG2016-Mexico.pdf
8. Oktaba, H., Morales, M., & Dávila, M. (2012). *KUALI-BEH: Software Project Common Concepts*. (August). Retrieved from http://scholar.google.com.mx/scholar?hl=en&q=Kuali-Beh&btnG=&as_sdt=1%2C5&as_sdtp=#0
9. OMG. (2018). *Kernel and Language for Software Engineering Methods (Essence)*. (Versión 1.2), 300. Retrieved from https://www.omg.org/spec/Essence/1.2
10. Picard, R. W. (2012). Toward Machines With Emotional Intelligence. *The Science of Emotional Intelligence : Knowns and Unknowns*, 1–22. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195181890.003.0016
11. Ramírez, R. S. (2011). *Estudio sobre violencia entre pares (Bullying) en las escuelas de nivel básico en México*.
12. Santoyo, D., & Frías, S. M. (2014). Acoso escolar en México: actores involucrados y sus características. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México)*, *44*(4), 13–41.
13. UNICEF. (2017). *Informe Anual. Situación de la infancia en México 2017*. 61. Retrieved from http://www.unicef.org.mx/Informe2017/Informe-Anual-2017.pdf
14. Zahiri, S. M., & Choi, J. D. (2017). *Emotion Detection on TV Show Transcripts with Sequence-based Convolutional Neural Networks*. (2004), 44–51. https://doi.org/10.1007/s11069-014-1568-7

Calidad en el Diseño de Juegos Serios para Aplicaciones Móviles

S. Cruz-López[1], I. Aguilar-Juárez[1], L. Dávila-Nicanor[2], J. Ayala-DelaVega[1]*
[1]Universidad Autónoma de Estado de México Centro Universitario UAEM Texcoco, Av. Jardín, Zumpango S/N, El Tejocote, Texcoco de Mora, C.P. 56259 Estado de México
[2]Centro Universitario UAEM Valle de México, Blvd. Universitario, Predio San Javier s/n
** ingculs09@gmail.com, iaguilar@uaemex.mx, ldavilan@uaemex.mx, joelayala2001@yahoo.com.mx.*
***Área de participación**: Ingeniería de Software*

Resumen

En la actualidad, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han revolucionado el proceso enseñanza-aprendizaje, la proyección en unos años indica que éste será inminentemente de forma virtual. El uso de ambientes virtuales y juegos serios en educación tiene una tendencia creciente. El manejo de datos en dispositivos móviles es limitado en relación de la eficiencia y mecanismos de interacción de estos ambientes de aprendizaje. Como prioridad en el desarrollo del este tipo de aplicaciones, se requiere: eficiencia, mantenibilidad y usabilidad.
El objetivo de la propuesta se enfoca en desarrollar una arquitectura de software eficiente, usable y mantenible mediante el uso de patrones de diseño, para juegos serios en dispositivos móviles. Nuestro caso de estudio, es un juego serio para el manejo de asignaturas de nivel profesional. El uso de patrones de diseño en la arquitectura del software permite mejorar la distribución de los recursos de computo: memoria, procesamiento, esto es así porque se genera los objetos que se van necesitando a tiempo de ejecución. El patrón *Wrapper, Singleton* y *MVC*, son los utilizados, tomando en cuenta la funcionalidad de la aplicación. Otra ventaja de este enfoque es que se facilita la evolución del sistema a lo largo de su vida útil dentro del proceso enseñanza-aprendizaje.

***Palabras clave**: Arquitectura de Software, Patrones de diseño, Juego Serio.*

Abstract

Currently, Information and Communication Technologies (ICT) have revolutionized the teaching-learning process. The projection in a few years indicates that it will be imminently virtual. The use of virtual environments and serious games in education has a growing tendency. Data management on mobile devices is limited in relation to the efficiency and interaction mechanisms of these learning environments. As a priority in the development of this type of applications, efficiency, maintainability and usability are required.

The objective of the proposal focuses on developing an efficient, usable and maintainable software architecture through the use of design patterns, for serious games on mobile devices. Our case ot study is a serious game for handling professional level subjects. The use of design patterns in the software architecture allows improving the distribution of computing resources, namely: memory, processing, this is because the objects needed at runtime are runtime generated. The Wrapper pattern, Singleton and MVC, are used taking into account the functionality of the application. Another advantage of this approach is that it facilitates the evolution of the system throughout its useful lifetime within the teaching-learning process.

***Key words**: Software Architecture, Design Patterns, Serious game.*

Introducción

En la actualidad el proceso de enseñanza aprendizaje ha encontrado nuevos medios de interacción con los jóvenes; el avance de las TIC permite nuevas aplicaciones cada vez más creativas. El uso de ambientes virtuales y juegos serios en educación tiene una tendencia creciente. Tres plataformas son ampliamente utilizadas en este contexto: *mundos virtuales, juegos serios y simulaciones*. Las simulaciones y los juegos serios pueden ser desarrollados en ambientes virtuales. Los ambientes de aprendizaje se fundamentan en las siguientes actividades: ejercitar habilidades, demostrar temas de aprendizaje, construir, organizar eventos, organizar exposiciones, conocer gente para aprender y supervisar a los estudiantes. Todas estas actividades implican aspectos de colaboración entre estudiantes. En su teoría de (autodeterminación), Ryan y Deci (2000) (ver la Figura 1), indican que, en la educación, la motivación intrínseca de los estudiantes es crucial para obtener buenos

 ISSN 2007-8102

resultados de aprendizaje, bienestar y baja deserción escolar. Los requisitos previos para esta motivación intrínseca son tres factores relacionados con el estudiante: interacción social (estudiante-estudiante y estudiante-profesor: "relación", "control" de los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje y la competencia para realizar las tareas).



Figura 1: Teoría de autodeterminación traducida de *(Ryan & Deci, 2000)*

Enfocando este contenido en el contexto de México (Loredo Enríquez, Mireya Cobo, & García Cabrero, 2017) establecen que la formación docente en el nivel universitario en México, requiere replantear las estrategias establecidas hasta el momento, para que las actividades docentes tengan una mayor eficiencia en el aprendizaje de los estudiantes.

En el ámbito científico los juegos serios se están aplicando a diferentes áreas como educativa, militar, geográfica, de salud, entre otros los autores Juca, García y Burgo (2015) utilizan la metodología desde el punto de vista teórico, el análisis, la síntesis y la revisión documental se caracteriza por el uso de los juegos serios. Existen algunos tipos de juegos serios como Advergames (Martí Parreño, Sanz Blas, & Ruiz Mafé, 2012), este juego es con fines publicitarios para promocionar y dar a conocer una marca; Subvergames (McVideoGame, 2019), son juegos destinados a denunciar o ejemplificar una mala práctica comercial a través de la crítica o promover una idea o un valor concreto de una marca; y por último podemos mencionar los Exergames (Edison Muñoz, Villada, & Giraldo Trujillo, 2013), que es mezclar los videojuegos y la actividad física. En este proyecto se desarrolla un juego de tipo EduTrainMent, cuya finalidad es formar al usuario sobre un conocimiento determinado; mediante el desarrollo de aptitudes o la práctica de procedimientos específicos, bajo las características de un juego interactivo. El objetivo de utilizar el tipo de juego EduTrainMent es facilitar el aprendizaje del tema de árboles binarios en la asignatura de estructuras de datos; basado en la evaluación de objetos de aprendizaje mediante el uso de patrones de diseño. Los atributos de calidad que se abordan son: eficiencia, mantenibilidad y escalabilidad. El uso de estos patrones facilita la evolución del sistema JSAB en relación de los nuevos requerimientos que se identifiquen a lo largo de su vida útil dentro del proceso enseñanza-aprendizaje.

Los juegos serios se fundamentan con la teoría de la información que es un modelo que explica al aprendizaje como un modelo análogo al procesamiento de la información de una computadora en la que existen unidades de almacenamiento temporal y permanente de la información, así como dispositivos para capturar, buscar, producir y transformar la información. Bajo este enfoque aprender se entiende como el proceso de incorporar a la memoria nuevos aprendizajes, además de recuperarlos y usarlos. La acción de enseñar consiste en procurar al aprendiz llenar los espacios de memoria con información aún no comprendida. (Galvis Panqueva, 1992, pág. 95)
El modelo de procesamiento de la información propone tres módulos diferenciados:

- ASCP (Almacén Sensorial a Corto Plazo) de naturaleza sensorial, temporal y de duración breve;
- MF (Memoria de funcionamiento) y el MCP (Memoria de corto plazo), ambos módulos se limitan a 7 unidades de información (palabras, conceptos), requiere de repetición y repaso para lograr una duración es relativa, no mayor de 18 segundos sin repasar, se pierde la información por falta de repaso y se desplaza la información por información nueva.
- MLP (Memoria de Largo Plazo), tiene capacidad ilimitada, representa una organización significativa de naturaleza permanente, aunque puede fallar con interferencia de nueva información.

Bajo este enfoque el aprendizaje no es un proceso unitario, sino un proceso en varias etapas

- El acrecentamiento: consiste en acumular información en la unidad de memoria
- La estructuración: consiste en formar las estructuras conceptuales pertinentes entre los datos
- El afinamiento: consiste en el uso eficiente del conocimiento ya organizado.

Los experimentos han demostrado que el proceso tiene mejores resultados cuando se atienden los principales principios (Lindsay & Norman, 1972) citado en (Galvis Panqueva, 1992):

- Las personas aprenden mejor si se involucran activamente en el procesamiento de la información en lugar de tener una actitud pasiva
- Hay dos niveles de procesamiento el superficial y el profundo, el segundo tiene más probabilidad de impactar la memoria de largo plazo
- La capacidad de procesamiento es limitada y depende de la capacidad de integrar y organizar la información
- El aprendizaje de nueva información depende de la existencia de estructuras previas
- Uno de los factores más significativos para procesar información es la capacidad de poner atención, esta capacidad varía por su grado de motivación y participación
- Un factor que dificulta el aprendizaje es la ansiedad, la cual bloquea los circuitos de memoria

Estos aspectos son importantes en la planeación de la enseñanza pues en el diseño de actividades o materiales didácticos se debe promover la participación activa, la recuperación de conocimientos previos, el aumento de la atención y de la motivación. Los juegos serios son aplicaciones diseñadas especialmente para captar la atención de los usuarios, buscan promover el aumento de la motivación, permiten el repaso de la información facilitando el aprendizaje de los contenidos al integrar la información a las estructuras cognitivas con conocimientos previos. Usar un material que cumpla estos principios ayudará a los estudiantes a mejorar su capacidad de aprendizaje.

Trabajo relacionado

En el proceso desarrollo del sistema de software, la base, es la metodología utilizada. En este caso el análisis, la obtención de los requerimientos, el diseño, la implementación y las pruebas son las etapas más importantes de dicho proceso. Sin embargo, estudios demuestran que fases críticas en cuanto a la calidad de los sistemas, son las etapas iniciales: la fase de requerimientos y la fase de diseño. De acuerdo a los estudios del *SEI-Carneige and Mellon University* la mayoría de los fallos provienen de estas fases (Park, Goethert, & Florac, 1996), como se muestra en la Figura 2, en donde las distribuciones del origen de los fallos se acentúan en los requerimientos, diseño y codificación.

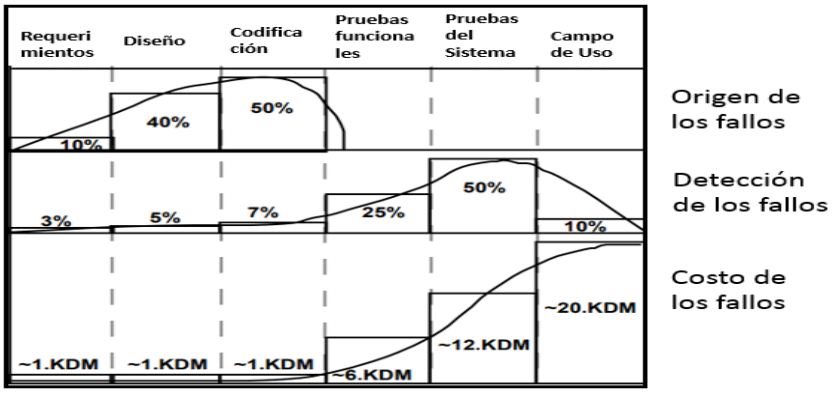


Figura 2: Distribución de fallas como factor de costos *(Park, Goethert, & Florac, 1996)*

De acuerdo al estudio de *SEI-Carneige and Mellon University,* es claro que es importante cuidar la fase de requerimientos y de diseño. En el caso del diseño, una técnica que mejora la eficiencia y el rendimiento de las aplicaciones informáticas son los *patrones de diseño*. Otra ventaja que ofrecen dichos patrones, se mejoran los niveles de mantenibilidad, de tal forma que es posible evolucionar para cumplir las necesidades del cliente de una forma más clara. Así también la confiabilidad del software (fiabilidad, protección y seguridad) se beneficia, es decir el número de errores se reduce y en este caso la eficiencia mejora y ello optimiza los recursos del sistema, como la memoria y los ciclos de procesamiento (Sommerville, 2005)**.**

En un juego serio, el uso de memoria es un modelo análogo al procesamiento de la información de una computadora, en la que existen unidades de almacenamiento temporal y permanente de la información, así como dispositivos para capturar, buscar, producir y transformar la información. En este caso el número de jugadas debe requerir de repetición y repaso para lograr una duración es aleatoria. De esta forma el número de combinaciones debe ser un número de tipo exponencial. De acuerdo a estas condiciones de funcionamiento el

Paradigma Orientado a Objetos es adecuado para su diseño y desarrollo. En este ámbito soluciones eficientes desde el punto de vista arquitectónico son los denominados patrones de diseño. Los *Patrones de Diseño* son arquitecturas de diseño software que han demostrado ser soluciones confiables y eficientes, que se aplican en el desarrollo de distintos dominios de los sistemas de software

Juegos Serios

Los autores Vizcaíno, Valencia, Soto, García Mundo, & Piattini (2016) nos describen a los juegos serios como un papel importante, ya que se trata de juegos educativos que permiten adquirir conocimientos y habilidades con un bajo costo, es decir se describe un juego con el cual se puedan adquirir algunas de las competencias necesarias en el DGS (desarrollo global de un proyecto software), el juego simula escenarios que suelen presentarse durante el desarrollo global de un proyecto software, de manera que el usuario pueda tomar conciencia de los problemas referentes al DGS y adquirir una cierta experiencia a la hora de solventar estos problemas; además, se describe una evaluación preliminar del mismo, para que las empresas de desarrollo de software intentan unirse al mercado global con el fin de poder contratar mano de obra en otros países, buscando reducir los costos, aumentar la productividad y así obtener ventajas competitivas para realizar esta práctica las empresas requieren desarrolladores que posean conocimientos y habilidades para solventar los problemas que surgen a causa de la distancia geográfica, temporal y cultural.
En otro caso los juegos serios se están utilizando ampliamente en la industria y en la enseñanza se presentan como una gran herramienta para que los profesores puedan fomentar la motivación y la participación de sus alumnos. En la literatura se encuentran casos de éxito y experiencias a mejorar, principalmente centrados en enseñanza primaria, secundaria y universidad. En el artículo de “Experiencia de Juegos Serios en el Aula de Formación Profesional” (Garcia Iruela & Hijón Neira, 2017) se presenta un estudio de los Juegos Serios en la formación profesional con dos aportaciones: la primera un análisis de la eficacia educativa del empleo de 5 aplicaciones desarrolladas para la enseñanza de la programación, con resultados muy positivos, y la segunda una evaluación cualitativa de dichas aplicaciones por parte de los alumnos que pretende ofrecer una guía de las características o funcionalidades más o menos apreciadas por ellos.

Anudado a la investigación realizada por Yamba & Luján Mora (2017) sobre el aumento de la deserción de los alumnos en las universidades así como el abandono de los cursos en línea, se debe al constante cambio tecnológico, se considera también que cada vez es mayor la necesidades de aprendizaje y capacitación. Uno de esos cambios son los Cursos Masivos Abiertos en Línea (MOOC) y el uso de dispositivos móviles para el aprendizaje. Como estos entornos de estudio son un nuevo tipo de curso en línea en nuestro entorno el índice de abandono es alto, es imprescindible su análisis para conocer las razones de este y lograr disminuir la deserción de usuarios en cursos MOOC. Para ello, se propone conocer diferentes factores del problema, como por ejemplo la experiencia previa de los usuarios en la realización de cursos MOOC, el nivel de satisfacción en la interacción con las plataformas que alojan cursos MOOC y la satisfacción en general al finalizar este. Además, el conocer el perfil de los usuarios facilitará que los futuros cursos se adapten a ellos, aunque conlleve incrementar el equipo de trabajo. Con el fin de que se sientan acompañados, con ánimo de seguir la capacitación y que posean una nueva experiencia de aprendizaje.
Un estudio realizado por la Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México en conjunto con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Loredo Enríquez, Mireya Cobo, & García Cabrero, 2017) revela que la formación docente en el nivel universitario en México, requiere replantear las estrategias establecidas hasta el momento, para que las actividades docentes tengan una repercusión en los aprendizajes de los estudiantes. Se centra en encontrar regularidades en los estilos de actuación docente que están presentes en la muestra de 38 profesores de diversas disciplinas, que han sido durante un tiempo exitosos y reconocidos institucionalmente como buenos profesores, buscando caracterizar qué hacen en momentos significativos de la docencia como lo son; la planeación del curso y la planeación de cada sesión, la conducción de la clase y la evaluación de los aprendizajes, relacionados con variables control que identifican a los profesores.

Metodología

El principal enfoque que se utiliza en esta investigación es la implementación de los patrones de diseño a una aplicación móvil, como una estrategia para optimizar los recursos de memoria y procesamiento en la generación dinámicas de las partidas, tomando en cuenta las limitaciones de hardware de los dispositivos móviles. La aplicación resultante es un juego serio (*JSAB*) para motivar a los alumnos de la licenciatura de ingeniería en

computación del centro Universitario UAEM Texcoco a utilizar nuevos recursos educativos para que su aprendizaje tenga diversidad y sea más eficiente y eficaz.

El sistema JSAB está compuesto de algunas actividades particulares para su modelado y diseño. Bezanilla et. al. (2014), recomiendan que en el modelado formal del juego serio se debe considerar los siguientes componentes estructurales:

- Objetivos: deben estar claramente definidos y conocidos por el jugador. En el contexto de un juego serio educativo, los objetivos serán explícitos en las competencias ejecutadas.
- Reglas: este componente determinará el orden, los derechos y las responsabilidades de los jugadores, así como los objetivos a cumplir por cada jugador con el fin de alcanzar el reto que enfrenta.
- Desafío: determina cuando el juego se termina. En este caso el jugador se enfrentará a problemas relacionados al aprendizaje de las estructuras de datos para los que se buscará soluciones. Una vez todos resueltos, hará frente al desafío. Para el juego serio propuesto, los criterios del final de juego, tanto parcial como general, serán especificados en los resultados del aprendizaje;
- Interacción: es el componente que surge de la mecánica y dinámica del juego, que dará lugar a todas las experiencias que el jugador va a disfrutar. Éstas surgirán continuamente como resultado de la retroalimentación inmediata ofrecida por el juego, que a su vez reflejará la evidencia del progreso hacia el desafío final.

En este caso, se ha utilizado la metodología *Mobile-D*, la cual es una metodología para el desarrollo de software ágil, que consta de 5 fases:

1. *Fase de exploración*. Se establece la preparación de los requerimientos del juego, así como el diseño didáctico e interactivo
2. *Fase de inicialización*. Se identifican y preparan los recursos necesarios para las siguientes fases, como los diagramas de casos de uso, el diagrama de actividades, el modelado de datos y el diseño de la interfaz de usuario.
3. *Fase de producción*. En esta etapa se desarrolla la base de datos y la codificación del juego. *Fase de estabilización*. Se verifica que los tres elementos de la APP interactúen y funcionen correctamente
4. *Fase de prueba y ajustes del sistema*. Se realizan las pruebas necesarias y se corrigen fallos para ser probado con los alumnos (Baldomceda Chaves, & Yucra Sotomayor, 2017), (Amaya Balaguera, 2013).

El sistema se ha desarrollado en lenguaje Android Studio (SDK) con una interfaz fácil de usar para una comprensión rápida por parte del alumno. Dicho juego se distribuye para la evaluación de conocimientos de árboles binarios en la asignatura estructura de datos a los estudiantes de ingeniería en computación. Para conocer las opiniones de los estudiantes con respecto a la interacción con el juego, se utilizará un instrumento de medición en donde los estudiantes que usaron estas herramientas compartirán sus experiencias, con ello será posible identificar los factores más importantes que facilitan o dificultan la participación para todo tipo de usuario.

Algunos requerimientos funcionales del sistema JSAB son:

La vista de usuario del *Jugador* (alumno) es la principal, tiene interacción directa con la aplicación móvil, sus principales funciones son:

- Iniciar sesión proporcionando usuario y contraseña.
- Los datos del usuario y contraseña serán validados en la base de datos.
- De acuerdo al nivel del jugador será asignado el nivel en el juego, esto depende del histórico de acuerdo al desempeño del alumno
- El acceso a las pantallas de instrucciones permite observar las reglas del juego
- El sistema da la posibilidad de realizar una partida de prueba
- De acuerdo al nivel establecido se realiza la asignación de partida (problemáticas).
- Las partidas en las partidas se presentan las preguntas y respuestas con una notación gráfica.
- El sistema da la opción de pausar, reanudar la partida o salir del juego.
- Cuando se alcanzó el máximo puntaje y quiere volver a jugar, el sistema permite reiniciar la partida y empezar nuevamente el juego.
- El sistema muestra cada una de las partidas que el jugador ejecuta.
- Se otorga el puntaje de los reactivos resueltos satisfactoriamente

En la Figura 3 es posible observar el caso de uso en donde tenemos como actor principal al jugador y el rol de acuerdo a lo descrito anteriormente.

 ISSN 2007-8102

Arquitectura Propuesta

En la arquitectura de software propuesta, el patrón de diseño *Wrapper* permite añadir dinámicamente funcionalidad al objeto *FormuarEvaluación*, como se observa en la Figura 4, lo que permite establecer en memoria sólo los objetos base y el *decorador* de *FormulaEvaluación* genera nuevos objetos que establecen nuevas combinaciones de funcionalidad, para que el usuario tenga diferentes formularios en cada nueva partida. El patrón de diseño *Wrapper* consta de dos clases: *VistaPregunta* y *Wrapper*, y una interfaz *FormularEvaluación* constituye la interfaz común a la clase *VistaPregunta*, que se enriquece con la clase abstracta Wrapper. La interfaz constituida únicamente por el método *Visualiza*; este método muestra los datos de los objetos *WrapperPregunta*, *WrapperImagen*, *WrapperSolución*; en la imagen se enfoca con un rectángulo a las clases que implementan al *Wrapper*

El diagrama de paquetes consiste en representar de manera gráfica la distribución de los elementos de la aplicación en los diferentes paquetes de esta, se implementa la arquitectura del patrón de *MVC (modelo vista controlador)*, de acuerdo con los autores Fernández Romero y Díaz González (2012) señalan que esta arquitectura es muy útil para las aplicaciones móviles por que se trabajan de manera separada el interfaz de usuario, la base de datos y la iteración entre ambos, si existe un error es más rápido encontrarlo y corregirlo. En la Figura 5 se observa el funcionamiento de dicho patrón, el modelo se visualiza con la base de datos *SQLite*, la vista se representa con el conjunto de herramientas que se utilizan para realizar las *Activitys* con las que interactúa el jugador y por último el controlador se encarga de comunicar las acciones de la interfaz de usuario y los datos donde se encuentran los ejercicios del juego en este apartado se implementa el patrón de diseño *Wrapper* que permite añadir a la clase *FormularEvaluación* más dinámica la formulación.

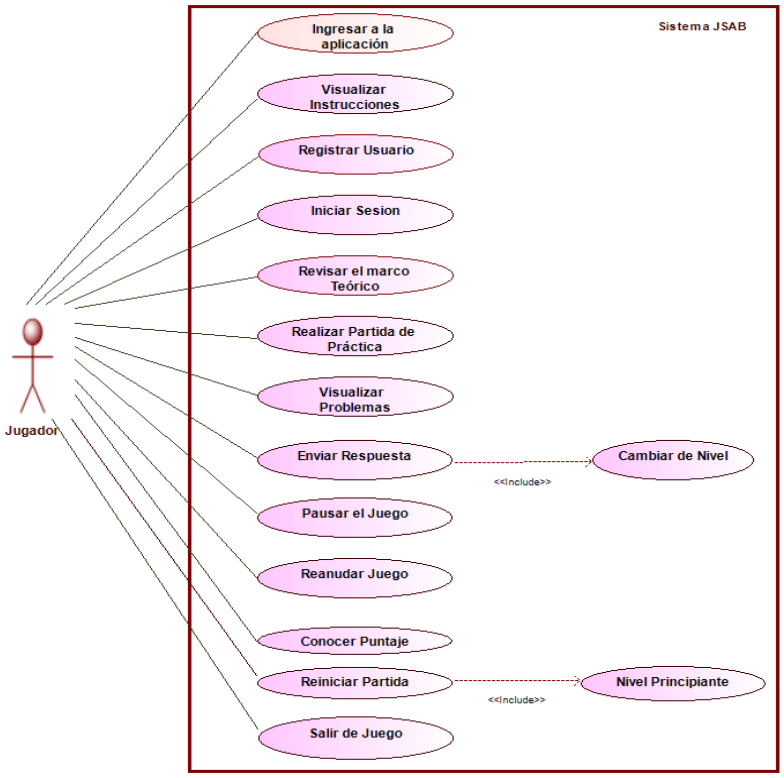


Figura 3: Diagrama de caso de uso del sistema JSAB

El patrón de diseño de software de creación *Singleton* busca restringir la creación de objetos pertenecientes a una clase o el valor de un tipo a un único objeto. Su finalidad es garantizar que una clase solo sea instanciada una vez y, además, proporcionar un único punto de acceso global a la misma. Esto lo consigue gracias a que es la propia clase la responsable de crear esa única instancia y a que se permite el acceso global a dicha instancia mediante un método de clase.

 ISSN 2007-8102

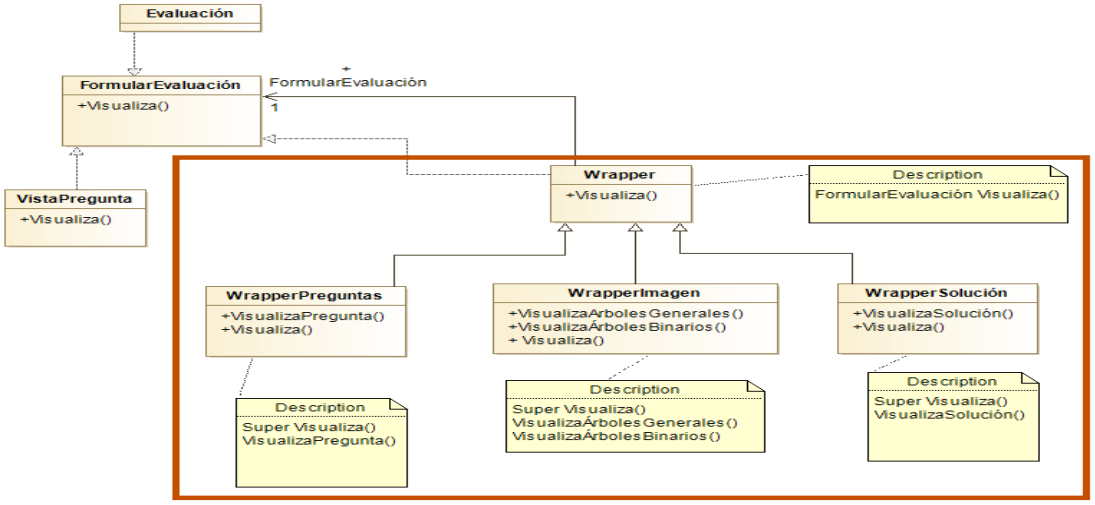


Figura 4: Arquitectura del patrón de diseño Wrapper (diseño propio).

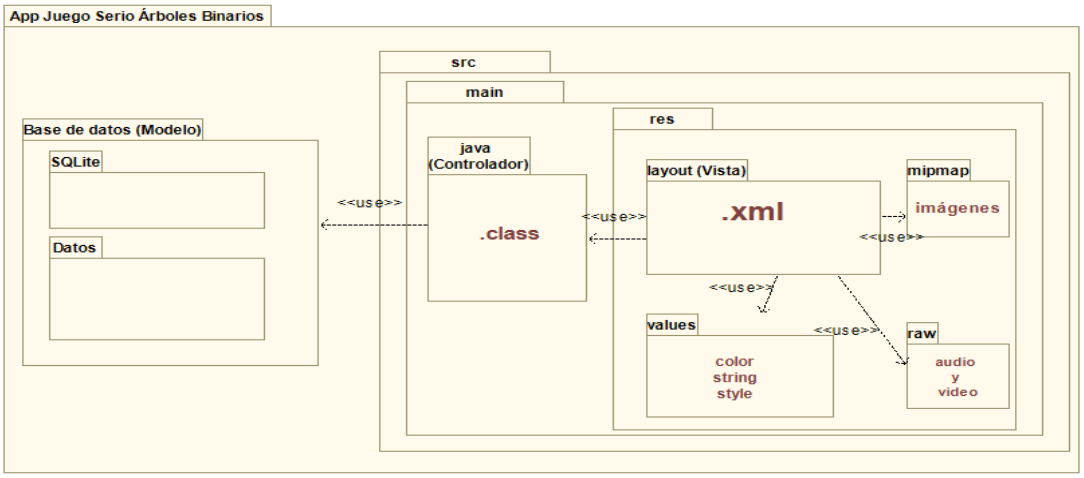


Figura 5: Diagrama de paquete del juego serio (diseño propio).

Este patrón permite solucionar los problemas asociados a la liberación de memoria para que no se duplique información, en la Figura 6 se observa que la clase Singleton que ofrece acceso al método Login, el cual controla el acceso al juego, por esto es, que necesitamos utilizar este patrón para guardar el estado del juego, así como los componentes esenciales. Así mismo la clase tiene un mecanismo que asegura una única instancia; este mecanismo no permite que se cree ninguna otra instancia.

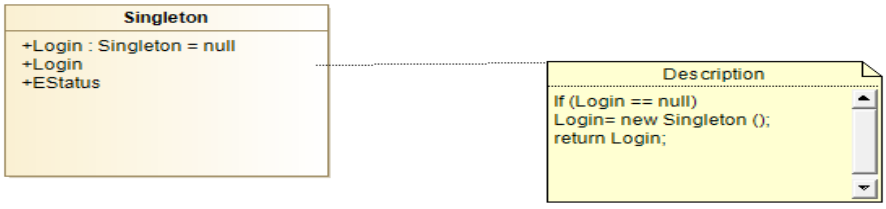


Figura 6: Estructura del patrón Singleton (diseño propio).

Por otra parte, de acuerdo con los trabajos de Canté García, Fernández Morales, y Pulido (2016), el color está ligado al aprendizaje, puesto que el color acelera el aprendizaje de 55% a 78%, es así como las personas desarrollan una percepción al lenguaje del color conforme maduran, basado en el uso común y cultural. Es por eso que en el juego serio predomina el color azul, porque de acuerdo con la psicología del color transmite calma

 ISSN 2007-8102

y relajación lo cual ayuda al alumno a tener concentración. Así como el color amarillo ayudará a los jugadores a retener más rápido la información y con mayor facilidad los contenidos teóricos del juego, para tener más fluidez en la solución de los problemas que tiene cada nivel del juego. En las pantallas del juego se utilizan imágenes prediseñadas así, por ejemplo: los botones son imágenes de elaboración propia; en la Figura 7 se muestra algunas pantallas del juego con las que interactúa el usuario.

Discusión

El proceso de aprendizaje, se visualiza como un modelo análogo al procesamiento de la información de una computadora, en la que existen unidades de almacenamiento temporal y permanente de la información, así como dispositivos para capturar, buscar, producir y transformar la información. Bajo este enfoque, aprender se entiende como el proceso de incorporar a la memoria nuevos aprendizajes, además de recuperarlos y usarlos.
El sistema optimiza los recursos de memoria y el procesamiento de cada partida que el jugador solicite, el uso del patrón *Wrapper* genera los objetos de aprendizaje de acuerdo a las variables del contexto a tiempo de ejecución, lo que permite utilizar sólo la memoria que se vaya necesitando, sin la necesidad de tener un gran código sin uso. Esto reduce el tamaño de la aplicación, de esta forma el tiempo también se reduce, lo que optimiza el funcionamiento y la eficiencia del sistema.
La mantenibilidad del sistema será menos complicada, porque el diseño del sistema generó una arquitectura con menos componentes, en relación de la arquitectura proyectada sin patrones de diseño, lo cual permite una rápida identificación de los componentes implícitos, de sus relaciones y actualizaciones.

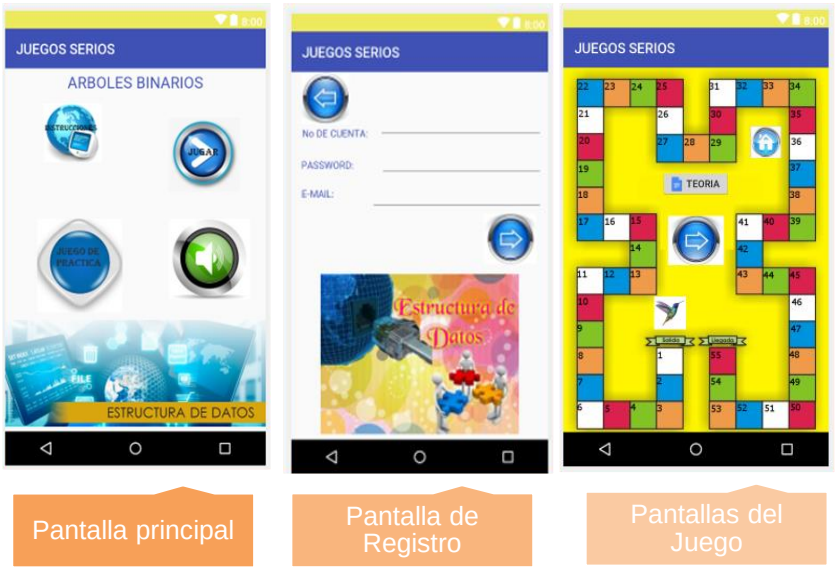


Figura 7: Ejemplo de algunas pantallas de juego serio (diseño propio).

Conclusiones

El desarrollo de software para juegos serios en aplicaciones móviles, implica un proceso de aprendizaje similar al proceso de incorporar a la memoria nuevos aprendizajes, además de recuperarlos y usarlos. Lo anterior exige una arquitectura de software diseñada para optimizar los recursos de memoria y de procesamiento. El patrón *Wrapper* genera los objetos de aprendizaje de acuerdo a las variables del contexto a tiempo de ejecución, lo que permite generar sólo los objetos que sean usados y la memoria que se vaya necesitando. En el caso de *Singleton,* nos permite mantener una sola instancia que contiene variables de acceso y contadores estadísticos que se van actualizando sin la necesidad de generar los objetos de forma incontrolada. Finalmente, MVC, permite asociar clases con fines similares para establecer la vista del juego, las reglas de operación y su interacción.
Uno de los enfoques que ofrece holismo y eficiencia, es el de los patrones de diseño. Otra importante ventaja de este enfoque es que brinda soluciones reutilizables, que benefician la mantenibilidad y evolución del sistema. La esencia de utilizar estos patrones radica en que los desarrolladores sean capaces de entender el contexto de la problemática en el cual se aplica y el motivo de su existencia, permitiendo así la posibilidad de su implementación en el desarrollo del sistema para obtener un software de calidad.

Es así que el uso de patrones de diseño provee significativas ventajas en el proceso de desarrollo y codificación de sistemas de software. En el caso de dispositivos con un almacenamiento limitados como es el caso de los móviles, permiten la optimización de recursos. En el presente trabajo, para que el juego serio tenga una mayor fluidez en su funcionamiento; la experiencia del jugador al interactuar con la interfaz de usuario, es una motivación para seguir buscando soluciones eficientes que mejoren el uso de los recursos y así la velocidad de respuesta con la que se presentan los ejercicios a resolver, llegando a desarrollar una aplicación ágil y eficiente para así lograr que su aprendizaje sea divertido, dinámico y permanente.

Trabajo a futuro

La evolución del juego serio de la presente propuesta, se proyecta como un juego multiusuarios en red, en donde el patrón *Abstract Factory* y *Proxy* nos presentan un esquema que beneficia este enfoque.
El sistema se pretende evaluar con un analizador como CodePro Analityx para estimar la calidad el diseño mediante métricas de diseño y así poder establecer de una forma cuantificada las ventajas de este enfoque. Otro aspecto de interés, es llegar a establecer modelos de predecibilidad en relación de su eficiencia.

Referencias

Amaya Balaguera, Y. D. (2013). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. *Revista de Tecnología ¦ Journal Technology*, 111-124. Recuperado el Septiembre de 2018, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041502

Baldomceda Chaves, , J. C., & Yucra Sotomayor, D. A. (2017). Desarrollo de un aplicativo móvil basado, en la metodología Mobile-D para la gestión de reservas del hotel Caribe de Huaral. *Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Nuevos tiempos, Nuevas ideas*, 46 - 56. Recuperado el Agosto de 2018, de http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1800

Bezanilla, M. J., Arranz, S., Rayon, A., Rubio, I., Menchaca, I., Guenaga, M., & Aguilar, E. (2014). Propuesta de evaluación de competencias genéricas mediante un juego serio. *New approaches in educational research*, 44-54. Recuperado el Agosto de 2018, de https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Propuesta+de+evaluaci%C3%B3n+de+competencias+gen%C3%A9ricas+mediante+un+juego+serio&btnG=

Canté García, J. F., Fernández Morales, K., & Pulido, J. E. (2016). Psicologia del color aplicada a los cursos virtuales para mejorar el nivel de aprendizaje en los estudiantes. *Description grafica*, 52-55. Recuperado el Octubre de 2018, de http://dx.doi.org/10.5565/rev/grafica.57

Edison Muñoz, J., Villada, J. F., & Giraldo Trujillo, J. C. (2013). Exergames: una herramienta tecnológica para la actividad física. *Revista Medica Risaralda*, 126-129. Recuperado el Mayo de 2019, de http://www.scielo.org.co/pdf/rmri/v19n2/v19n2a05.pdf

Fernández Romero, Y., & Díaz González, Y. (2012). Patrón Modelo-Vista-Controlador. *Telem@tica*, 48-50. Recuperado el Abril de 2019, de http://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/15/10

Galvis Panqueva, A. (1992). *Ingeniería de Software educativo.* Santafé de Bogota: Universidad de los Andes.

Garcia Iruela, M., & Hijón Neira, R. (2017). Experiencia de Juegos Serios en el Aula de Formación Profesional. *Universidad rey Juan Carlos, V Consejo Internacional de Videojuegos y educación*, 1-6. Recuperado el Agosto de 2018, de https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6682/CIVE17_paper_17.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Juca Maldonado, F., Garcia, M. B., & Burgo Bencomo, O. (2015). Los Juegos Serios y su influiencia en el uso de responsable de energia y cuidado del medio ambiente. *Universidad Metropolitana*. Recuperado el Septiembre de 2018, de http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/163/139

Lindsay, P., & Norman, C. M. (1972). *Human InformationProcessing: An Introduction to Psychology.* New York: Academic Press.

Loredo Enríquez, J., Mireya Cobo, K., & García Cabrero, B. (2017). Estilos de enseñanza de los profesores, un estudio sobre la planeación, conducción y evaluación que realizan las aulas. *Tendencias pedagógicas*, 17-36. Recuperado el enero de 2018, de https://revistas.uam.es/tendenciaspedagogicas/article/view/8113/8431

Martí Parreño, J., Sanz Blas, S., & Ruiz Mafé, C. (2012). Nuevas herramientas de promoción de destinos turísticos: el uso de los videojuegos publicitarios (Advergames). *Gran Tour: Revista de Investigaciones Turísticas*, 75-78. Recuperado el 2019 de Mayo, de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3952855.pdf

McVideoGame. (24 de mayo de 2019). *http://www.mcvideogame.com/index-esp.html*. Obtenido de http://www.mcvideogame.com/index-esp.html: http://www.mcvideogame.com/index-esp.html

Park, R. E., Goethert, W. B., & Florac, W. A. (1996). *Goal-Driven Software Measurement —A Guidebook.* Pittsburgh: Software Engineering Institute Carnegie Mellon University. Recuperado el mayo de 2019, de https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/Handbook/1996_002_001_16436.pdf

Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software un enfoque practico.* México: Mc Graw-Hill .

Revuelta Domínguez , F. I., Valverde Berrocoso, J., & Esnaola Horachek , G. (2013). Edutainment en modelos 1 a 1. Una propuesta en video juegos en redes sociales. *Revista Fuentes*, 139-154. Recuperado el Mayo de 2019, de https://revistascientificas.us.es/index.php/fuentes/article/viewFile/2563/2471

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *The American Psychological Association, Inc*, 68-78. Recuperado el Mayo de 2019, de http://www.davidtrotzig.com/uploads/articulos/2000_ryandeci_spanishampsych.pdf

Sommerville, I. (2005). *Ingeneria de Software.* Madrid: Pearson.

Vizcaíno, A., Valencia, D., Soto, J. P., García Mundo, L., & Piattini, M. (2016). ¿Qué desafíos presenta el desarrollo global del software? Aprende jugando. *Alarcos Research Group, University of Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Spain*, 2-4. Recuperado el Agosto de 2018, de https://biblioteca.sistedes.es/wp-content/uploads/2016/09/CEDI_2016_paper_47.pdf

Yamba, M., & Luján Mora, S. (2017). Cursos MOOC: factores que disminuyen el abandono en los participantes. *Scielo, Enfoque UTE, V.7-Sup.1*, 1-15. Recuperado el Enero de 2018, de http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v8s1/1390-6542-enfoqueute-8-s1-00001.pdf

Analítica de datos para pronóstico de robo de energía usando medidores inteligentes

Y. M. Loya Ayala[1], J. C. Olivares Rojas[2], E. Reyes Archundia[2], A. L. Mendieta Jiménez[3] y M. C. Jasso Carbajal[4]*
[1]División de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica del Valle de Toluca, km. 5.6 carretera Toluca-Almoloya de Juárez, Santiaguito Tlalcilalcali, C.P. 50904, Almoloya de Juárez, Estado de México.
[2]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, Av. Tecnológico 1500, Lomas de Santiaguito, Morelia, Michoacán, 58120.
[3] Facultad de Química. Universidad Autónoma del Estado de México. Paseo Colón esq. Paseo Tollocan s/n, Toluca, Estado de México, 50120
[4] Facultad de Economía. Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec s/n. Col. Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México, 50110
**monserrat.loya@outlook.es*
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El robo de energía es la principal pérdida no técnica de las empresas suministradoras del servicio eléctrico. Con la introducción de medidores inteligentes se registran las lecturas de medición del consumo y producción de energía eléctrica de forma más periódica, lo cual conlleva al posterior uso de esta información. En este trabajo se presenta la analítica de datos de las lecturas de consumo/producción de energía eléctrica de medidores inteligentes que permite determinar un patrón de consumo/producción de energía eléctrica para identificar si los consumos/producción de energía eléctrica pueden ser considerados como robo de energía.

***Palabras clave**: Analítica de Datos, Medidores Inteligentes, Pronóstico, Robo de Energía*

Abstract

Energy theft is the main non-technical loss of the companies supplying the electric service. With the introduction of smart meters, the measurement readings of the consumption and production of electrical energy are recorded more regularly, which leads to the subsequent use of this information. This paper presents the analytical data of the readings of consumption/production of electrical energy of smart meters that allows determining a pattern of consumption/production of electrical energy that allows determining if the consumption/production of electrical energy can be considered as energy theft.

***Key words**: Data Analytics, Smart Meters, Forecasting, Energy Theft*

Introducción

Las pérdidas de energía eléctrica se clasifican en técnicas y no técnicas en función de su origen. Las pérdidas no técnicas presentan una mayor relevancia debido a que suceden con mayor frecuencia durante la comercialización derivado de los usos ilícitos, fallas de medición y errores de facturación. Las Redes Generales de Distribución, en CFE Distribución, perdieron en 2017 un 7.96 % de la energía recibida en pérdidas no técnicas con un volumen de 18,268 GWh, esto representó pérdidas económicas significativas para la compañía CFE Distribución [2018]. Tradicionalmente, los medidores de electricidad se instalan en los establecimientos del consumidor y la información de consumo se recopila mediante toma de lecturas a los medidores a través de lecturistas en sus visitas mensuales o bimestrales, dichos medidores son analógicos y presentan ciertas desventajas tanto para el consumidor como para la compañía eléctrica. Al contar con estos medidores, no se puede evitar el error humano en la lectura manual del medidor, existen altas posibilidades de robo de energía eléctrica, ya sea mediante el uso de diablitos, alteración de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos del medidor para cambios de lecturas de los medidores, entre otros. Además, el consumidor no tiene conocimiento de su consumo de energía hasta que tiene en sus manos la factura Visalatchi y Kamal [2017]. Desde hace algún tiempo se ha tratado de

modernizar la red eléctrica a través del uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC), pero no es hasta la década del 2000 que esto ha sido más específico, particularmente desde el 2007 con la aparición del término Red Eléctrica Inteligente (REI) Chebbo [2007]. El medidor inteligente es el componente principal de los sistemas de medición inteligente, y estos a su vez son la piedra angular de la REI Meng y col., [2019]. Los Sistemas de Medición Inteligente (SMI) permiten la automatización de las lecturas de consumo al utilizar las redes de telecomunicaciones que poseen los medidores inteligentes para enviar los datos directamente a la empresa eléctrica sin necesidad de un lecturista humano. A su vez, permiten cortes y reconexiones del suministro eléctrico sin la intervención de operadores. Además, en algunos países se pueden guardar los costos de la energía por uso horario y recientemente en tiempo real. Adicionalmente con la incorporación de energías renovables y su abaratamiento, los usuarios finales han pasado de ser simples consumidores de energía eléctrica a productores de la misma, motivo por el cual su rol ha cambiado a Prosumidores (Productores-Consumidores). Por este motivo, los medidores inteligentes también se han convertido para medir energía en los dos sentidos (consumo y producción). Todas estas características contribuyen a mejorar la operación del servicio eléctrico, entre ellos a evitar el robo de energía.

Por otra parte, la implementación de SMI conduce a un gran aumento en el volumen de datos, en el caso de la red eléctrica, los medidores miden el consumo de energía expresado en potencia por unidad de tiempo, pero también pueden medir otras variables como voltaje, frecuencia, potencia reactiva, factor de potencia, etc. De hecho, los datos de las redes inteligentes requieren tratamientos complejos, debido a su naturaleza, distribución y limitaciones en tiempo real de ciertas necesidades. Las técnicas de Big Data son adecuadas para la gestión avanzada y eficiente de datos para este tipo de aplicaciones. El gran volumen de datos ayudará a las empresas de servicios públicos a hacer cosas que no se podrían hacer antes, como comprender mejor el comportamiento, la conservación, el consumo y la demanda de los clientes, hacer un seguimiento de los tiempos de inactividad, las fallas y el robo de energía, Mohammad [2018].

En la literatura se han reportado diversos métodos y técnicas para evitar y detectar el robo de energía. Uno de los enfoques más populares es el uso de estadística inferencial para la predicción de datos. Dentro de las técnicas de estadística inferencial destaca la regresión lineal y series de tiempo. Particularmente, el uso de series de tiempo para realizar el análisis de grandes cantidades de datos permite comprender de una mejor manera el comportamiento actual y futuro de los datos energéticos y así poder establecer distintos patrones de consumo de energía para la posterior toma de decisiones efectivas. Shing y Yassine [2018], muestran distintos modelos para analizar, pronosticar y visualizar datos de series temporales de energía para descubrir diversos patrones de consumo de energía temporales. Proponen la agrupación de datos sin supervisión y el análisis frecuente de minería de patrones en las series de tiempo de energía, y la predicción de la red Bayesiana para el pronóstico de uso de energía. Mohammad [2018], presenta un análisis exhaustivo de conjuntos de datos obtenidos de medidores inteligentes que realizan lecturas cada 5 minutos para 100 edificios comerciales donde se hace uso de series temporales para el consumo de electricidad, así como se realiza la comparación de diferentes modelos de pronóstico. Maurya, y col., [2016], presentan un algoritmo que maneja de manera eficiente los datos de alto consumo de energía y captura los patrones de consumo diario de energía de cada hogar residencial, lo que permite al consumidor comparar el consumo de energía con sus vecinos o detectar cualquier anomalía, como un aparato defectuoso.

En este trabajo se propone una implementación de un método de detección de robos de energía usando datos de medidores inteligentes y realizando el pronóstico dentro del mismo medidor para ello se determina en primera instancia el modelo de comportamiento de consumo/producción de energía eléctrica del medidor para tener una línea base que ayude a determinar si los nuevos valores de consumo/producción pueden ser considerados como robo de energía.

Metodología

El presente caso de estudio tiene un enfoque relacionado con minería de datos, que se puede definir como el proceso de descubrir conocimiento útil y entendible, desde grandes bases de datos. El objetivo principal de la minería de datos consiste en la extracción de información oculta de un conjunto de datos. Esto puede ser

alcanzado por el análisis automático o semiautomático de gran cantidad de datos, lo que permite la extracción de patrones desconocidos, Marulanda Echeverry, y col., [2017].

Para resolver la problemática se llevó a cabo la metodología que se presenta en la Figura 1.

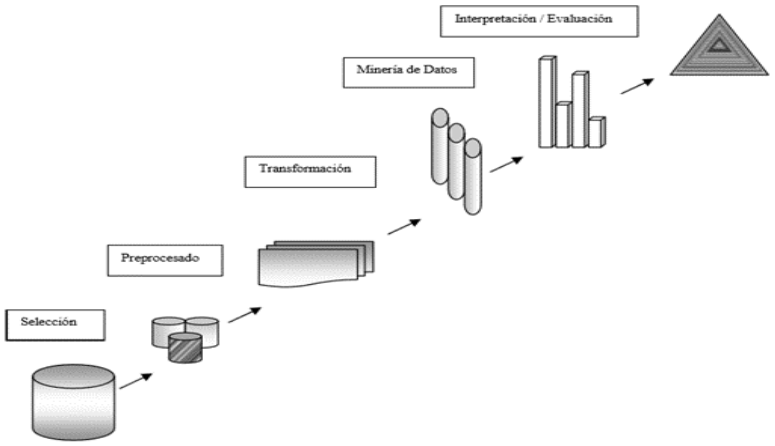


Figura 1. Proceso del descubrimiento de conocimiento en bases de datos, Velarde Martínez [2003].

Selección de los datos

Se obtuvieron los repositorios de los datos. Se seleccionaron dos bases de datos que contenían información energética relevante para el estudio. La primera de ellas fue una base de datos que incluía lecturas que registraban los medidores inteligentes que se instalaron en el ITM (Instituto Tecnológico de Morelia) durante el periodo de octubre de 2018 a mayo de 2019, se obtuvieron un total de 547,864 lecturas. La segunda base de datos fue obtenida de UCI Machine Learning Repository, Dua y Graff [2019]. Esta base de datos contiene 2,075,259 mediciones reunidas en una casa ubicada en Sceaux (a 7 km de París, Francia) entre diciembre de 2006 y noviembre de 2010. La base de datos que se tiene del ITM contaba con 26 columnas de información (*id, date, current_1, current_2, current_3, current_4, voltaje_1, voltaje_2, voltaje_3, power_1, power_2, power_3, cosphi 1, cosphi 2, cosphi 3, frequency_1, frequency_2, frequency_3, energy_pos_1, energy_pos_2, energy_pos_3, energy_neg_1, energy_neg_2, energy_neg_3, energy_pos_balanced, energy_neg_balanced*), mientras que la base de datos obtenida de la UCI contaba con nueve columnas (*Date, Time, Global_active_power, Global_reactive_power, Voltage, Global_intensity, Sub_metering_1, Sub_metering_2, Sub_metering_3*), de las cuales solamente cuatro columnas de las bases de datos eran importantes para la obtención de conocimiento.

Pre-procesamiento de datos

En esta etapa se llevan a cabo una serie de técnicas que tienen el objetivo de inicializar correctamente los datos que servirán de entrada para los algoritmos de minería de datos. El conjunto resultante de datos puede ser visto como una fuente consistente y adecuada de datos de calidad para su posterior uso. Se realizó el uso de la estadística descriptiva para analizar las bases de datos donde se obtuvieron las medidas de dispersión y de tendencia central de los datos, así como algunos histogramas de frecuencia y mínimos y máximos de los datos para poder identificar la forma en la que se encontraban los datos. El análisis exploratorio de los datos se realizó en el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Limpieza de datos

En esta etapa se identificaron aquellos datos que presentaban una mayor relevancia en el estudio para poder omitir aquella información de la base de datos que no agregaba valor. Se eliminaron aquellas columnas que presentaban datos que no eran necesarios dejando solamente información valiosa como las lecturas del consumo de energía, producción de energía, voltaje y frecuencia, para realizar este tratamiento en los datos se utilizó el sistema de gestión de bases de datos SQLite. Una vez que se tenía esta información, se realizó un análisis exploratorio a los datos para identificar valores perdidos en las bases de datos. Se generaron dos nuevos conjuntos de datos; uno donde los valores perdidos fueron sustituidos por ceros y otro conjunto de datos donde fueron sustituidos por valores nulos para realizar posteriores pruebas con esos conjuntos de datos en el modelo, Witten y Frank [2005].

Como siguiente paso se identificaron los valores atípicos de las bases de datos, estos son valores que no coinciden con el resto de las series y pueden influir considerablemente en el análisis y, por lo tanto, afectar a la capacidad de previsión del modelo de serie temporal, IBM Knowledge Center [2019]. Se utilizó el software SPSS para identificarlos y posteriormente eliminarlos. Se calculó la puntuación Z para identificar aquellos valores que se encontraran muy alejados de la media y se tomó como parámetro el valor de Z igual a dos, se identificaron las lecturas que se encontraban fuera de ese parámetro y posteriormente se eliminaron ya que se consideraban como valores atípicos.

Transformación de datos

Una vez que se quitaron los valores atípicos que se encontraban en las lecturas de las bases de datos, se completó la base de datos de los medidores inteligentes que se encontraban en el ITM, agregando datos hasta que las dos bases de datos fueran homogéneas y tuvieran la misma cantidad de lecturas, en este caso se completaron 2,075,259 lecturas. Esto se realizó mediante un programa realizado en Python que nos permitía leer líneas y sobrescribir en las bases de datos.

Reducción de datos

Se realizó la fragmentación de las bases de datos en archivos más pequeños para una mayor facilidad al momento de trabajar, se fragmentaron 1,440 archivos que contenían la cantidad de lecturas que el medidor realizaba por día, 206 archivos que contenían lecturas por semana, 49 archivos que contenían lecturas por mes y 4 archivos que contenían lecturas por año. Se agruparon las lecturas generando conjuntos de lecturas por día, semana, mes y año de las variables de consumo y producción, esto se realizó obteniendo el promedio de la cantidad de lecturas que se realizaban en un día, una semana, un mes y un año.

Discretización de datos

Se sustituyen atributos numéricos con valores nominales. En la columna donde se encontraban las fechas se sustituyó la información por valores consecutivos, para realizar esta actividad se utilizó el sistema de gestión de bases de datos SQlite. Esto se realizó para iniciar con el estudio de series de tiempo. En la Tabla 1, se muestra la estructura final de las bases de datos, después de haber aplicado las distintas técnicas de minería de datos.

Tabla 1. Estructura final de la base de datos del ITM

Timestamp	Consumo (kWh)	Producción (kWh)
1	0.02652	0
2	0	0.000491
3	0	0.000458
4	0	0.00048
5	0	0.000475

Resultados y discusión

La arquitectura de hardware del medidor inteligente está basada en una Single Board Computer Raspberry Pi Model 3B+ utilizando una tarjeta de adquisición de datos SmartPi, enerserve [2019]. El sistema operativo es un Linux embebido Raspbian Buster, el cual cuenta con el lenguaje Python y se le instalaron múltiples bibliotecas de ciencia de datos para realizar el procesamiento de pronósticos dentro del medidor inteligente.

Análisis descriptivo de los datos

En la Tabla 2, se muestran los estadísticos descriptivos de los datos para identificar en qué forma venían de la base de datos que se encontraba en el ITM. Estos esatdísticos son calculados directamente en el medidor.

En la Figura 2 se muestran la distribución de frecuencia de las variables de Producción y Consumo. A simple vista parecen tener una distribución normal, por lo que también se realizaron pruebas de normalidad a los datos para

 ISSN 2007-8102

identificar si los datos provienen de una población normalmente distribuida para ello se realizó la prueba de Anderson-Darling (ver Figura 3).

Mediante un diagrama de dispersión se pudo identificar que había valores atípicos, por lo que tuvieron que ser imputados en vistas de realizar un mejor análisis.

Tabla 2. Análisis descriptivo de las bases de datos del ITM

Estadístico		Voltaje	Frecuencia	Producción	Consumo
Media		134.24806213287	61.788802698	.11278326	3.69612E-001
Mediana		136.83158850000	59.99836167	.16516700	0
Moda		110.000000000	60.008518670[a]	.000000	0
Desv. Desviación		10.712833657547	22.404638309	2.460375432	1.598047
Varianza		114.765	501.968	6.053	2.554
Rango		229.715344000	4423.1302893	1814.392743	1.410E+002
Mínimo		.284656000	.998907667	.000000	0
Máximo		230.000000000	4424.1291970	1814.392743	1.410E+002
Suma		73549680.312361260	33851860.601	61789.890167	2.025E+005
Percentiles	25	135.09593157500	59.97938367	.00000000	0.00000E+000
	50	136.83158850000	59.998361670	.16516700	0
	75	137.64764795000	60.017272330	.19944700	3.22321E-001

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

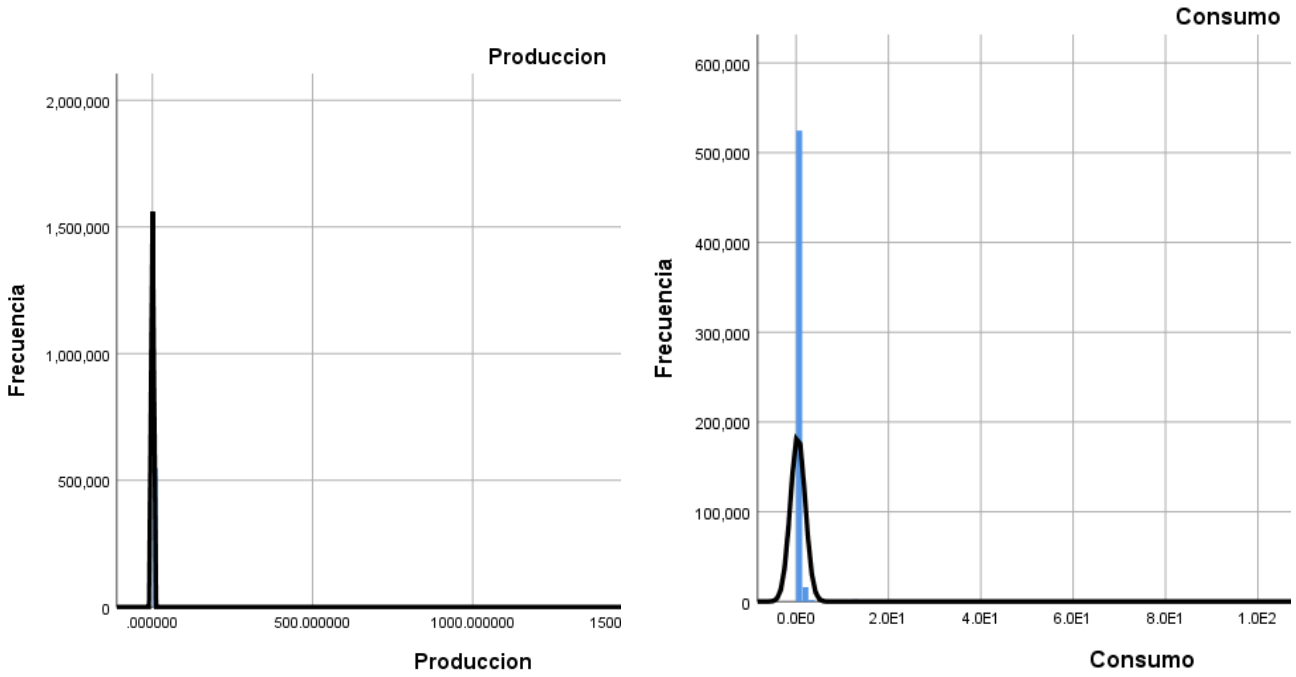


Figura 2. Diagramas de Frecuencia de las variables de Producción y Consumo.

El modelo de análisis de datos del medidor como primera instancia identifica el comportamiento de la serie de tiempo a través de la descomposición de la serie. En la Figura 4, se muestra la descomposición de la serie de consumo.

 ISSN 2007-8102

En general la serie de tiempo es descompuesta para ver si tiene tendencia, si presenta estacionalidad e identificar como es su componente de ruido. Con base a estos criterios, se escoge el mejor modelo a utilizar, para este caso se eligió un modelo autorregresivo integrado de media móvil o mejor conocido como modelo ARIMA (acrónimo del inglés autoregressive integrated moving average).

Para la selección del modelo ARIMA, el medidor realiza base de datos resumidas de los datos a menor escala por unidades o mayor a las de minutos como por ejemplo diás, semanas, meses y años a fin de aproximar y encontrar un patrón inicial de parámetros p, d y q del modelo ARIMA.

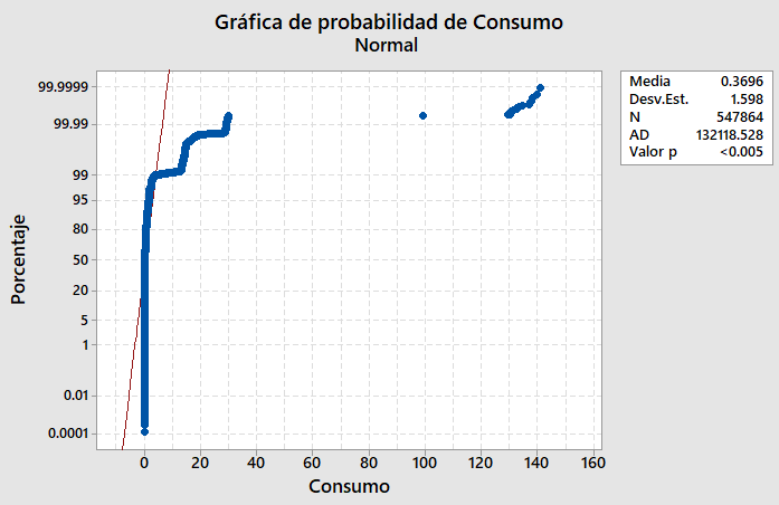


Figura 3. Prueba de Normalidad Anderson-Darling de los Datos del Medidor.

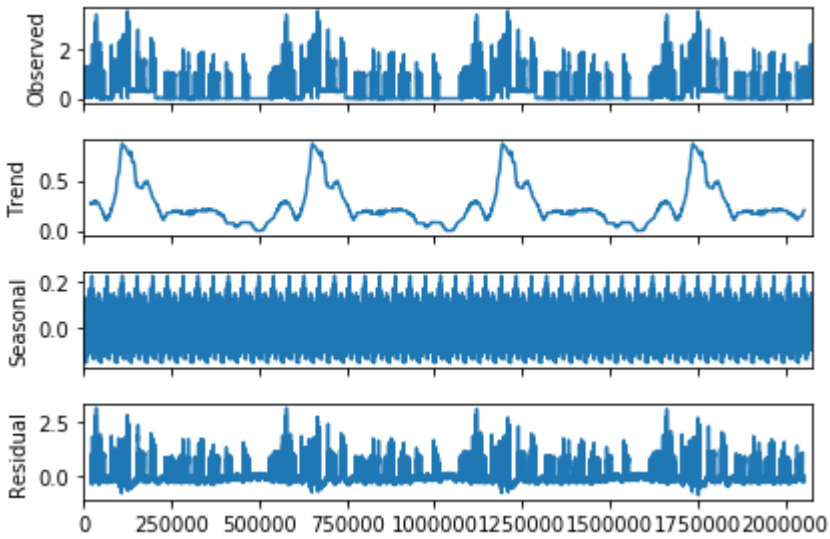


Figura 4. Descomposición aditiva de la Serie de Tiempo de Consumo.

Con los parámetros p, d y q obtenidos de los modelos más generales se procede a la elección del modelo definitivo, para ello se utilizó la función auto_arima() de la biblioteca pyramid-arima. Para nuestro ejemplo el modelo seleccionado fue: ARIMA (0, 1, 4). Para la definición del mejor modelo se utlizan métricas como RMSE (Root Mean Squared Error), MAPE (Mean Absolute Percentage Error), MAE (Mean Absolute Error), AIC (Akaike Information Criterion) y BIC (Bayesian Information Criterion) normalizado.

Posteriormente, se procede al entrenamiento del modelo. Para ello, se utilizan conjuntos de datos tanto del medidor como de otros medidores a fin de que el modelo pueda ajustarse a la mejor forma.

 ISSN 2007-8102

Una vez entrenado el modelo se procede finalmente a la predicción de valores futuros. Como puede observarse en la Figura 5, el margen de acierto de valores está encima del 95%, por lo que se considera como un buen patrón de perfil de consumo de dicho medidor.

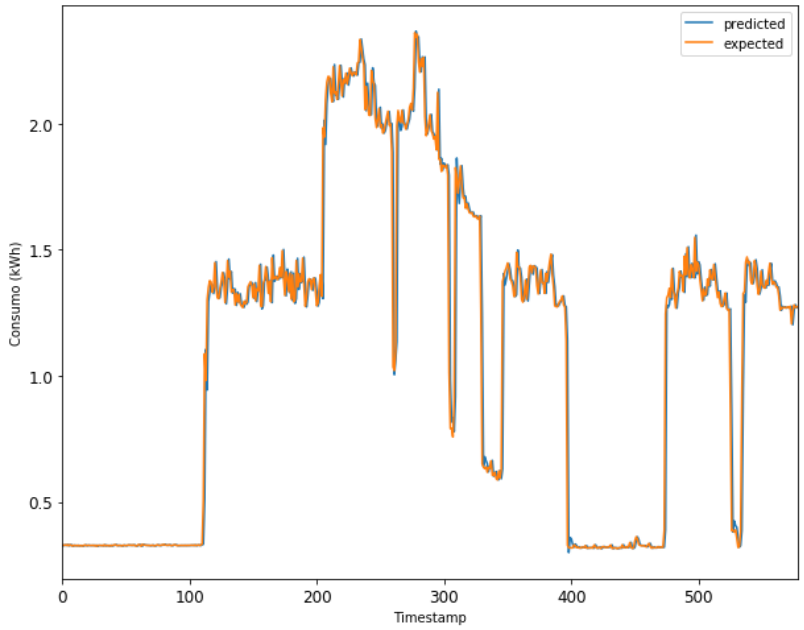


Figura 5. Predicción de Consumo.

Para la detección de robos, se establece una métrica con respecto a las anomalías del valor que se predice con el nuevo valor observado. Con base a la observación de datos, el modelo propuesto establece automáticamente el valor máximo/mínimo de referencia, que para el ejemplo fue de +/- 5%. Cada valor que se sale de este margen es considerado como una anomalía.

Las anomalías se agrupan en función del tiempo y su concordancia. Entre mayor sea el tiempo que se presentan las anomalías, el sistema marca con una mayor probabilidad un posible robo de energía. A su vez, entre mayor sea la diferencia del valor registrado se le da más peso a esa anomalía.

El modelo propuesto muestra alertas continuamente para que un experto humano pueda decir si se revisan a mayor detalle los registros de consumo/producción de energía. Ya que cambio de hábitos o eventos de consumo/producción esporádicos pueden traer consigo detección de anomalías invalidas (por ejemplo, el consumo energético de una casa de 23 horas a 5 horas del día siguiente es constante pero un evento esporádico como ruidos puede hacer que se prendan luces o electrodomésticos con alta carga de energía).

Trabajo a futuro

El modelo de clasificación de detección de robos de energía debe robustecerse de mejor manera utilizando algoritmos de aprendizaje máquina más robustos. Por otra parte se están estudiando otros modelos de predicción como redes neuronales y bayesianas para tener un mejor modelo de ajuste/aprendizaje del modelo para detectar patrones de consumo/producción considerados como anómalos.

Conclusiones

Este trabajo muestra que es posible detectar robos de energía utilizando datos y procesamiento del medidor inteligente. Los resultados indican que la detección de anomalías de consumos/producción de energía eléctrica

es adecuada pero que como todo modelo de pronóstico la intervención humana juega un papel relevante en la toma de decisiones. Es importante recalcar que el modelo propuesto ajusta sus parámetros y cantidad de valores de entrenamiento/ajuste a fin de que se ejecuten de forma adecuada en dispositivos embebidos con capacidades de cómputo limitadas.

Agradecimientos

Este trabajo se encuentra parcialmente financiado por el Tecnológico Nacional de México a través del proyecto con clave de registro 6385.19-P. El autor principal expresa su agradecimiento principalmente al Instituto Tecnológico de Morelia por brindar el apoyo para realizar el presente proyecto de investigación, así mismo agradece al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología por brindar el apoyo financiero para la estancia de investigación dentro del marco del XXIV Verano de Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico 2019.

Referencias

1. CFE Distribución (2018). Programa de ampliación y modernización de las Redes Generales de Distribución 2018-2032. https://www.cfe.mx/epsdistribucion/cumpliminetoregulatorio/Documents/PAM%20de%20las%20RGD%202018-2032.pdf. Fecha de consulta 15 de julio de 2019.
2. Visalatchi, S.; and Kamal Sandeep, K. (2017). Smart Energy Metering and Power Theft Control using Arduino & GSM. *IEEE. 2017 2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT).*
3. Chebbo, M. (2007). EU SmartGrids Framework “Electricity Networks of the future 2020 and beyond.” *2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting*. doi:10.1109/pes.2007.386294.
4. Meng, S.; Wang, Y.; Jiao, L.; Miao, Z. and Sun, K. (2019). Hierarchical Evolutionary Game Based Dynamic Cloudlet Selection and Bandwidth Allocation for Mobile Cloud Computing Environment. *IET Communications*, (13) 16-25, doi:10.1049/iet-com.2018.5100
5. Mohammad, R. (2018). AMI Smart Meter Big Data Analytics for Time Series of Electricity Consumption. *2018 17th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/ 12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE).* doi:10.1109/trustcom/bigdatase.2018.00267
6. Singh, S. and Yassine, A. (2018). Big Data Mining of Energy Time Series for Behavioral Analytics and Energy Consumption Forecasting. *Energies* **(11)**, 452. doi: https://doi.org/10.3390/en11020452
7. Maurya, A.; Akyurek, A. S.; Aksanli, B. and Rosing, T. S. (2016). Time-series clustering for data analysis in Smart Grid. *2016 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm).* doi:10.1109/smartgridcomm.2016.7778828
8. Marulanda Echeverry, C.; López Trujillo, M. and Mejía Salazar, M. (2017). Minería de datos en gestión del conocimiento de pymes de Colombia. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, **(50)**, febrero-mayo, 2017, pp. 224-237.
9. Velarde Martínez, A. (2003). Minería de Datos. Una Introducción. *Conciencia Tecnológica*. **(23)**
10. Dua, D. and Graff, C. (2019). UCI Machine Learning Repository. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science. https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Individual+household+electric+power+consumption. Fecha de consulta 17 de junio de 2019.
11. H. Witten, I. and Frank E. (2005). Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques. Elsevier. San Francisco, CA.
12. IBM Knowledge Center (2019). Valores atípicos. https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7_sub/modeler_mainhelp_client_ddita/clementine/streamingts_arima_outliers.html
13. nD-eneserve GmbH (2019). Smartpi. https://www.enerserve.eu/en/smartpi.html

Modelo de Lógica Difusa para la Determinación de la Calidad Agronómica del Agua en el Cultivo de Plátano

Ing. H. Morales Rubalcava, Dr. N. García-Díaz, Dr. J. A. Verduzco Ramírez, Ing. A, Ortiz Íñiguez, M.C. E. Alvarado Zepeda
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México campus Colima, Av. Tecnológico No. 1, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima.
25hector90@gmail.com
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El plátano constituye el fruto más importante en América Latina y el Caribe, siendo México el decimosegundo país con mejor producción de este fruto, con una superficie sembrada de 103,160 hectáreas. A nivel nacional, Colima es uno de los principales estados productores, con una aportación de 178,487 toneladas. La calidad del agua de riego es un factor determinante para un buen desarrollo de este cultivo y se encuentra directamente relacionada con su pH y conductividad eléctrica. El objetivo de este trabajo, es crear un modelo difuso que determine la calidad agronómica del agua (variable de salida) para el cultivo de plátano, utilizando un sistema de inferencia difuso tipo Mamdani, en el que las variables de entrada son el pH y la conductividad eléctrica del agua. Dicho modelo difuso es una herramienta innovadora que contribuye a mejorar la producción del plátano, gracias a la disminución de las pérdidas en el cultivo.

***Palabras clave**: lógica difusa, Mamdani, calidad agronómica del agua, plátano.*

Abstract

Banana is the most important fruit in Latin America and the Caribbean, Mexico is the twelfth country with the best production of this product, with a planted area of 103,160 hectares. Nationally, Colima is one of the main producing states, with a contribution of 178,487 tons. The quality of irrigation water is a determining factor for a good development of this crop and is directly related to its pH and electrical conductivity. The objective of this work, is to create a diffuse model that determines the agronomic water quality (output variable) for banana cultivation, using a Mamdani-type diffuse inference system, in which the input variables are pH and electrical conductivity of water. This diffuse model is an innovative tool that helps improve banana production, thanks to the reduction of crop losses.

***Key words**: fuzzy logic, Mamdani, water quality, banana.*

Introducción

La agricultura es una actividad económica sumamente importante de la que dependen millones de personas para subsistir y, al mismo tiempo, significa una forma de vida, patrimonio e identidad cultural para todo el mundo (FAO, 2005). En este contexto, el plátano constituye el fruto más importante en América Latina y el Caribe, presentando un volumen de producción anual de aproximadamente 30 millones de toneladas métricas (OECD/FAO, 2019). Además, es reconocido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), como la fruta fresca más exportada del mundo (Vallejo, Vallejo, Nájera, & Garnier, 2017). Por otra parte, según el estudio realizado por (INEGI, 2017), en 2017 México se posicionó como el decimosegundo productor de plátano a nivel mundial, con una superficie sembrada de 103,160 hectáreas y una producción estimada de 2,229,519 toneladas, representando una ganancia de 6,966 millones de pesos (aproximadamente 348.3 millones USD), mientras que, de acuerdo con la información emitida por (SAGARPA, 2018) en 2017 Colima produjo 178,487 toneladas de plátano, posicionándose así como el 4^0 productor a nivel nacional de este fruto. En consecuencia, la agricultura de riego juega un papel de suma importancia pues a diferencia de la agricultura de temporal, permite obtener dos o tres cosechas al año en la misma parcela, haciendo que las áreas irrigadas sean fundamentales para la seguridad alimentaria mundial (Medina et al.,

2016). En este sentido, Colima es un estado que tiene estaciones bien definidas de temporal y por consiguiente requiere de riego para mantener sus cultivos en los meses de sequía. No obstante, la calidad del agua que se utiliza para estas actividades, es un factor determinante para el correcto desarrollo del cultivo que, cuando proviene de mantos freáticos, puede verse comprometida por factores naturales o antropogénicos (CONAGUA, 2018). Así mismo, el agua utilizada para riego contiene diversas sustancias disueltas que en su conjunto son llamadas sales. Estas incluyen partículas provenientes de las rocas y del sustrato que en algún momento tuvieron contacto con el agua. Las cantidades de estos componentes son las que determinan si el agua es adecuada o no para el riego de determinado cultivo. Por su parte, (Ayers & Westcot, 1985) realizaron un trabajo de investigación donde señalan que, una mala calidad del agua, puede resultar en daños a la planta y al suelo mismo, por lo que es de vital importancia para el productor, verificar que los componentes del agua permanezcan en todo momento dentro de los rangos aceptables para la planta, es decir, que tenga una calidad agronómica adecuada. Sin embargo, tal como se menciona en la investigación realizada por (Dong, Wang, Yan, Xu, & Zhang, 2015), no todos los parámetros del agua pueden ser monitoreados en tiempo real, ya que su complejidad limita a que algunos sólo puedan ser obtenidos en laboratorios especializados, mientras que otros, se pueden adquirir en campo pero requieren de equipos que resultan ser demasiado costosos para el productor. Es por esto que, en la práctica cotidiana de la agricultura, el pH y la conductividad eléctrica, son los parámetros más utilizados por los agrónomos, ya que tienen una relación directa con la calidad agronómica del agua y pueden obtenerse en tiempo real con instrumentación a un relativo bajo costo.

En su libro (Robinson & Galán, 2012), explican que un terreno con pH alcalino genera clorosis (amarillamiento) en las plantas, mientras que la presencia de un pH bajo puede ser tóxico por sí solo, además de inducir la presencia de niveles tóxicos de algunos elementos menores como manganeso (Mn) y provocar deficiencia de calcio (Ca) y magnesio (Mg), disminuyendo el crecimiento de la raíz. Por otra parte, en (Moctezuma, González, Romero, Pérez, & Castillo, 2017) se especifica que el pH adecuado en el agua de riego para el plátano es de 6 a 7.5 (ligeramente ácido a ligeramente alcalino), pero también prospera con pH de 5 a 8.

Utilizando medidores de conductividad eléctrica es posible obtener con muy buena aproximación el valor de la dureza del agua; propiedad determinada principalmente por la presencia de iones de Ca o Mg. La conductividad eléctrica, expresa la concentración total de sales solubles contenidas en las aguas de riego, sus unidades en el Sistema Internacional de Unidades (SI) son los siemens por metro (S/m) y, niveles elevados de este parámetro, pueden causar graves daños en el cultivo, ya que de acuerdo con (Ayers & Westcot, 1985), la salinidad es un problema que provoca dificultades para que el agua pueda ser asimilada por las plantas, de hecho, en algunos casos, una planta sometida a estrés por sales puede presentar los mismos síntomas que si estuviera sometida a estrés por sequía; las hojas se hacen más cerosas y el color de la planta se torna azul verdoso, siendo más pronunciados los síntomas cuando la planta es afectada en etapas tempranas de su desarrollo. Al respecto (Flores et al., 1996) señala que el problema de sales se presenta principalmente en aquellos lugares con clima seco y suelos salinos, por la presencia de periodos largos con ausencia de lluvias o por el riego con agua de baja calidad. Sin embargo, la presencia de sales no es algo que se pueda evitar en el suelo o en el agua, ya que forma parte de los componentes naturales de los mismos junto con muchos otros elementos, independientemente de la región que se trate y, aunque existen variedades que son más tolerantes, el cultivo del plátano no es apto para suelos con alto contenido de sales (Austrian Government, 2008). En este sentido, (Ayers & Westcot, 1985) mencionan que la conductividad eléctrica del agua de riego se puede clasificar en tres niveles (Tabla 1), de acuerdo al riesgo de salinidad que esta representa para el cultivo.

Tabla 1. Niveles de conductividad eléctrica y riesgo de salinidad

Nivel (dS/m)	Riesgo de salinidad
< 0.7	Nulo
0.7 – 3	Moderado
> 3	Alto

El objetivo principal de este artículo, es utilizar lógica difusa para generar un modelo basado en un sistema de inferencia difuso (por sus siglas en inglés: Fuzzy Inference System, FIS) tipo Mamdani, capaz de determinar la calidad agronómica del agua en tiempo real, enfocado al cultivo de plátano y para ser implementado en equipos de bajo costo, utilizando únicamente como entradas el pH y la conductividad eléctrica del agua de riego.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Materiales y métodos

Para desarrollar este trabajo, se investigaron los parámetros más importantes para la determinación de la calidad agronómica del agua y para cuáles de ellos existían equipos de bajo costo, capaces de obtener mediciones en tiempo real. Dichos parámetros fueron utilizados como las variables lingüísticas de entrada del sistema difuso, es decir, aquellas que determinarán la calidad agronómica del agua. Para esto también se indagaron los rangos idóneos en los que se consigue un aprovechamiento óptimo del agua por parte de la planta y se favorece una mejor producción (tanto en calidad como en cantidad) en el cultivo del plátano, así como aquellos que generan condiciones desfavorables al presentarse en el agua de riego.

Para realizar el modelado del FIS, se utilizó el Toolbox Fuzzy Logic de Matlab, ya que se trata de una herramienta especializada en el diseño y simulación de sistemas difusos.

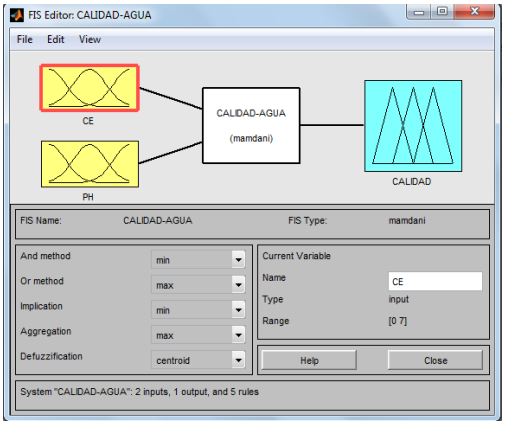


Figura 1. Definición del FIS.

Una vez en el programa, se definieron dos entradas (CE y PH) para el sistema, una para cada variable lingüística de entrada, así como una variable de salida (CALIDAD), que en este caso describirá la calidad agronómica del agua (Ver Figura 1). En la Figura 2, se puede apreciar que la conductividad eléctrica fue declarada con el nombre de CE y se definió para un universo de discurso (rango de valores que puede tomar) de 0 a 7. Dicha variable, fue descrita con el uso de tres conjuntos difusos (valores lingüísticos) para los que se insertaron tres funciones de membresía (por sus siglas en inglés Membership Function, MF), cuyo dominio fue definido con base en las características de los intervalos previamente obtenidos para la conductividad del agua de riego. A cada MF le fue asignada una etiqueta lingüística (identificadores descriptivos). Para la primera, que representa un riesgo de salinidad nulo, se utilizó la etiqueta BUENA; para la segunda, donde el riesgo es moderado, la etiqueta REGULAR; y para los valores donde el riesgo de salinidad es alto, se utilizó la etiqueta lingüística MALA.

Debido a que BUENA contiene todos los valores de CE del universo de discurso que no representan un riesgo de salinidad, se empleó una MF asimétrica polinomial con apertura a la izquierda (zmf), donde el núcleo de la función (valores que mantienen una pertenencia total o de uno) son todas aquellas entradas con valores inferiores a 0.7 dS/m y cuyos valores de frontera (valores con pertenencia mayor a cero y menor a uno), comienzan a decrecer a partir de este mismo valor, generando una intersección con la MF REGULAR, donde CE estará definida por el comportamiento de ambos conjuntos difusos y hasta un valor de 1.3 en el universo de discurso. Por su parte, para REGULAR, se eligió una MF trapezoidal como fue implementado en (Garcia Diaz et al., 2015), y para la cual se definió un soporte de entre 0.7 y 3, con un núcleo entre 1.15 y 2.5. Esto con el fin de darle mayor peso a los conjuntos BUENA y MALA, donde esta última corresponde a una MF sigmoidal (smf) con valores de frontera de entre 2.5 y 3, y un núcleo definido en todo el universo de discurso restante.

 ISSN 2007-8102

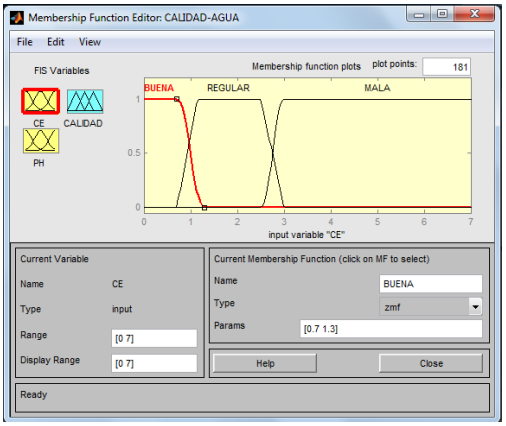


Figura 2. Definición de la entrada CE.

De igual forma, la Figura 3, muestra la configuración de la segunda entrada, la cual fue declarada con el nombre PH, se le asignó un universo de discurso de 0 a 14 y se utilizaron tres valores lingüísticos para describirla; todos con sus respectivas MF, pero esta vez, con los dominios determinados por las características de los rangos definidos para el pH del agua de riego. A continuación, el conjunto difuso BAJO se definió mediante una MF del tipo zmf y se configuró de tal forma que su núcleo permanezca en un rango de entre 0 y 5, mientras que sus valores de frontera, decrecen de acuerdo con la función hasta alcanzar un valor de cero con una entrada de pH de 6, e intersecando a BUENO, función cuyo comportamiento está definido por una MF tipo trapezoidal, con un soporte de entre 5 y 8 y un núcleo de entre 6 y 7.5. Por último, ALTO se configuró con una MF smf con una frontera que va de 7.5 a 9 y un núcleo que abarca todos los demás posibles valores de pH, es decir, aquellos que representan un incremento en la alcalinidad del agua conforme se avanza a la derecha del universo de discurso.

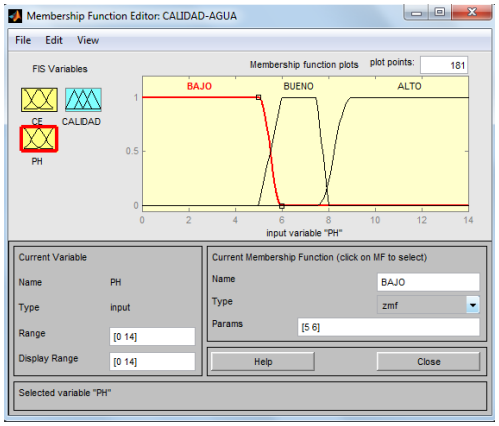


Figura 3. Definición de la entrada PH.

Por su parte, en la Figura 4, se ilustra la configuración de la variable lingüística de salida, denominada CALIDAD. Esta fue delimitada a un universo de discurso de 0 a 1 y se caracterizó con tres conjuntos difusos; todos descritos por MF triangulares, tal como fueron usadas en (López-Martín, Yáñez-Márquez, & Gutiérrez-Tornés, 2008). La primera de ellas, se etiquetó como MALA y se configuró con un soporte de entre -0.4 y 0.4, con su valor de pertenencia más alto ubicado en la punta de la función, indicando una mala calidad en el agua; la segunda MF, se estableció con un soporte de entre 0.15 y 0.85, con una pertenencia total exactamente a la mitad del universo de discurso y, por último, la tercera función, que define aquellos valores para los que el agua tiene las características más apropiadas para el cultivo, es decir, aquellas que resultan de las mejores ponderaciones de las dos variables lingüísticas de entrada y con las que se logra el mejor rendimiento en el cultivo del plátano, fue configurada con un soporte de entre 0.6 y 1.4, con una pertenencia total en 1.

 ISSN 2007-8102

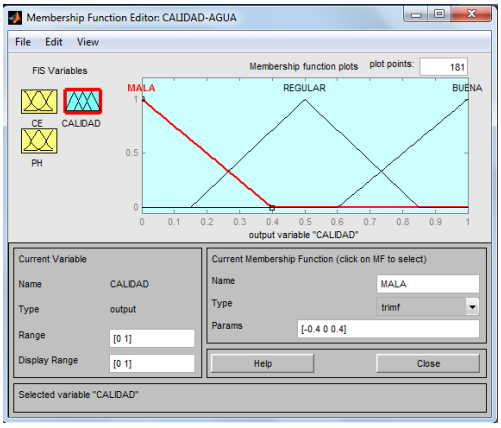


Figura 4. Definición de la salida CALIDAD.

Como se aprecia en la Figura 1, se implementó el FIS tipo Mamdani, donde posteriormente se especificaron las reglas lingüísticas (reglas de inferencia) del sistema. Dichas reglas, se propusieron conforme a la lógica de aceptación de la calidad del agua, determinando una relación en la que si alguno de los parámetros se encuentra fuera del rango aceptable, la calidad debía ser proporcionalmente menor y, por el contrario, cuando ambos valores se encuentren en sus valores óptimos, la calidad agronómica del agua debe resultar con la mejor puntuación. A continuación en la Tabla 2 se indican las reglas lingüísticas del FIS.

Tabla 2. Reglas lingüísticas del FIS.

REGLAS LINGÜÍSTICAS IF - THEN
1. If (*CE* is *BUENA*) and (*PH* is *BUENO*) then (*CALIDAD* is *BUENA*)
2. If (*CE* is *REGULAR*) and (PH is *BUENO*) then (*CALIDAD* is *REGULAR*)
3. If (*CE* is *MALA*) and (*PH* is *BAJO*) then (*CALIDAD* is *MALA*)
4. If (*CE* is *MALA*) and (*PH* is *ALTO*) then (*CALIDAD* is *MALA*)
5. If (*CE* is *MALA*) and (*PH* is *BUENO*) then (*CALIDAD* is *MALA*)

Una vez generado el FIS, se realizaron mediciones de pH y conductividad eléctrica en el agua utilizada para el riego en una parcela de plátano en el municipio de Manzanillo, Colima. Dichos valores fueron ingresados como entradas en la simulación del FIS para analizar su respuesta ante la presencia de niveles normales de los parámetros en el lugar de interés. Asimismo, se introdujeron en el FIS valores que pueden presentarse en el agua de riego en condiciones que resultan nocivas para los cultivos de plátano, esto de igual forma con el fin de analizar el comportamiento del FIS.

Resultados y discusión

En la Figura 5, se muestra la superficie que representa el FIS en Matlab. En esta se puede apreciar el comportamiento de la calidad agronómica del agua ante cualquier variación de pH y/o conductividad eléctrica.

 ISSN 2007-8102

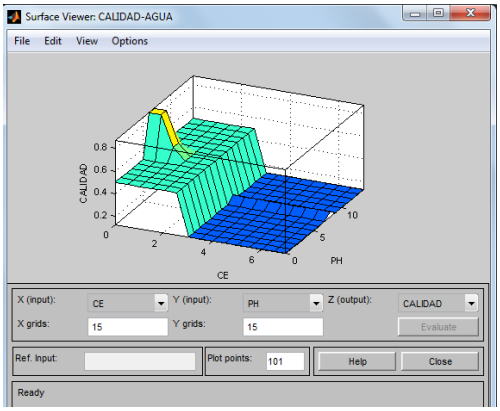


Figura 5. Superficie de salida del FIS.

Puesto que las mediciones se tomaron en un solo cuerpo de agua, no se presentaron variaciones considerables en los parámetros registrados. Los equipos de medición obtuvieron valores de conductividad eléctrica de 0.2±0.02 dS/m y un nivel de pH de 7. En la Figura 6, se muestra la simulación del FIS mediante el visualizador de reglas de Matlab; la salida corresponde a una conductividad eléctrica de 0.2 decisiemens y un pH de 7, resultando en una calidad agronómica de 0.87; resultado que refleja un agua de riego en buenas condiciones y que concuerda con los valores de las entradas, ya que ambas se encuentran dentro de los rangos adecuados anteriormente descritos.

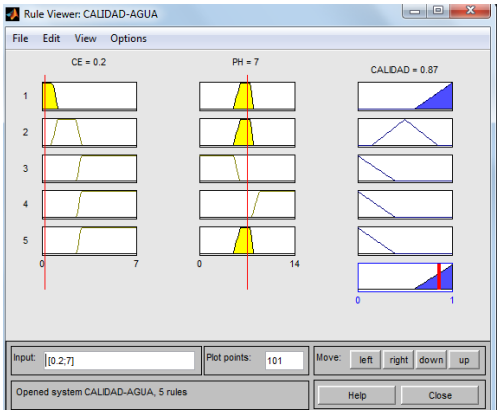


Figura 6. Primera prueba del FIS.

Al insertar valores de pH y conductividad eléctrica en niveles dañinos para la planta, la ponderación de la calidad del agua disminuye, como es el caso de la Figura 7, donde a la entrada CE se le asignó un valor de 0.8 y a PH 7.6, dando como resultado una calidad agronómica de 0.712.

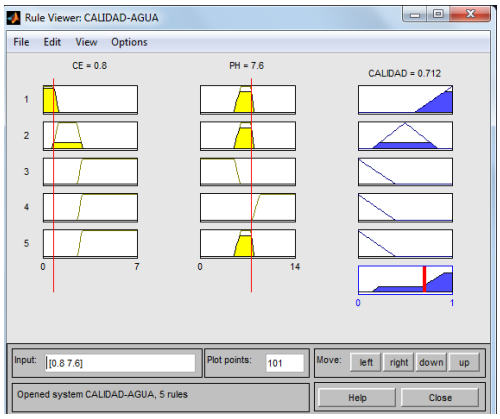


Figura 7. Segunda prueba del FIS

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro, se propone realizar un modelo utilizando un FIS de tipo Takagi Sugeno para comparar los resultados con los obtenidos en este trabajo y así, determinar cuál de los dos representa una mejor opción para estimar la calidad agronómica del agua para el cultivo del plátano.

Conclusiones

Ambos, el pH y la conductividad eléctrica, cuentan con valores específicos que resultan ideales o por el contrario, pueden ser dañinos para el cultivo del plátano. Sin embargo, esto no implica que llegando a un valor exacto de pH o de conductividad en el agua de riego necesariamente se vayan a presentar cambios drásticos en los cultivos irrigados con dicha agua, ya que el correcto desarrollo de la planta también depende de otros factores como el suelo y los nutrientes que se encuentran a su alrededor. No obstante, estos parámetros marcan la pauta para definir aquellos rangos que mejoran el aprovechamiento del agua de riego o aquellos que de presentarse, podrían significar un daño severo en el cultivo. Es por esto que, contar con las herramientas adecuadas, le permite al agricultor tomar las mejores medidas de prevención o corrección en su parcela, y que mejor que estas herramientas puedan estar al alcance de todos los agricultores, ya que muchas veces los que se dedican a esta labor tan importante para el mundo, no necesariamente cuentan con las facilidades económicas que se desea, por lo que se deben buscar alternativas factibles técnica y económicamente.
Se logró desarrollar un FIS capaz de determinar la calidad agronómica del agua, utilizando únicamente dos parámetros que en la práctica pueden obtenerse en tiempo real y que puede implementarse con una baja inversión; con lo que se obtiene una alternativa innovadora y económica, capaz de mejorar las condiciones productivas de los cultivos de plátano y reduciendo las pérdidas que un agua de riego de mala calidad puede provocar en las plantas.
Finalmente, se concluye que la lógica difusa contribuye a mejorar la producción y calidad del plátano cuando se utilizan como variables de entrada la conductividad eléctrica y el pH.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo, agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), así como al Tecnológico Nacional de México / I.T. Colima por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

Referencias

1. Austrian Government. (2008). *The Biology of Musa L. (banana)*. *The Biology of Musa . L. (Banana)*. Retrieved from http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/banana-3/$FILE/biologybanana.pdf
2. Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture (Vol. 29). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
3. CONAGUA. (2018). *ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO 2018*. Ciudad de México.
4. Dong, J., Wang, G., Yan, H., Xu, J., & Zhang, X. (2015). A survey of smart water quality monitoring system. *Environmental Science and Pollution Research*. https://doi.org/10.1007/s11356-014-4026-x
5. FAO. (2005). *AGRICULTURA Y DIÁLOGO DE CULTURAS, nuestro patrimonio común*.
6. Flores, A., Gálvez Valcárcel, V., Hernández Lara, O., López Aguirre, José Gerardo. Obregón Santoyo, Antonio. Orellana Gallego, R., Otero Gómez, L., & Valdéz Pérez, M. (1996). *Salinidad un nuevo concepto*. (UCOL, Ed.). Colima. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=Q6MDHsgklJAC&printsec=frontcover&dq=salinidad+un+nuevo+concepto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj1jtaYxfDfAhUNMawKHeTpC0oQ6AEIKTAA#v=onepage&q=salinidad un nuevo concepto&f=false
7. Garcia Diaz, N., Garcia Virgen, J., Farias Mendoza, N., Verduzco Ramirez, A., Martinez Bonilla, R., Chavez-Valdez, E., … Soriano Equigua, L. (2015). Software development time estimation based on a new Neuro-fuzzy approach. *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2015*. https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170378

8. INEGI. (2017). *Agricultura*. Retrieved from https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/
9. López-Martín, C., Yáñez-Márquez, C., & Gutiérrez-Tornés, A. (2008). Predictive accuracy comparison of fuzzy models for software development effort of small programs. *Journal of Systems and Software*, *81*(6), 949–960. https://doi.org/10.1016/j.jss.2007.08.027
10. Medina, E. dn., Mancilla, O., Michel, M., Guevara, R., Olguín, J., & Barreto, O. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco , Jalisco. *IDESIA*, *34*, 51–60.
11. Moctezuma, G., González, A., Romero, M., Pérez, R., & Castillo, C. (2017). *AGENDA TÉCNICA AGRÍCOLA COLIMA*. Ciudad de México. Retrieved from http://www.inifap.gob.mx/Documents/inicio/Agendas_Tec/2017/Agenda Técnica Colima OK.pdf
12. OECD/FAO (2019), OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en
13. Robinson, J. C., & Galán, V. (2012). *Plátanos y bananas*. España: Mundi-Prensa. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=mAv3EQAcgZ8C&pg=PA305&lpg=PA305&dq=platanos+y+bananas+robinson+pdf&source=bl&ots=7AsZtsT5-3&sig=NR1GwJgx6PVr3rwzrDE05wfjeXU&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiO4eLWme7fAhVL2qwKHVxUAzE4ChDoATALegQIBRAB#v=onepage&q&f=false
14. SAGARPA. (2018). *Atlas Agroalimentario 2012-2018* (Vol. 1). Ciudad de México. Retrieved from https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
15. Vallejo, A., Vallejo, M., Nájera, J., & Garnier, L. (2017). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA HUELLA DE CARBONO Y LA HUELLA DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN BANANERA*. *Acción Clima II*. Deutsche Gesellschaft für, Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved from http://www.fao.org/3/I8333ES/i8333es.pdf

Redes neuronales aplicadas a la detección de la Sigatoka Negra

I. S. García Alcalá, N. García Díaz, J. García Virgen, E. Alvarado Zepeda, A. Ortiz Iñiguez*
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Colima, Av. Tecnológico No. 1, Col. Liberación, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima.
**g1846014@itcolima.edu.mx, ngarcia@itcolima.edu.mx, jgarcia@itcolima.edu.mx, ealvarado@itcolima.edu.mx, aortiz@itcolima.edu.mx*
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Los cultivos de bananos son susceptibles a la aparición de plagas y enfermedades, actualmente la enfermedad conocida como Sigatoka Negra es el principal problema fitosanitario que afecta la producción de este frutal, generando pérdidas que abarcan desde el 50 hasta el 100% del producto. Este trabajo propone la realización de un sistema de procesamiento digital de imágenes utilizando redes neuronales, para la identificación de la Sigatoka Negra en el cultivo de plátano que será utilizado por los productores para controlar su proliferación. En la implementación de este trabajo se utilizó una cámara digital con una resolución de 16 megapíxeles y zoom óptico de 83x, para posteriormente ser procesadas mediante el uso de redes neuronales. Los resultados obtenidos comprueban que las redes neuronales contribuyen a disminuir el riesgo de proliferación de agentes patógenos, logrando con ello aumentar la producción y la calidad del plátano.

***Palabras clave**: Redes Neuronales, Sigatoka Negra, Procesamiento de Imágenes*

Abstract

Banana crops are susceptible to the appearance of pests and diseases, currently the disease is known as Black Sigatoka is the main phytosanitary problem that affects the production of this fruit, generating losses ranging from 50 to 100% of the product. This work proposes the realization of a digital image processing system using neural networks, for the identification of the Black Sigatoka in the banana crop that will be used by the producers to control its proliferation. In the implementation of this work, a digital camera with a resolution of 16 megapixels and 83x optical zoom is shown, to be processed using neural networks. The results detailed here prove that the neural networks reduce the risk of proliferation of pathogens, thereby increasing the production and quality of bananas.

***Key words**: Neural Networks, Black Sigatoka, Image Processing*

Introducción

El cultivo de plátano es una actividad agrícola con gran importancia a nivel mundial, debido a que es una buena fuente de ingresos y da un gran aporte comercial, ya que es considerado el cuarto producto alimenticio a nivel mundial, después del arroz, trigo y maíz [Cuevas, 2015].
Durante el 2018, con datos obtenidos de [Workman, 2019], México se posicionó en el doceavo lugar a nivel de exportaciones mundiales de plátano, siendo Colima el tercer productor a nivel nacional, con una producción de más de 350 mil toneladas durante el mismo año, según informó el presidente de la Unión Regional de Productores de Plátano, Francisco Hueso Alcaraz [Bravo, 2019].

Sigatoka Negra

La Sigatoka Negra, causada por el hongo Mycosphaerella fijiensis, es la enfermedad foliar dentro del cultivo de plátano más importante, que representa el principal limitante durante la producción de plátano a nivel mundial, la enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta, por ende, los racimos y frutos tienen un menor peso en

comparación con plantas sanas. Adicionalmente, infecciones severas de la Sigatoka Negra causan la madurez prematura del fruto [Álvarez, y col., 2013].

El desarrollo de la Sigatoka Negra se ve directamente influenciado por las condiciones climáticas, entre otras variables. Los factores de suelo y de manejo del cultivo que favorecen su incidencia y severidad son drenaje deficiente, suelos arcillosos no aptos para plátano, elevada población de plantas, deshoje deficiente, alta infestación de malas hierbas y nutrición inadecuada de las plantas. Estas condiciones en combinación con lluvias frecuentes y temperaturas alrededor de los 28°C, son responsables de la aparición y propagación de la enfermedad [INIFAP., 2017].

Trabajos relacionados

Actualmente, el uso de Inteligencia Artificial para la detección de plagas y enfermedades, así como clasificación en general, ha incrementado de manera significativa, impulsando el surgimiento de diversos trabajos de investigación afines a la problemática, tales como el realizado por [Cárdenas, y col., 2017] en el cual se desarrolló un modelo de control difuso que determina la proliferación de la Sigatoka Negra, utilizando lógica difusa. Por otra parte, en el trabajo de investigación elaborado por [Lu, y col., 2017] propusieron un método basado en técnicas con redes neuronales convolucionales, la CNN fue entrenada para identificar 10 plagas comunes del arroz, la precisión del modelo basado en una CNN fue del 95.48%. A su vez, [García, y col., 2017], realizaron un sistema de procesamiento de imágenes para la identificación de plagas en el cultivo de plátano como es la Sigatoka Negra, mediante el empleo de drones aéreos. En el trabajo desarrollado por [Escobár, y col., 2017], se presentó una CNN AlexNet de 23 capas donde se clasifican las hojas dañadas y las hojas sanas en plantas ornamentales. El trabajo de [Vukadinovic, y col., 2016], presentó un modelo para la detección automatizada de pepinos infectados de Mycosphaerella melonis, utilizando un método de dos pasos que consiste en el uso de aprendizaje automático.

Los trabajos presentados anteriormente cuentan con resultados satisfactorios, sin embargo, ninguno de ellos presenta una solución para la problemática en cuestión. En este trabajo se llevó a cabo un sistema para la detección de la Sigatoka Negra en las hojas del plátano mediante el procesamiento de imágenes, utilizando redes neuronales. El proyecto se desarrolló en un predio de cultivo de plátano, ubicado en Manzanillo, México.

Metodología

De acuerdo con [Haykin,2009] Una red neuronal (NN, por sus siglas en inglés: Neural Network) es un procesador distribuido masivamente paralelo compuesto de unidades de procesamiento simples que tiene una propensión natural para almacenar el conocimiento experiencial y ponerlo a disposición para su uso, por lo cual, dados los requerimientos del proyecto, se decidió utilizar esta técnica para el desarrollo de este trabajo de investigación. El presente trabajo fue desarrollado haciendo uso de la herramienta MATLAB, debido al amplio tipo de redes neuronales que incluye, así como la facilidad de empleo y desarrollo que ofrece mediante su Toolbox. En la implementación de la NN se optó por el uso de una red tipo Feed-Forward (newff).

Feed-Forward Neural Network (newff)

El concepto Feed-Forward, también llamado “unidireccional”, hace referencia a redes del tipo perceptrón multicapa, en las que las salidas de las neuronas van a las siguientes capas, pero no a las anteriores, de modo que no hay bucles de retroalimentación [González, 2016]. En la figura 1, se muestra la arquitectura de una newff.

 ISSN 2007-8102

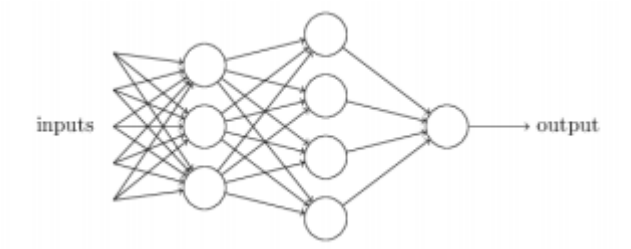


Figura 1. Feed-Forward Neural Network [Nielsen, 2017]

Para la implementación de este proyecto, la clasificación y predicción de la hoja se planificó en dos categorías: Sana e infectada. Para su realización se tomaron 150 fotografías de diferentes hojas de bananos, con una cámara digital Nikon Coolpix P900, que por sus características: CMOS, zoom óptico de 83x, 16 Megapíxeles y lente focal de f/2.8-6.5, se valoró como el instrumento idóneo para la toma de imágenes, por su alta calidad en resolución, facilitando su procesamiento y desglose de detalles para lograr mayor precisión en el análisis y clasificación por parte de la NN.

De las 150 fotografías, se seleccionaron las 100 con mayor calidad de imagen, logrando 50 imágenes de hojas infectadas y 50 sanas, para posteriormente ingresarlas como datos de entrada durante la creación de la red. La distribución de las imágenes quedó de la siguiente manera: treinta fotografías fueron utilizadas para el entrenamiento de la red y veinte para prueba, esto por categoría. En la figura 2, podemos ver un ejemplo de los datos tomados, con una hoja sana y una hoja infectada, respectivamente.



Figura 2. Hoja sana y hoja infectada por Sigatoka Negra

Los datos de entrada fueron almacenados en dos vectores: el vector de datos de entrenamiento, y el vector de datos de prueba. Una vez concluida la carga de datos y almacenamiento, se procedió al entrenamiento de la Feed-Forward Neural Network para clasificar ambas categorías.

En la figura 3 podemos ver un fragmento de pseudocódigo para leer los 30 datos de entrada usados para el entrenamiento, a través de la función *leer*, almacenando cada imagen en la variable **lectura_datos** y posteriormente ejecutando la función *media*, la cual devuelve un vector de fila que contiene la media de todos los valores de la imagen. Finalmente, en la variable **vectorcapas** se almacenan las capas roja y verde de **lectura_datos**, esto último servirá para obtener los promedios y con base a ellos determinar el estado de la hoja, ya sea sana o infectada.

Al terminar el ciclo es creada la NN que es utilizada en este trabajo mediante la instrucción newff (figura 3), la cual basa su arquitectura en los siguientes parámetros: el primero de ellos es la variable **valoresimagen**; la cual representa la matriz en la que fueron almacenados los vectores de entrada (**vectorcapas**). Posteriormente se

 ISSN 2007-8102

encuentra el parámetro **vectores**, representando la matriz de vectores objetivo (salida). El ultimo parámetro representa el tamaño de capas ocultas de la NN. Cabe mencionar que la variable **Red_neuronal** recibe todos los parámetros de la reciente NN creada.

```
Inicio
    mientras (datos>0 y datos<31)
        cadena_datos=convertir_cadena(datos);
        lectura_datos = leer ([imagen]);
        valoresimagen = media (media (vectorlectura));
        vectorcapas (filas,datos) = [valoresimagen(filas,columnas,capacolor_rojo);
        valoresimagen(filas,columnas,capacolor_verde)];
    fin_mientras
Red_neuronal=newff (valoresimagen, vectores,  datos)
Fin
```

Figura 3. Pseudocódigo para almacenamiento de datos y creación de NN

Resultados y discusión

El presente trabajo de investigación tuvo como resultado el diseño y desarrollo de una interfaz gráfica de usuario desarrollada en Matlab, en la cual se cargan las fotografías de las hojas del banano.

En la figura 4, se ilustra el resultado del diagnóstico de una hoja infectada, mientras que en la figura 5 se aprecia el resultado de una hoja sana.

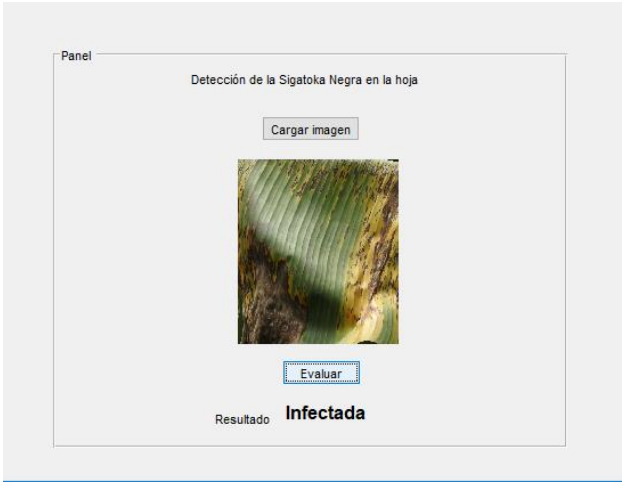




Figura 4. Interfaz: diagnóstico de hoja infectada

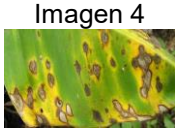
Figura 5. Interfaz: diagnóstico de hoja sana

Como parte de las pruebas del funcionamiento de la interfaz y de la NN, se creó un vector de prueba con diez imágenes de plantas infectadas con Sigakota Negra, y diez imágenes de plantas sanas. Estas imágenes fueron obtenidas de diversas fuentes de internet, esto para comprobar que la red es capaz de procesar imágenes con diferentes resoluciones, ángulos de captura e iluminación.

 ISSN 2007-8102

Los resultados obtenidos mediante las pruebas fueron favorables. En la Tabla 1 se describe el resultado esperado y el determinado por la red, así como la dirección electrónica de donde fueron obtenidas las imágenes.

Tabla 1. Resultado de las pruebas de funcionamiento de la NN

Imagen de prueba	Estado de salud	Diagnostico newff	Fuente
Imagen 1 	Enferma	Enferma	http://mexico.infoagro.com/wp-content/uploads/2019/05/Sigatonka-negra-696x348.jpg
Imagen 2 	Enferma	Enferma	https://www.koppert.es/content/_processed_/6/b/csm_Mycosphaerella_fijiensis_1_8281595bbb.jpg
Imagen 3 	Enferma	Enferma	https://www.ecuavisa.com/sites/default/files/imagenes/2012/08/29/20120829_sigatoka_negra290812.jpg
Imagen 4 	Enferma	Enferma	http://www.cultivabanano.com/wp-content/uploads/2017/04/sigat1-831x480.jpg
Imagen 5 	Enferma	Enferma	https://www.mindenpictures.com/search/preview/yellow-sigatoka-mycosphaerella-musicola-lesions-on-a-banana-leaf-malaysia/0_80105742.html
Imagen 6 	Sana	Sana	https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSZriy5iaWOtIRprIG8NoZE2hfbjuBIOVv-3qfQP1rYJzy9UFfp
Imagen 7 	Sana	Sana	https://fincavarsovia.files.wordpress.com/2010/12/hojas-de-platano2.jpg
Imagen 8 	Sana	Sana	http://eskulan.com/wp-content/uploads/2011/09/DSC2094.jpg

 ISSN 2007-8102

Imagen 9 	Sana	Sana	https://www.gaulan.es/322343-large_default/papel-pintado-rasch-african-queen-2-473407.jpg
Imagen 10 	Sana	Sana	https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSJfN2VuMZxOCigpK5XKSgWeMz7kAeY_KbhnWVei6EGJ4Yado8J
Imagen 11 	Enferma	Enferma	https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRWfV0pMW9pkEZ717E4abyLdDJyH22CSPFeHeXNHwXHaUX-d5Uu
Imagen 12 	Sana	Sana	http://800noticias.com/cms/wp-content/uploads/2018/12/hojas.png
Imagen 13 	Enferma	Enferma	http://www.bananaexport.com/images/noviembre_2010/noticia_4_gra.jpg
Imagen 14 	Sana	Sana	https://cdn.pixabay.com/photo/2014/09/24/18/37/banana-leaves-459393_960_720.jpg
Imagen 15 	Enferma	Enferma	https://i0.wp.com/fruitworldmedia.com/wp-content/uploads/2016/08/Black-Sigatoka.png?resize=1000%2C600&ssl=1
Imagen 16 	Sana	Sana	http://eskulan.com/wp-content/uploads/2011/09/DSC2094.jpg

Imagen 17 	Enferma	Enferma	https://www.growables.org/information/TropicalFruit/images/BananaScotNelson56.jpg
Imagen 18 	Sana	Sana	http://2.bp.blogspot.com/_GfTsa68hyZ0/TCNNDqb2RvI/AAAAAAAACJY/jSb9235f1MQ/s1600/OJA+DE+PLATANO.jpg
Imagen 19 	Enferma	Enferma	https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTwct7zFUTUQYtEngtzI219ua0HwX5bk5nkz9jPyA9z2SMEig45
Imagen 20 	Sana	Sana	https://static.hogarmania.com/archivos/201702/deco-269-plantas-hojas-grandes-musa-ensete-6-1280x720x80xX.jpg?1

Se ha determinado que la NN newff presenta una alta eficiencia y precisión en la clasificación de imágenes, pues se ha demostrado su correcto funcionamiento en las pruebas realizadas. Además, el entrenamiento de dicha red, a diferencia de las generadas con otros algoritmos, no requiere de mayor complejidad. Las imágenes de entrenamiento obtenidas mediante la cámara seleccionada propician el correcto entrenamiento de la red, arrojando resultados satisfactorios.

Cabe destacar que, de las 20 imágenes de prueba utilizadas, la predicción del resultado de estas fue del 100% efectivo en su precisión.

Trabajo a futuro

En posteriores investigaciones se pretende aumentar el alcance de la funcionalidad del producto de software mediante la implementación de herramientas de estadística que representen un apoyo en la toma de decisiones del agricultor.

Además, se recomienda desarrollar un nuevo trabajo de investigación con una NN diferente a la utilizada en este trabajo para generar un comparativo entre ambos trabajos y ver cual tiene mayor precisión.

Conclusiones

En este trabajo de investigación se creó una NN tipo newff, la cual permite determinar el estado de salud de las hojas del banano, determinando si se encuentra sana o infectada por Sigatoka Negra, a través de la carga de fotografías mediante una interfaz gráfica elaborada en Matlab.

El uso de las NNs contribuye a la detección con excelente precisión en la predicción de agentes patógenos en los cultivos de plátano, logrando con ello una mejor producción y calidad del producto.

Agradecimientos

Los autores de este articulo desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), así como al Tecnológico Nacional de México/ I.T. Colima por el apoyo brindado durante esta investigación.

Referencias

1. J. Cuevas (2015). Sistema de adquisición y análisis de información para el diagnóstico de la Sigatoka Negra (tesis de posgrado). Universidad de Colima, Colima.
2. D. Workman (2019). Bananas Exports by Country. World stop exports. Disponible en: http://www.worldstopexports.com/bananas-exports-country/
3. F. Bravo (2019). Alcanzaron plataneros locales las 350 mil toneladas de producción en 2018. El comentario. Disponible en: https://elcomentario.ucol.mx/alcanzaron-plataneros-locales-las-350-mil-toneladas-de-produccion-en-2018/
4. E. Álvarez, A. Pantoja, L. Gañán, G. Ceballos (2013). La Sigatoka Negra en plátano y banano. Centro Internacional de Agricultura Tropical. FAO.
5. INIFAP (2017). Agenda técnica agrícola de Colima. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwiPk8-27evjAhUFRa0KHY94CxIQFjABegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.inifap.gob.mx%2FDocuments%2Finicio%2FAgendas_Tec%2F2017%2FAgenda%2520T%25C3%25A9cnica%2520Colima%2520OK.pdf&usg=AOvVaw1f7H6x9kbTa266EOXIBQ7C
6. E. Cárdenas, N. García, J. García, E. Flores (2017). Modelo difuso para la proliferación de plaga “Sigatoka Negra” en el cultivo de plátano. *Congreso Nacional Multidisciplinario de Educación, Ciencia y Tecnología*. Volumen l. Recuperado desde: http://www.ecorfan.org/republicofperu/rj_ingenieria_elec_i.php
7. Y. Lu, S. Yi, N. Zeng, Y. Liu, Y. Zhang (2017) Identification of rice diseases using deep convolutional neural networks. *Neurocomputing*. Volumen CCLXVII. Recuperado desde: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231217311384
8. J. García, N. Farías, J. Benavides, E. Escobar (2017). Procesamiento de imágenes aplicadas a la identificación de agentes patógenos en el cultivo de plátano. *Congreso Nacional Multidisciplinario de Educación, Ciencia y Tecnología*. Volumen Lv. Recuperado desde: http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologias_de_la_Informacion/vol4num13/Revista_de_Tecnologias_de_la_Informacion_V4_N13_3.pdf
9. E. Escobar, N. García, J. Verduzco, J. García (2017). Predicción de agentes patógenos en plantas ornamentales utilizando redes neuronales. *Congreso Nacional Multidisciplinario de Educación, Ciencia y Tecnología*. Volumen IV. Recuperado desde: http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologias_de_la_Informacion/vol4num13/Revista_de_Tecnologias_de_la_Informacion_V4_N13_4.pdf
10. D. Vukadinovic, G. Polder, G. Jan (2016). Automated Detection of Mycosphaerella Melonis Infected Cucumber Fruits. *IFAC-PapersOnLine*. Volumen XLIX. Recuperado desde: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631631583X
11. S. Haykin (2009). Neural Networks and Learning Machines. 3era ed. Pearson.
12. J. Gonzalez (2016). Redes Neuronales. 1era ed. Disponible en: https://issuu.com/jonathanalexandergonzalez/docs/revista_8cf0feb5076e93
13. Nielsen, M. (2017). Using neural nets to recognize handwritten digits. Recuperado desde: http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap1.html

Use of semantic and business analytics to monitor integrations between enterprise applications in IT

J. A. Blanco García[1], F. de J. Pozos-Texon[2]
[1]Universidad Cristbal Coln, Boca del Ro, Veracruz México
[1]jimmy1087@gmail.com
[2]Universidad Cristbal Coln, Boca del Ro, Veracruz México
[2]fpozost@ucc.mx

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El artículo plantea un modelo para monitorear interfaces e incrementar la calidad en el servicio en las integraciones empresariales en la industria de la manufactura. Siguiendo los lineamientos de "business analytics" se construye un modelo descriptivo, recuperando información a partir del "meta-data" y de las entidades de negocios que maneja cada interfaz. Encima de esta capa, un análisis semántico resuelve el contexto de los problemas, en donde se evalúa la severidad y la cantidad de ocurrencias en un periodo de tiempo, se determina también, si se debe notificar a expertos para que tomen acciones y aceleren las soluciones. La contribución principal de este modelo reside en habilitar una plataforma que permite a los especialistas automatizar el análisis de los incidentes en las integraciones conectadas a una aplicación central, por ejemplo, un "Manufacturing Execution System" (MES). De manera particular busca mejorar, mediante la automatización de notificaciones, la calidad en el servicio.

***Palabras clave**: integración, análisis, semántico, ontología*

Abstract

This paper presents a model to track interface activities in order to increase the Quality of Service (QoS) delivered by integrations between enterprise applications in the manufacturing industry. Following the guidelines of business analytics, a descriptive model is built over an ontology, which assembles meaning from meta-data and business entities that are conveyed in each interface. On top of that, a semantic analysis breaks down the context of issues, evaluating the severity and the number of occurrences of the problem in a timespan, it also notifies experts when needed to galvanize actions and expedite solutions. The main contribution of this model relies on building a framework that enables knowledgeable workers to engineer analysis of issues occurring in integrations that are connected to a central application such as a Manufacturing Execution System (MES). The principal claim is that by automating smart notifications and decisions, the QoS can improve.

***Key words**: integration, semantic, analytics, ontology*

Introduction

One of the complex challenges that enterprises in the manufacturing industry face, especially those that are large and dynamic, befalls in the integration of information across internal systems. Each application that constitutes the enterprise system specializes in solving particular needs of the business, in mentioning a couple; an Enterprise Resource Planning (ERP) handles the resources, while a Manufacturing Execution System (MES) manages the manufacturing process, and so the Customer Relationship Management (CRM) controls the customer relationship. Individually, each program is an expert in its field, yet, to operate correctly, they depend on having suitable information, which most times than not, comes from interacting with other applications.

It is with each link well founded among applications that dependency grows, not only on the technical aspect, but also very often on the functional side. Users from different departments expect information to be at one's disposal, which sets a high expectation on systems to work together seamlessly, which in turn bequeaths integration as a highly sensitive subject inside enterprises.

 ISSN 2007-8102

Within the integration layer, utilities in middlewares can trace messages across endpoints, yet, the reports that these programs produce befalls on the technical viewpoint, conveying the success or failure, of delivering the message solely. This article moves on to the next frontier that is to be conquest by the integration layer, the use of semantic analytics to ease the tracking of messages. By identifying the intention and key elements within the content of the message, the qualitative analysis is improved. Instead of informing failure rates, as stated by [1], the qualitative layer provides insights to the support team about real business problems.

After all, the difficulty of problems in integration and the quandary pertains to the fact that interfaces are built upon business requirements, which are highly dynamic, as described by [2] when referring to enterprise applications characteristics. This entails a hard rhythm to follow in the development and cycle support. Thus, in the light of easing of the hassle of various adaptations that interfaces go through; alterations to business rules, contracts, volume, among other changes. There is a clear opportunity for analytical tools to come into stage and relief stress and time required from the development and support team. Bringing semantic information and context to issues can render valuable qualitative reports in the assistance of classification, prioritization, trending analysis, and identification of error patterns as claimed by [1].

Altogether, in the manufacturing industry, interfaces are central to operations. Moreover, the reputation of the Information Technology (IT) department is highly attached to how well systems work together as a whole. Even though there are contracts and quantitative metrics, such as Service Level Agreements (SLA) that can measure up the Quality of Service (*QoS)* among enterprise applications, trust, is challenging to measure. As outlined by [3], trustworthy is an abstract concept built on specific beliefs and assumptions about how services keep up with expectations. In this paper, the viewpoint adopted to measure the *QoS* delivered by interfaces, stems from measuring how well they keep up with changes through time as the business does. Consequently, semantic and analytical tools bring forth valuable business information in the form of context, which can be used to expedite solutions, to monitor the *QoS*, and to track issues.

Even though the problem has been introduced, it is essential to exhibit research underpinning the model's operation. For these, the following three sections expose concepts published in papers within the integration ecosystem in the manufacturing industry. First, a hierarchy model serves as a frame to position systems within levels of automation; it is presented jointly with concepts useful for this paper, suchlike the definition of an interface, and its classifications according to Izza [5]. After that, comparable semantic tools are mentioned. Finally, certain notions from the business analytics domain are described, which outlines the knowledge generated by the model.

Automation levels

The American National Standards Institute (ANSI) and the International Society of Automation (ISA) stablish the ANSI standard ISA-95, which is now a reference in the automation of enterprises in the manufacturing industry. In Figure 1, Southekal [4] depicts the hierarchy model of information that systems abide at different levels of execution; it conveys the responsibilities that each application has within the manufacturing context.

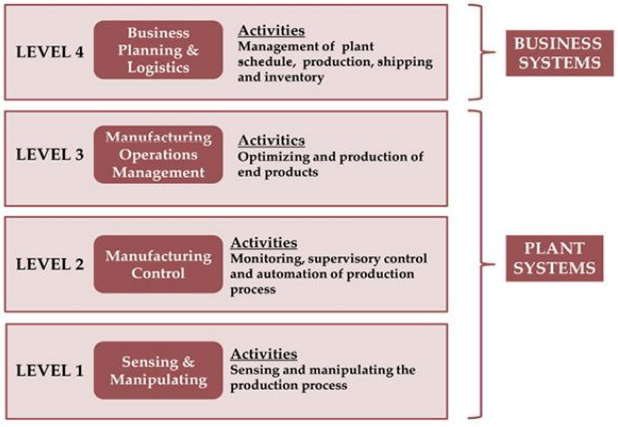


Figure 1. "Systems as organized by ANSI/ISA-95" by Southekal [4]

What is lightly infer from the diagram above is that data stems from lower levels at different rates. In each level, information is assemble from various applications by forging bonds. Overall, these relationships entails complex scenarios of dependency. As interfaces habitually suffer alterations and connections have to keep up with the dynamism prevailing in enterprise applications, a characteristic described by [2], wherein, workflows and business scenarios frequently adapt to look toward the business exigency.

Although the model could monitor interfaces at all levels, this paper focuses on tracking integration problems at levels three and four in the hierarchy level, since the information has a broader scope in terms of process and the business most times than not can tolerate a more significant time to analyze issues.

Integration

As claimed by Izza [5], the definition of integration found in the dictionary comes from the act of integrating, with an etymology "integrare," which means "making a whole"; joining a vaster set. In accordance to that baseline, integration is the act of bringing together components to form a complete whole, granting along the way, properties to the action, which is the subject discussed in this paper.

Interfaces can be analyzed from different perspectives. From the dimensions point of view according to [5], the syntax encompasses the contracts of services. An example in this category is the Web Service Description Language (WSDL), which is an Extensible Markup Language (XML) that describes Simple Object Access Protocol (SOAP) messages. It can be used to describe the context of services upon the schema structure, the business entities, and from the signatures of related services.

The next dimension to analyze in the opinion of [5] is the semantic layer, whose primary aim is to identify the intention of messages. One proposal in this category stems from the standard Universal Description, Discovery and Integration protocol (UDDI), an XML-based registry that fosters primarily for service discoverability, interoperability, and interchangeability, which allows services to be exchanged as needed on the fly. Habitually the UDDI is also used along with SOAP messages within enterprises, which remains the chosen architecture in the context of enterprise application, as its more ubiquitous adoption on the internet fell off in favor of the Representative State Transfer (REST) architecture style.

With those two layers described, the model would be able to check compliance of contracts and to organize messages into categories. Yet, the functional priorities, dependencies between services and actions, which are defined by knowledgeable workers, would be hard to model and describe in a syntax (WSDL) or semantic language (UDDI). Therefore, the model uses a Resource Description Framework (RDF) document to describe the meaning of each interface, similar to what the following two initiatives do in the field of the semantic web according to [5].

First, the Web Ontology Language – Semantic (OWL-S) [6] is a collaborative effort by BBN Technologies and some other enterprises and universities to define an upper-ontology for a semantic mark-up of services. It semantically describes the capabilities and properties of web services using Web Ontology Language – Description Logic (OWL-DL) language, also known as OWL-2 [7].

On top of the OWL-S, the Web Service Modeling Ontology (WSMO) [8] uses a Web Service Modeling Language (WSML) to provide a formal syntax to semantics. It is built upon four different components: ontologies (which are formal entities), web services, goals (which define the intention to be executed by the web service publisher), and mediator (that address the technical or functional issues that may arise in the integration).

Regardless of these two initiatives, Izza [5] claim that the semantic layer does not adequately address the issue of service description and that the UDDI registries fell short when describing behavior. The shortfall is reinforced by [9], who points out that this occurs even with the support of standard taxonomies such as the North American Industry Classification System (NAICS), or the United Nations Standard Products and Services Code (UN/SPCS), or the International Organization for Standardization ISO 3166.

Business Analytics

For solving particular problems at the semantic level, the model frames the knowledge of each interface under the business analytics layers, which will be briefly described in the following paragraphs.

The definition of Business Analytics taken from [10], states that “is a process that transforms data into actions through analysis and insights in the context of organizational decision making and problem-solving." [11] Divide it into three groups: descriptive, predictive, and prescriptive. The most widely used is the descriptive one, which categorizes, classify, and consolidate data into meaningful information, habitually presenting the results in charts and reports. The predictive analytics examines historical data and looks for patterns and relationships, to predict future consequences and risks. Lastly, prescriptive analytics is primarily used as a means to identify the best alternatives when minimizing or maximizing goals. It is commonly used with optimization techniques in simulations to understand choices and consequences.

In the model, when a message is analyzed under the viewpoint of a descriptive layer, entities are outlined, and dependencies can be understood. With these service contracts, context can be built, ensuring a better analysis when errors occur. As stated by Evans [11], the descriptive layer can enable context for a knowledge worker to galvanize action into solution. Also, it is possible to engineer the workflow of future responses, for example, if a known operation pattern has an alert, the intelligent analysis of the problem directs the right response alternatives to the available expert to prioritize and execute the corrective action.

Both, the descriptive and predictive layer befits the model objective. By joining the semantic analysis with the analytical reports, critical areas of integration can be detected, bottlenecks and errors can be address in order to reduce impacts of subsequent problems that may arise if they are not heeded.

Methodology

The literature review so far settles the underpinnings of the model. Hereafter, this section describes how the model works, how it tracks interfaces while Enterprise Applications communicate and establish bonds between them. Next comes a diagram of entities and activities that elucidates the approach taken in the model to improve the meaning of integrations among enterprise applications. Thereafter the model is described to crystalize further the benefits that can derive from its implementation.

Integration Monitor Model

Although not explicitly mentioned so far, the improvement in the degree of confidence in information is the ultimate goal pursued by this paper. Business analytics can crystalize errors that impinge the quality of the information received and transmitted within integrations in industrial systems. Evans [11], states some of the challenges that interfaces endure. Each point has a counter-annotation stating how the model make sense of the problem.

- Networks cannot guarantee message delivery; hence, a fault tolerance configuration can evaluate the status of the message to keep up with operations, even when the information is not fully complete.
- Asynchronous messages can get lost. It is essential to detect missing information in order to galvanize actions from knowledgeable workers.
- Data-centric messages can be processed in disorder due to the order of arrival in the reception queue or due to a network delay, from here, when errors occur, analytic tools provide context to establish the order of events and the relationships involved.
- Receiving systems process message incorrectly affecting the business workflow. Either by executing erroneous rules or by technical mistakes, identification, and classification is vital to expedite solutions.

Integration scenarios are far from simple and the lack of context affects the time for resolution. Habitually, when errors appear in interfaces, they get pushed on to the support team, for analysis, categorization, and ultimately for reaching solutions. However, if at least one of the problems is complex, it will demand more attention from pundits, which is time-consuming. Moreover, depending on the quality of data exchanged between the systems, nuisances can be tangled with urgencies, and more often than not, all issues can quickly become turmoil for everyone.

 ISSN 2007-8102

The model provides a framework to measure the quality of data exchanged, and provide means to act upon precepts. Figure 2 depicts the components that constitutes the model. Further sections describes its functionality.

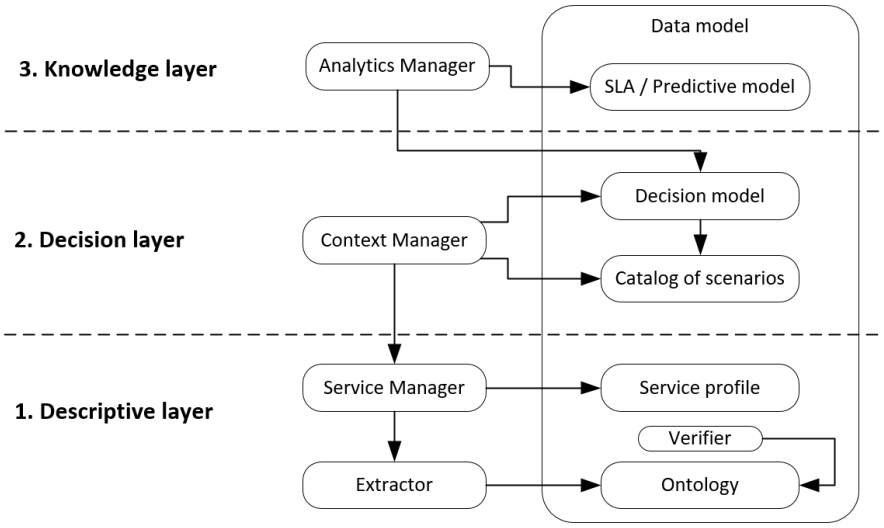


Figure 2. Architecture of the integration monitor model.

1. Descriptive layer

The WSDL delineates the signature of a message in terms of data types, lengths, and formats. However, it is not enough to define meaning. To solve this, the model builds an ontology constituted primarily by a hierarchy of entities with links to other services, plus a dictionary of the meta-data of each event. The ontology follows the guidelines from the W3C [7] to represent knowledge: using Entities as business objects along with categories to classify interfaces in the Service Profile layer. To validate the structure of the conceptual model, a verifier tool such as the OntOlogy Pitfall Scanner (OOPS) evaluates that the ontology complies with the syntax.

As an example, the message depicted in Figure 3, refers to a work order request, a standard interface between an ERP and a MES system. The left column portrays the message in an XML format. The middle column is express in OWL 2 terms, it is deconstructed in a diagram of entities, and it depicts a semantic description of the same message. Last, in the right column, relevant attributes that will be handled in the context of the message are displayed, they are useful to the Service Manager to augment the semantic information.

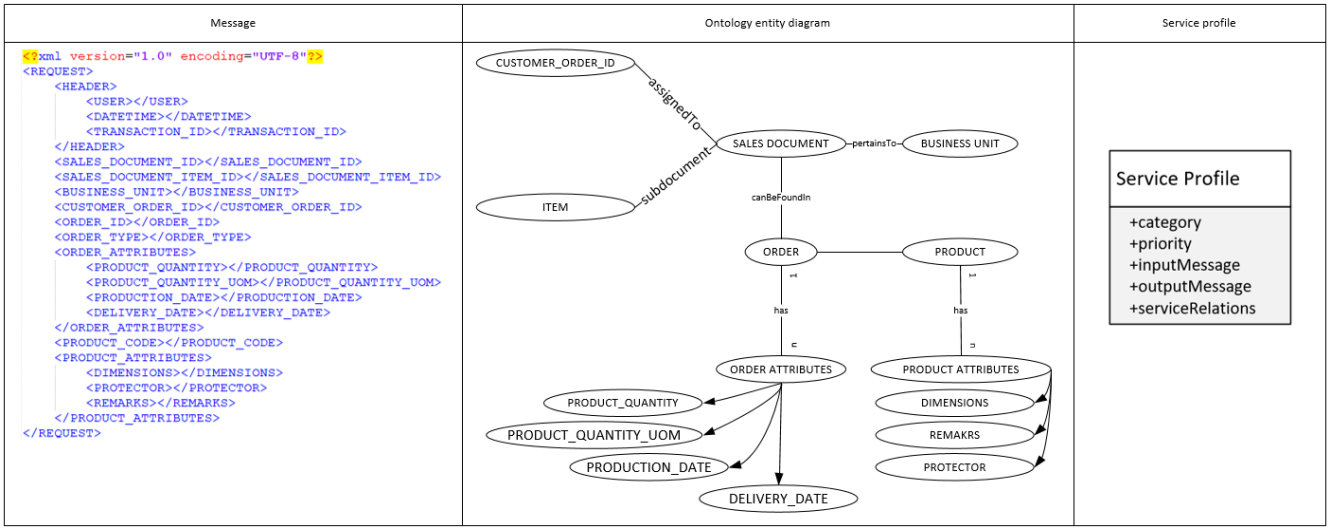


Figure 3. Model representations of an archetype message.

In summary, the descriptive layer sets the foundation for the model. It is the same as the one that the business analytics proclaims should be obtained first to gain further control. The ontology is stored in documents following the Resource Description Format (RDF) defined by the W3C [12]. This way, each interface gets a document delineating what the business considers relevant in terms of priorities and the relationships with other interfaces.

2. Decision layer

The second level of the model builds a context on top of the entities defined in the ontology. The primary goal of this layer is to engineer the decisions taken by pundits in the past. As stated by Daff [1], the knowledgeable worker engineers a response to each abnormal event before a series of costly abnormal cascades into significant losses of capability, capacity and margin per unit. Thereby, the entities model in this layer, capture the meta-rules that will allow an expert in the business to take actions regarding each interface.

3. Knowledgeable layer

This layer yield insights about key indicators of behavior of every connection, which is relevant to the perception of quality. At this stage, patterns are the foundation of predictive models, they can be used to infer trends and in taking preventive action. Historical data can help build up cases that attract adequate attention instead of just having the team running out to solve apparent-urgent issues, which may turn out to be non-important ones.

To better illustrate the workflow of analysis that the integration monitor executes, Figure 4 depicts an UML diagram.

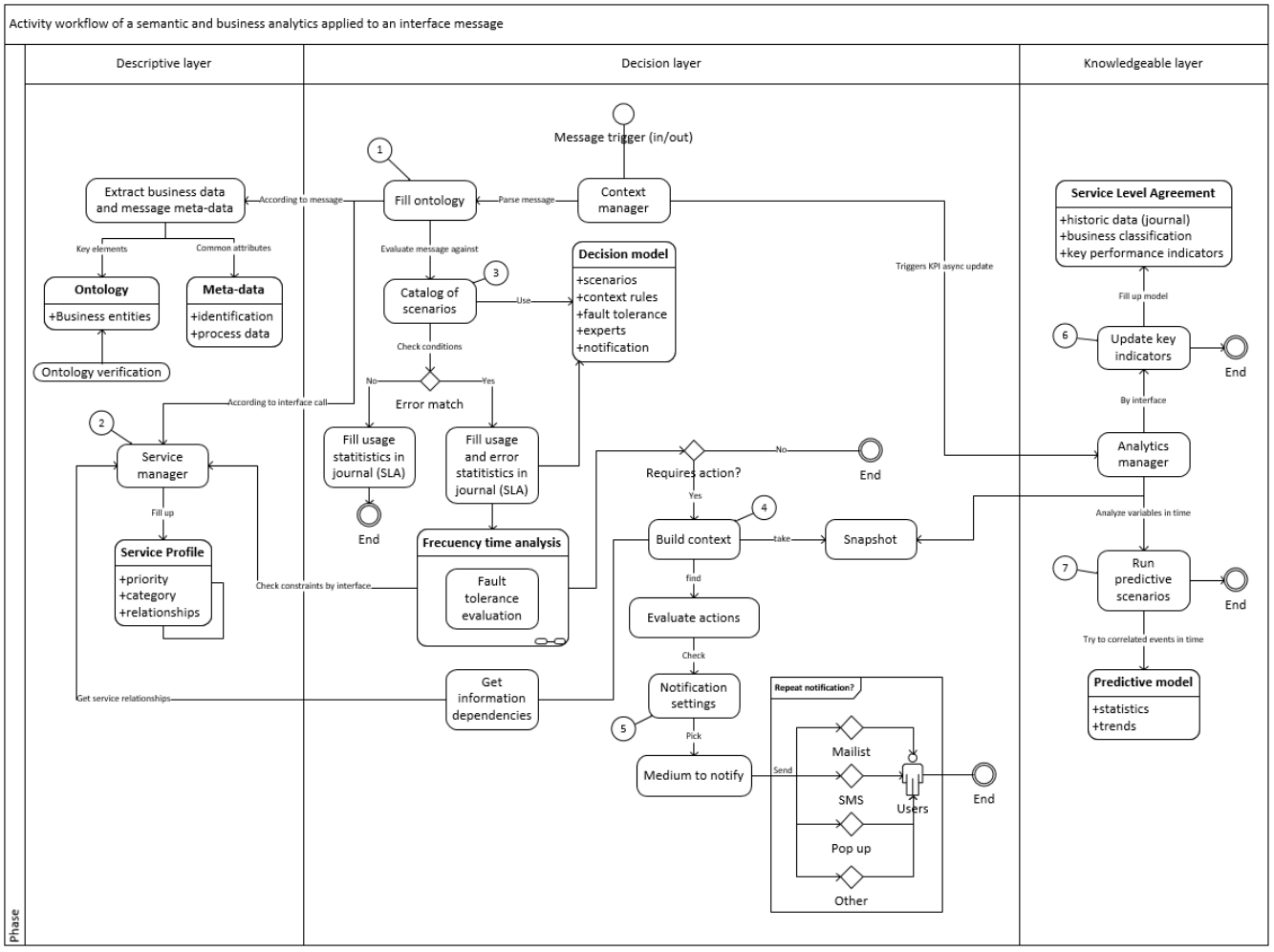


Figure 4. Activity diagram of a message analyzed by the Integration Monitor

The workflow begins immediately after a message is received or is sent to another system. First, the Context manager calls the extractor component to parse the message according to the entities defined in the Ontology, along with the meta-data. The second stage comes in place when the service manager sorts out the message and fills up the relevant information to complement the service profile, gathering additional data from other sources.

The third phase is carried out by the Context Manager, which uses the key elements of the message to find out if the message matches some error conditions already specified in the catalog of scenarios. When a match occurs, the manager proceeds to evaluate what actions to take and whom to notify. The criticality of the notification is defined by two conditions; the priority established in the service profile and the result of applying a time-frequency analysis that the context manager executes.

This analysis evaluates the number of events occurring in a certain period. First, it obtains a time-frequency distribution regarding the normal parameters of the behavior in the interface. Then the number of current errors is evaluated against the lower and upper limits in the function. The instant an error surpasses the standard behavior expected from the service, a snapshot gets build, which is part of the context that is conveyed in the notification to experts. The context includes; the dependencies, the impact that the interface has with other components, the registry of events occurred in a timespan, and the suggested actions to be taken, plus the meta-data detailing the number of errors accumulated over this period. The main reason for having this information frozen is that the context may change in time.

Thereafter, in stage six and seven, the analytic manager, uses historic data to evaluate trends and bottlenecks. This component is in charge of presenting a qualitative summary of the interface behavior. Its main job is to update the key performance indicators defined in the Service Level Agreement of each interface. Moreover, this component can make inquiries and relate events from different interfaces in order to display correlations. It is up to the analyst to use this module capability to evaluate complex scenarios with particular circumstances.

As it can be seen, the entities gathered at the beginning of the workflow, set the basis of the models operation. Each level aggregates the previous one, and it is in this way that knowledge is generated. This model relies on the list of scenarios gathered and engineered, they are used for detection of similar errors, in favor of suggesting actions that can lead to quicker solutions. The model can start tracking interfaces with a base list of scenarios defined in the ontology. However, to improve the QoS that each interface delivers, every time new errors appear, they need to be fed into the model. It is similar to what testing models endure, the more key scenarios defined and automated, the better the framework can assure quality.

Results and discussions

The verification of the model is the next stage for this paper. In order to prove that the QoS in integrations between enterprise applications can improve when messages get tracked, a prototype must be placed in a central system in order to generate enough statistics about the interfaces that it process. The minimum key indicators that prove the rate of success that the model has are:

- The reduction in the average time that it takes to solve problems by an interface.
- The increase in the rate of messages tracked divided by the number of messages received and sent.
- The number of scenarios tracked by each interface.
- The number of errors tracked and solved, divided by the number of errors untracked and solved.
- A qualitative survey from analysts that supports integrations.

Future research

The model tracks integrations surrounding one central system. However, future work may evaluate the tracking of all integrations occurring in all applications inside an enterprise, which presents an exciting challenge for scaling the model. Especially because the model gathers information from business entities to build semantic context.

Conclusions

It is reasonable to speak of a daunting number of scenarios when describing integrations. Interfaces are quite diverse, and each one has specific intricacies. They can easily surpass the capacity of the support team, especially when problems lack context. Thus, this paper presents a model to ease the tracking of activity in interfaces.

For these reasons, the model has been designed to aid in the complex task of assessment that interfaces require when errors occur. The better context that can be built the more likelihood there is in having the problem solved as fast as possible without draining the team's attention. It is well known that analysts repeat the same actions when evaluating problems, and it is precisely in this spot that the model takes its merit. As described above, it provides a framework for business analysts and IT developers, to engineer workflows and expedites solutions. The model emphasizes on extracting essential information along with business data in order to expedite notifications to knowledgeable workers, but it also propose to take advantage of historical data and lessons learned from the past to automate the workflow of information that has been involved in previous solutions.

Acknowledgements

I would like to express my deep gratitude to Dr. Felipe de Jesús Pozos Texon my research supervisor, for his enthusiastic encouragement and useful critiques of this research work.

References

[1] C. Gifford and D. Daff, "Factory Automation: ISA-95 evolves to support smart manufacturing and IIoT.," 2017. [Online]. Available: https://www.isa.org/intech/20171203/. [Accessed 31 July 2019].

[2] M. Singh and M. Huhns, M. Service-oriented computing: semantics, processes, agents, J. Wiley, 2005.

[3] M. Tang, X. Dai, J. Liu and J. Chen, "Towards a trust evaluation middleware for cloud service selection," *Future Generation Computer Systems,* no. 74, pp. 302-312, 2017.

[4] P. H. Southekal, Data for Business Performance: The Goal-Question-Metric (GQM) Model to Transform Business Data into an Enterprise Asset, Technics Publications, 2017.

[5] S. Izza, "Integration of industrial information systems: from syntactic to semantic integration approaches," *Enterprise Information Systems,* no. 3, pp. 1-57, 2009.

[6] Martin, D. et. al, "OWL-S: Semantic Markup for Web Services," 22 November 2004. [Online]. Available: https://www.w3.org/Submission/OWL-S/. [Accessed 31 July 2019].

[7] Hitzler P. et al., "OWL 2 Web Ontology Language Primer (Second Edition)," W3C Recommendation, 11 December 2012. [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-primer-20121211/. [Accessed 01 August 2019].

[8] Bruijn J. et al., "Web Service Modeling Ontology (WSMO)," 3 June 2005. [Online]. Available: https://www.w3.org/Submission/WSMO/. [Accessed 01 August 2019].

[9] Dogac, A. et al., "Semantically enriched web services for the travel industry," *ACM SIGMOD Record,* vol. 33, no. 3, pp. 21-27, 2004.

[10] M. J. Liberatore and L. Wenhong , "The analytics movement: Implications for operations research.," *INFORMS Journal on Applied Analytics,* vol. 40, no. 4, pp. 313-324, 2010.

[11] J. R. Evans and C. H. Lidner, "Business Analytics: The Next Frontier for Decision Sciences," 2012. [Online]. Available: http://www.cbpp.uaa.alaska.edu/afef/business_analytics.htm. [Accessed 01 August 2019].

[12] A. Zimmermann, "RDF 1.1: On Semantics of RDF Datasets," 25 February 2014. [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/2014/NOTE-rdf11-datasets-20140225/. [Accessed 01 August 2019].

Camaleón: Detección de daltonismo y entorno virtual para la implementación social de la simbología ColorKivof.

D. González Díaz[1], N.A. Cruz Ramos[2], A. Escobar García[3], M. F. Cabrera Gutiérrez[4], K. D. Cancino Rauda [5],*
Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz,
Av. Universidad, No. 350, Localidad Dos caminos, C. P. 94910, Cuitláhuac, Veracruz, México
**daniel.gonzalez@utcv.edu.mx*
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El daltonismo es un defecto genético que no permite distinguir algunos colores y prevalece en mujeres de un 0.3% a 0.4% y en hombres de un 2.5% a 8.7% este padecimiento suele identificarse a través de pruebas que consisten en reconocer un número oculto en una plantilla de colores. Sin embargo, estos elementos dificultan el diagnóstico en pacientes analfabetas que no logran identificar números, además son pocos los esfuerzos que se realizan por concientizar e incluir en la sociedad actual a la población que padece daltonismo. Por lo anterior, se presenta "Camaleón", un proyecto tecnológico, que propone: una aplicación móvil para aplicar pruebas basadas en símbolos parcialmente ocultos en imágenes con distintas tonalidades, un código de elementos gráficos que representa los colores a partir de tres formas básicas, y un entorno virtual que muestra un escenario desde la perspectiva de alguien que no es capaz de percibir correctamente los colores.

***Palabras clave**: Aplicación móvil, ColorKivof, Daltonismo*

Abstract

Color blindness is a genetic defect that does not allow to distinguish some colors. Prevails in women from 0.3% to 0.4%, and in men from 2.5% to 8.7%. This ailment is usually identified through tests that consist in recognizing the hidden number on a template with colors. However, these elements make the diagnostic in illiterate patients to be difficult because they cannot identify the numbers. Additionally, a few efforts are made in order to increase awareness and to include the population that has color blindness in the actual society. For the aforementioned, "Camaleón" is a technological project in which a mobile application is developed in order to administer tests based on symbols partially hidden by using different shades images, a code of different graphics that represent the colors by using three base symbols. There is also a virtual environment that shows a scene from the perspective of someone that cannot differentiate the colors correctly.

***Key words**: Mobile App, ColorKivof, Colour blindness*

Introducción

El término visión del color se refiere a nuestra capacidad de discriminar objetos según su color; de hecho, los humanos distinguen entre millones de tonos. Sin embargo, más del 8% de la población experimenta una deficiencia hereditaria en la discriminación de color (Dartt, 2010). En los niños a partir de los tres a cuatro años es cuando empiezan a conocer los colores, por lo que es ideal detectar el daltonismo en esta etapa para que el niño se adapte mejor a la situación ya que este defecto visual no tiene cura. El daltonismo normalmente es de nacimiento, por lo que para un niño daltónico la percepción de los colores es diferente, creyendo que la suya es normal, sin percibir que existen más tonalidades.
Al menos dos millones de hombres y alrededor de 50 mil mujeres padecen daltonismo en México, enfermedad que se caracteriza por la nula habilidad para identificar colores como el rojo y el verde, informaron especialistas del Instituto Mexicano del Seguro Social. (Diaria, 2016)

El 62% de las personas que tienen daltonismo indican que tiene dificultades para integrarse socialmente mientras que el 38% no saben que tienen daltonismo. Las actividades diarias como conducir, usar el transporte público o distinguir medicamentos se vuelven tareas muy complicadas. El 90% de la comunicación en la actualidad utiliza

gráficos e impactos visuales basados en el color. Sin embargo, esto supone que a casi 350 millones de daltónicos no les están llegando estos mensajes.

Por lo anterior, surge Camaleón, un proyecto que permite la detección y promueve la inclusión social de personas que padecen daltonismo, el proyecto consiste en una aplicación móvil que implementa una prueba visual donde el usuario debe reconocer una silueta en su totalidad, esta figura se encuentra parcialmente oculta en una plantilla que utiliza puntos de colores seleccionados estratégicamente para dificultar su reconocimiento, además, se presenta ColorKivof como un código de símbolos que representan colores y son implementados en un entorno virtual que permite a las personas que padecen daltonismo familiarizarse con la descripción de los colores a través de símbolos en situaciones cotidianas.

La implementación de la simbología en entornos virtuales considera también a los usuarios que no padecen daltonismo con el objetivo de resaltar la importancia de hacer parte de la vida cotidiana un conjunto de símbolos que permitan la inclusión social de personas que no son capaces de identificar una gama de colores.

El uso de métodos didácticos de aprendizaje ha sido probado según un amplio número de trabajos. Un estudio realizado por Bloxham y Wileman publicado en el *Journal of Virtual Studies*, los alumnos que experimentaron una educación práctica utilizando la VR incrementaron sus índices de retención hasta un 18.1% en el área de matemáticas, seguido por un 13.1% en mecánica y un 2.9% en ingeniería. (S., 2018).

Trabajos relacionados

Este trabajo presenta un juego digital interactivo para niños que, mediante una serie de ejercicios con el color, detecta la afección. También propone una página web donde los padres y maestros de los niños con daltonismo obtienen e intercambian información que ayude a sobrellevar la situación (Gutiérrez Neira, 2019).

En (Bandyopadhyay & Rathod, 2017), se muestran los resultados de una aplicación basada en Android para proporcionar a los estudiantes daltónicos una percepción multisensorial del cambio de color. La aplicación registra y convierte la información de color en pitidos y pulsos de vibración, que son generados por el teléfono inteligente. Utiliza un umbral de rango de coordenadas de tono y saturación del espacio de color HSV (tono, saturación, valor) para detectar un cambio de color específico de un indicador. Este enfoque permite a los estudiantes realizar una actividad de evaluación de laboratorio bastante rutinario.

Una aplicación para teléfonos inteligentes que permite a los usuarios con deficiencia de color visualizar esos contrastes para ayudarlos con las tareas diarias se presenta en (Lau, Perdu, Rodríguez-Pardo, Süsstrunk, & Sharma, 2015). El usuario interactúa con la aplicación a través de la pantalla táctil. A medida que el usuario traza un camino alrededor de la pantalla táctil, los colores de la imagen cambian continuamente a través de una transformación que mejora los contrastes que son débiles o imperceptibles para el usuario en condiciones de visualización nativas. Entre los beneficios al usuario final está, facilitar las tareas diarias, como distinguir entre manzanas rojas y verdes o elegir plátanos maduros.

En este trabajo se presenta una aplicación móvil para evaluar el rendimiento de SiChaRDa, un potenciador de imagen recientemente propuesto, inspirado en un modelo del sistema visual humano, que modifica la claridad de la imagen. Los resultados indican un papel de contraste y bordes en la legibilidad de las imágenes para personas con deficiencia de visión en color; sin embargo, no respaldan una interpretación clara e inequívoca (Bonanomi et al., 2017).

Metodología

Incepción

En esta primera etapa se analizaron las diferentes técnicas para detectar el daltonismo, destacando la prueba Ishihara y la prueba Farnsworth. Se identificó que para personas que presentan incapacidad de reconocer símbolos numéricos, resulta poco útil en la detección del daltonismo, con base en las ventajas identificadas en el

 ISSN 2007-8102

modelo de la prueba Ishihara, se eligió utilizar la misma técnica, pero se definió la posibilidad de crear nuevas plantillas con siluetas de fácil reconocimiento para personas que no son capaces de identificar números.

Elaboración

En esta fase se realizaron pruebas con el método *Ishihara* para identificar las plantillas necesarias para detectar los tipos de daltonismo y así diseñar las nuevas siluetas para la prueba. En la *figura 1*, se presentan las plantillas originales de la prueba *Ishihara*.

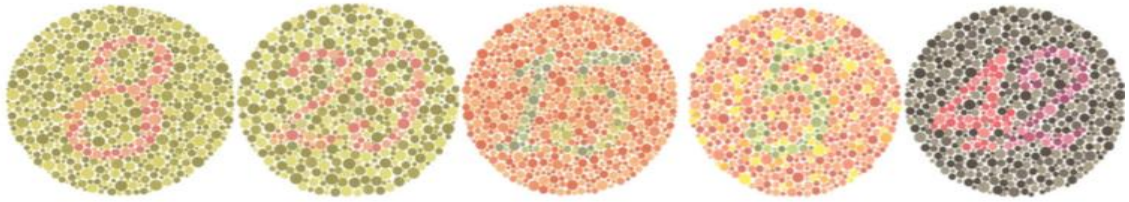


Figura 1. Plantillas originales de la prueba Ishihara

De los resultados de las pruebas se seleccionó el dicromatismo que es un defecto moderadamente grave en el cual falta o se padece una disfunción de uno de los tres mecanismos básicos del color, es hereditario y consta de tipos diferentes:

- **Protanopia** que consiste en la ausencia total de los fotorreceptores retinianos del rojo.
- **Deuteranopia** que es la ceguera al color verde o a la ausencia de los fotorreceptores retinianos del color verde.

En la *figura 2*, se muestran las plantillas nuevas que se diseñaron. En la primera plantilla se observan los colores cómo lo vería un ojo sano, en las otras dos plantillas se aprecian los colores detectados por pacientes que tienen algún tipo de daltonismo como *Protanopia* o *Deuteranopia*.

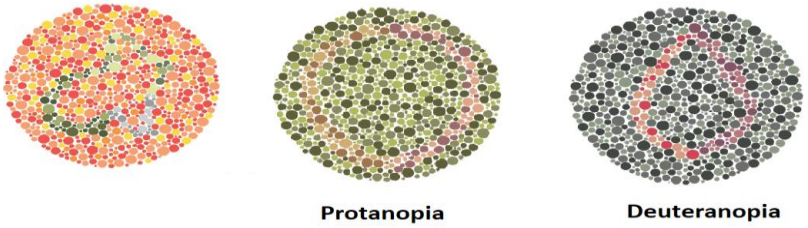


Figura 2. Plantillas con nuevas siluetas.

En esta fase se desarrolló la simbología denominada ColorKivof que representa los colores tomando como base una figura geométrica de cinco lados, utilizando una línea curva como indicador de color, si la línea está ubicada a la izquierda se representa el color amarillo, el indicador ubicado al lado derecho del pentágono representa el color azul y ubicado en la zona de arriba representa el color rojo. Los símbolos básicos se muestran en la *figura 3*.



Figura 3. Simbología de los colores primarios.

 ISSN 2007-8102

Dentro de la figura base el indicador puede posicionarse de tal forma que permita representar colores secundarios, por ejemplo, si el indicador se muestra del lado izquierdo y en la zona de arriba representa la combinación del color amarrillo y rojo, obteniendo como resultado el color naranja, como puede apreciarse en la *figura 4*.



Figura 4. Representación de los colores secundarios: naranja, verde, morado y café.

Otro símbolo que se desarrolló en esta fase es un círculo que se presenta en el medio del pentágono, si el circulo contiene un sombreado representa el color negro y si carece de un sombreado representa el color blanco como se muestra en la *figura 5*.

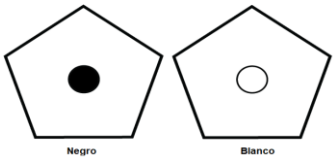


Figura 5. Representación de los colores negro y blanco.

En la *figura 6*, se muestra la simbología que representa los tonos oscuros o claros que se obtienen al combinar el círculo con el indicador en el interior del pentágono, por ejemplo, si el indicador está en la parte derecha y el circulo contiene sombreado se representa el azul oscuro.

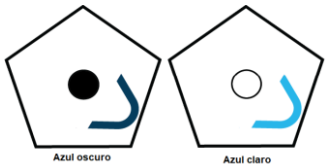


Figura 6. Representación de azul oscuro y azul claro.

Construcción

En esta fase se desarrolló la aplicación móvil y el entorno de realidad virtual, así como los servicios web y base de datos que permiten la persistencia de datos en las aplicaciones, se construyó un sitio web que brinda información a los usuarios de la aplicación y describe a detalle la simbología ColorKivof, estos elementos forman parte del proyecto Camaleón y se visualizan de forma gráfica en la *figura 7.*

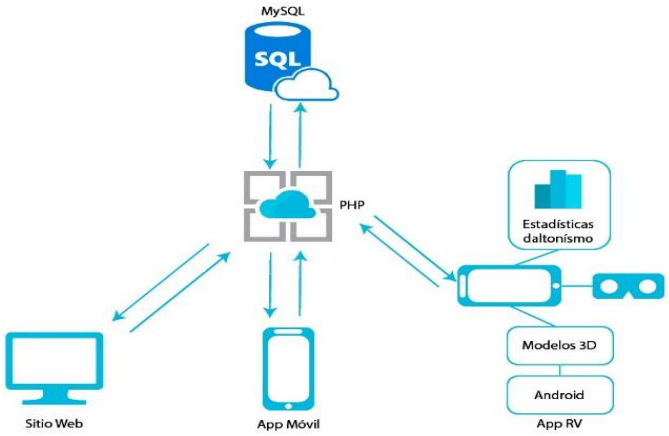


Figura 7. Componentes del proyecto Camaleón

 ISSN 2007-8102

Construcción de la aplicación móvil

Para la construcción de la aplicación móvil, se utilizaron Apache Córdova y Node.js como marco de trabajo para el desarrollo. La aplicación móvil permite el registro e inicio de sesión de usuarios, donde pueden visualizar el menú principal y seleccionar una de las siguientes opciones: iniciar una prueba, ver los resultados de las pruebas que ha realizado o salir, como se aprecia en la *figura 8*.

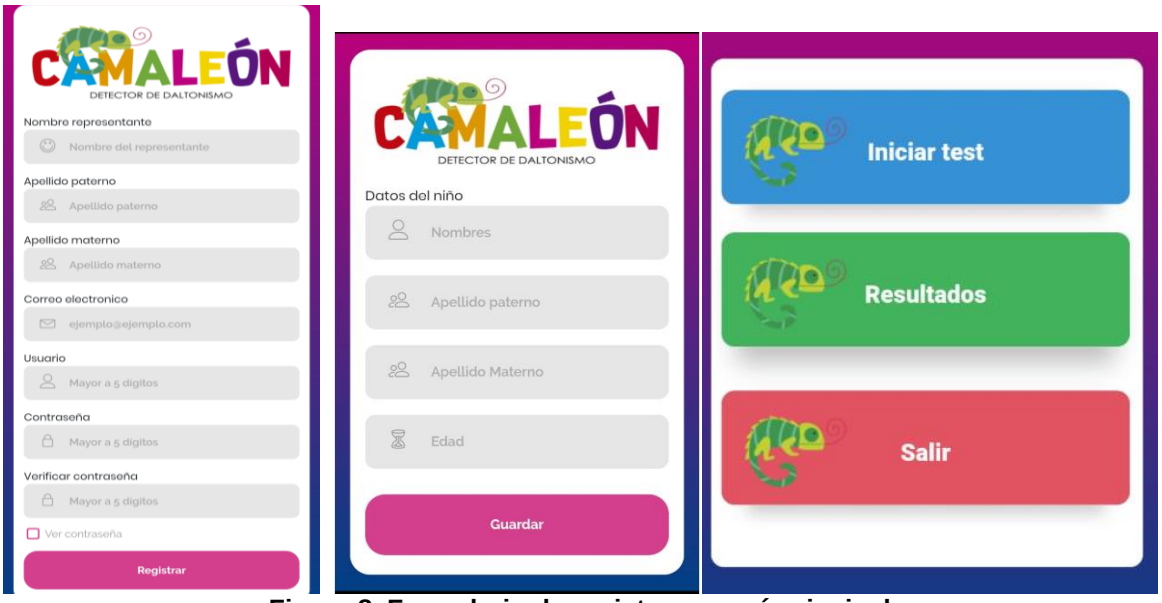


Figura 8. Formulario de registro y menú principal

En caso de que el usuario sea un menor, al iniciar una nueva prueba se solicita a través de un formulario los datos del niño: nombre completo, género y edad que deben ser ingresados por un tutor. Una vez obtenidos los datos de entrada, se iniciará la prueba, donde se mostrarán las plantillas con la silueta de una figura parcialmente oculta en puntos de color, debajo de la imagen el usuario tiene tres opciones de respuesta que muestran los posibles resultados de la figura oculta como se puede apreciar en la *figura 9*.

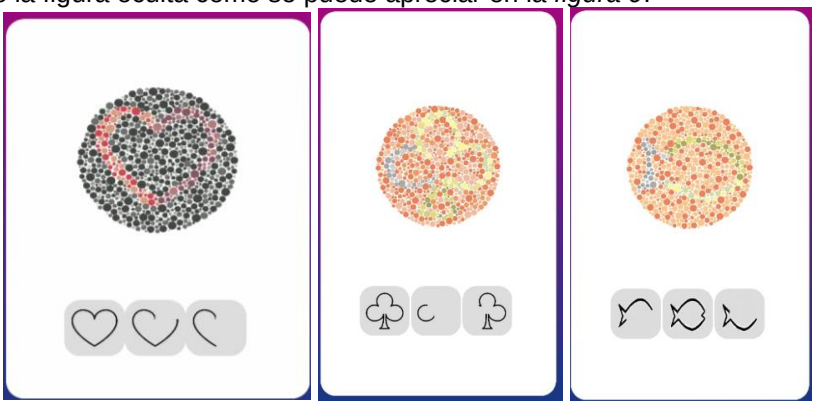


Figura 9. Plantilla con figura parcialmente oculta y opciones de respuesta

Se puede observar que en las opciones de respuesta disponibles para el usuario se encuentra la figura correcta, la figura que observaría alguien con daltonismo y un distractor, de este modo la aplicación asigna un valor numérico a cada opción de respuesta siendo cero para el distractor, lo cual permite discriminar entre un usuario que no tiene problemas de visión, uno con daltonismo y otro que solo intento adivinar la respuesta.

 ISSN 2007-8102

Construcción de la aplicación de Realidad Virtual

Para la construcción de los escenarios de realidad virtual se utilizaron las herramientas Unity y Adobe Premiere Pro para diseñar escenarios que permiten resaltar la necesidad de contar con una simbología que permita reconocer señales basadas en colores a personas que padecen daltonismo, estos escenarios ofrecen al usuario la experiencia de visualizar elementos que son conocidos en el mundo real, pero que contienen el código de símbolos como apoyo visual para quien no es capaz de distinguir la tonalidad presentada, de este modo se busca resaltar la importancia de la inclusión social con la simbología ColorKivof, como se puede apreciar en la *figura 10.*



Figura 10. Elementos del entorno virtual que emplean simbología ColorKivof.

Resultados y discusión

Versiones de Camaleón

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las versiones del proyecto Camaleón (hasta el momento de la redacción del artículo), con una breve descripción de las funcionalidades que se agregaron:

Tabla 1. Resumen de versiones del proyecto Camaleón

Versión	Descripción
1.0	Se diseñó la aplicación móvil con los formularios de registro e inicio de sesión, se diseñaron las plantillas con puntos de color que sirve como base para ocultar parcialmente figuras, se definieron los primeros elementos gráficos que componen la simbología ColorKivof.
1.1	Se modelaron los componentes que son utilizados en los escenarios virtuales, edificios, semáforos, calles, frutas, ropa, personajes. Se integró la prueba de daltonismo en la aplicación móvil a partir de las plantillas con puntos de color y figuras ocultas.
2.0	Se integraron los componentes virtuales en los escenarios, generando los entornos de realidad virtual que representan una vialidad, una tienda de ropa y una estación subterránea.

Caso de estudio 1: Inclusión social usando la simbología ColorKivof en un entorno virtual.

Este escenario tiene como objetivo permitir al usuario visualizar objetos que reconoce del mundo real en un entorno virtual que representa una vialidad, donde el usuario identifica la simbología asociada al color presentado y que permite a personas con daltonismo reconocer el mensaje, como es, por ejemplo, el verde, rojo y amarillo en un semáforo y cuyo mensaje le indica a una persona si debe avanzar o no, estando implícita su seguridad vial como puede apreciarse en la *figura 11.*

 ISSN 2007-8102

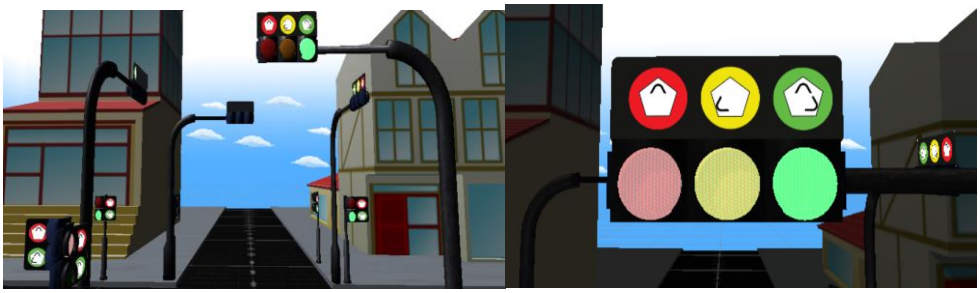


Figura 11. Semáforos con simbología ColorKivof

El entorno virtual también presenta al usuario objetos de uso común que, si bien el reconocimiento del color asociado no es cuestión de seguridad, tiene un impacto en otros aspectos sociales como la imagen que proyecta a partir de una combinación apropiada de vestimenta, la *figura 12* presenta una prenda de vestir en donde la etiqueta implementa la simbología ColorKivof al igual que un contenedor de basura cuyo símbolo asociado al color determina el tipo de residuo que debe ingresarse.



Figura 12. Elementos cotidianos del entorno virtual.

Como se puede apreciar el entorno virtual permite a un usuario con daltonismo conocer el uso de la simbología para asociar colores y mensajes al símbolo presentado, también es aplicable a usuarios que no presentan ningún tipo de daltonismo y les permite familiarizarse con la simbología en objetos cotidianos promoviendo la inclusión social de personas con daltonismo.

Trabajo a futuro

A partir de las pruebas de usabilidad se identificaron oportunidades de mejora para el proyecto. El primero de los requerimientos para Camaleón es diseñar nuevas plantillas con puntos de color que permitan detectar otros tipos de daltonismo, con respecto al entorno virtual se pretende diseñar nuevos escenarios que permitan representar entornos laborales con el objetivo de generar impacto en la igualdad de oportunidades laborales para las personas con daltonismo.

Conclusiones

Camaleón permite detectar mediante una prueba, si el usuario tiene daltonismo, mostrando el porcentaje del tipo que presenta, ya sea *Protanopia* o *Deuteranopia* (rojo y verde). La simbología propuesta ColorKivof permite identificar los colores primarios, esto sirve de apoyo a las personas con daltonismo para desenvolverse en la vida cotidiana de forma más fácil. Con base en los resultados obtenidos en evaluaciones realizadas a niños de la región, se determinó que la aplicación móvil fue de gran ayuda en la detección de dos casos de daltonismo entre 68 niños, los cuales ya están en proceso de aprendizaje de la simbología ColorKivof para mejorar su calidad de vida.

Referencias

Aída Aleyda Jiménez – Martínez, L. H.-G.-C.-G.-P.-C.-V.-F. (2013). Prevalencia de daltonismo en niños de escuelas públicas de México: detección por el personal de enfermería. *Revista de divulgación cientifica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 3.

Albillos, S. P. (2018). Virtual Down: Un proyecto de realidad virtual social. *Facultad de educación de palencia* , 40.

Belloch, C. (2012). Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje. *Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación*, 9.

Cornsweet, T. (1970). *Visual Perception.* Academic Press.

Correa, J. M. (2009). NUEVAS TECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN. *redalyc*, 133-145.

Cruz, J. A. (2014). Virtual reality, an innovative technology. *Revista de innovación educativa*30, . Dartt, D. A. (2010). Daltonismo: Heredado. *Enciclopedia del ojo*, 318-325.

Diaria, L. C. (11 de Abril de 2016). *La Crónica Diaria*. Obtenido de La Crónica Diaria: http://www.cronica.com.mx/notas/2008/351281.html#

Flück, D. (Febrero de 2018). *Colblindor*. Obtenido de https://www.color-blindness.com/ishihara-38-plates-cvd-test/

Guijosa, C. (19 de abril de 2018). *Observatorio de innovación educatica*. Obtenido de Tecnológico de Monterrey: https://observatorio.tec.mx/edu-news/impacto-de-la-realidad-virtual-en-ninos

Guillermo Vera Ocete, J. A. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades. *revistaeticanet*, 17.

Jay Neitz, M. N. (13 April 2011). The genetics of normal and defective color vision . *Vision Research*, 633-651.

Lilo Jover, J. M. (2013). *Percepción del color y daltonismo.* Madrid: Pirámide.

Membrive, L. (2010). *¿de qué color lo ves?* Salvatella; Edición: 1.

Monés, E. d. (2010). Verdmell, una herramienta para daltónicos. *Revista tematica de diseño*, 4-6.

S., I. (15 de Septiembre de 2018). *U-planner*. Obtenido de U-planner: https://www.u-planner.com/es/blog/las-aplicaciones-de-la-realidad-virtual-en-la-educacion-superior

Sánchez Duarte, E. (2008). LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIAL . *Revista Electrónica Educare*, 155-162 .

Bandyopadhyay, S., & Rathod, B. B. (2017). The Sound and Feel of Titrations: A Smartphone Aid for Color-Blind and Visually Impaired Students. *Journal of Chemical Education*, *94*(7), 946–949. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00027

Bonanomi, C., Sarioli, S., Mascetti, S., Gianini, G., Alampi, V., Lanaro, M. P., & Rizzi, A. (2017). An App-based Assessment of SiChaRDa, an Image Enhancer for Color-Blind People. *Color and Imaging Conference*, *2017*(25), 108–116. https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2017.61.4.040405

Gutiérrez Neira, K. J. (2019). Diseño de un artefacto interactivo para detectar el tipo y amplitud de daltonismo en niños. Retrieved from http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9095

Lau, C., Perdu, N., Rodríguez-Pardo, C. E., Süsstrunk, S., & Sharma, G. (2015). An interactive app for color deficient viewers. In R. Eschbach, G. G. Marcu, & A. Rizzi (Eds.) (Vol. 9395, p. 939512). International Society for Optics and Photonics. https://doi.org/10.1117/12.2075162

App para programar a nivel ensamblador con instrucciones Basic asistidas

E. Fritsche Ramírez[1], L. A. Campoy Medrano[2], L. E. Arias Hernández[3]*, O. A. Merino Merino[2], J. Cisneros Resendiz[2]

[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Piedras Negras, Av. Instituto Tecnológico 310, C.P.26080, Piedras Negras, Coahuila, México

[2]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Piedras Negras, Av. Instituto Tecnológico 310, C.P. 26080, Piedras Negras, Coahuila, México

[3]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de La Laguna, Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de la Laguna S/N, C.P. 27000 Torreón, Coahuila, México

**elearias@hotmail.com*

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Se diseñó una aplicación para dispositivos móviles, que le permite al usuario programar un microcontrolador en nivel ensamblador empleando instrucciones Basic asistidas, con la singularidad de que una línea de instrucción en Basic corresponde a una línea en ensamblador. La App presenta una interfaz gráfica de usuario simple: el programador puede seleccionar y configurar la instrucción en Basic mediante un bloque que solo permite las opciones válidas para cada tipo de instrucción y posteriormente se traduce a ensamblador. Inicialmente la App se está haciendo para el microcontrolador ATmega328p empleado en módulos Arduino y es escalable a otras series o marcas de microcontroladores. Los resultados muestran que el programador tiene un control total y un acceso directo sobre los recursos del microcontrolador, el código se ejecuta a velocidad aceptable, las instrucciones y registros son fáciles de recordar y se eliminan los errores de sintaxis en un cien por ciento.

***Palabras clave**: App, basic, ensamblador, microcontrolador.*

Abstract

An application for mobile devices was designed, which allows the user to program an assembly microcontroller using assisted Basic instructions, so that a Basic line instruction corresponds to an assembly line instruction. The App has a simple graphical user interface: the programmer can select and configure the instruction in Basic by means of a block that only allows the valid options for each type of instruction and is then translated into assembler. Initially the App is being made for the ATmega328p microcontroller used in Arduino modules and is scalable to other series or brands of microcontrollers. The results show that the programmer has full control and direct access to the microcontroller's resources, the code is executed at acceptable speed, the instructions and records are easy to remember and the syntax errors are eliminated by one hundred percent.

***Keywords**: App, basic, assembly, microcontroller.*

Introducción

Uno de los desafíos de ahora, es la programación de sistemas microcontroladores para la operación de todo tipo de equipos, incluyendo electrodomésticos, automóviles eléctricos, dispositivos móviles y refrigeradores entre muchos otros.

En nuestra vida actual, en todos los ámbitos personales y laborales, interactuamos con estos dispositivos electrónicos tal como hornos de micro ondas, controles de aire acondicionado, licuadoras, elevadores, alarmas de vehículos, puertas electrónicas, computadoras, celulares, entre otros. Todos ellos, permiten que tengamos una vida bastante más cómoda y sencilla que antes, estos dispositivos incluyen en su interior a microcontroladores.

Sin embargo a pesar de lo poderosos y útiles que estos dispositivos resultan, para lograr explotar al máximo los microcontroladores, se requiere hacer una programación a nivel ensamblador y así aprovechar el gran poder que se tiene en la administración directa de los recursos del micro.

Esta programación, resulta complicada para quienes se dedican a esta actividad, porque los mnemónicos (palabras entendibles por un programador humano) de cada una de las familias de microcontroladores son diferentes, así que se debe realizar la programación consultando constantemente el manual, lo que convierte esta tarea en tediosa y lenta, además de plagada de errores.

Diferentes investigadores se han dado a la búsqueda de lograr facilitar el arduo trabajo de programar un microcontrolador en ensamblador. Por ejemplo, [Dolinay, Dostaleky y Vasek, 2007] diseñaron dos módulos educativos para lecciones sobre la programación de microcontroladores: un modelo de planta de calefacción con calentador controlado por microcontrolador y temperatura medida por un sensor inteligente y evaluada por el microcontrolador y un motor de Corriente Continua (CC), cuya velocidad y dirección se controlan mediante un microcontrolador y también se pueden medir las revoluciones por minuto (RPM). Para cada módulo se escribió una biblioteca de programa base (controlador) que permite el control del módulo sin un conocimiento profundo del hardware. Asimismo, Friza [2007] realiza un documento guía sobre cómo usar las fuentes de interrupción de los microcontroladores y también explica como incluir rutinas de ensamblador llamadas desde las funciones C sin un estudio que requiere mucho tiempo de enormes manuales y hojas de datos.

En otro trabajo, Al Mashhadany [2012] explora la implementación práctica de todos los experimentos de la programación del controlador de interfaz periférico (PIC, por sus siglas en inglés) y muestra resultados de simulación mediante un tablero entrenador del microcontrolador. Determina que el software entrenador para sistemas electrónicos y de control permite corroborar el rendimiento del microcontrolador a un menor costo con una adecuada precisión y mejor respuesta de velocidad.

Por otra parte, Vaugon, Wang, y Chailloux [2015] aportan el análisis realizado donde se muestra que los microcontroladores PIC son circuitos integrados programables de bajo costo, que consumen muy poca energía, pero son difíciles de programar debido a que hay muy pocos recursos disponibles. Tradicionalmente, se programan utilizando lenguajes de bajo nivel (por ejemplo, ensamblador o subconjuntos de C).

Posteriormente, en el CONCAPAN XXXVII [2017] se presentó un entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés*)* llamado MicroASM, una herramienta pedagógica desarrollada para la enseñanza del lenguaje ensamblador. Este simulador fue diseñado para admitir un subconjunto de instrucciones para las arquitecturas x86 y MIPS32, utilizando una interfaz de línea de comando simple, además permite la ejecución de un programa completo desde un archivo de texto. Así mismo, Zhu [2017] realizó un estudio en un grupo de estudiantes en la Universidad Estatal Metropolitana de Denver sobre el uso del IDE profesional µVision para programación en ensamblador de sistemas basados en procesadores ARM Cortex-M. Encontró que la mayoría de los estudiantes están a favor de usar µVision y están de acuerdo en que el uso de µVision tiene un impacto positivo en su aprendizaje.

En otro orden de ideas, Ferrel y Alfaro [2017] proponen la aplicación de la programación genética lineal multiobjetivo, para la generación automática de las rutinas del microcontrolador en ensamblador, para realizar las operaciones como: exploración de teclado matricial, inicialización del módulo LCD y visualización de caracteres en LCD, permitiendo generar programas, en algunos casos, con un tamaño de código más pequeño o un tiempo de ejecución más corto que los programas escritos por un programador humano.

Por otro lado, Microchip Technology Inc. [2018] presenta el IDE AVRStudio para microcontroladores Atmel, que tiene una arquitectura modular y permite la interacción con proveedores de software de terceros. Los complementos y otros módulos se pueden escribir y conectar al sistema.

Otros investigadores [Kadekar, Sohoni, y Craig, 2018] realizaron un estudio sobre el papel de los mensajes de error en el contexto de la enseñanza de programación en lenguaje ensamblador para los estudiantes que tienen experiencia previa limitada en programación. Este estudio investigó cómo un mensaje de error afecta el enfoque de los estudiantes para comprender el error y corregirlo. Así mismo, Cornelio, Fernández, González y Licea [2019] profundizan en la problemática que se enfrenta el programador al codificar en ensamblador y la necesidad de un

IDE con herramientas que faciliten la programación. Ellos presentan un IDE desarrollado en Java para Linux, que cuenta con varias herramientas que facilitan la reutilización de código y la detección de errores lo que permite agilizar el proceso a los desarrolladores.

Una de las tendencias principales en el uso de microcontroladores, es la gama de microcontroladores AVR (familia de microcontroladores Microchip), populares por ser el núcleo de procesamiento de las famosas tarjetas de prototipado Arduino. En este trabajo se propone una App para tableta y celular inteligente, la cual es un ambiente de programación-asistida a nivel ensamblador con formato de lenguaje Basic para microcontroladores AVR a fin de reducir errores de compilación y el tiempo de programación para el usuario final.

En este trabajo se estudiaron la arquitectura de un microcontrolador AVR y se analizaron y clasificaron el conjunto de instrucciones para microcontrolador AVR, se diseñó la estructura general de parámetros, sintaxis y semántica de las instrucciones en Basic para la generación del prototipo final en ensamblador y se estructuraron las relaciones lenguaje-ensamblador<>lenguaje-Basic generando un archivo especial de mapeo, mismo que puede ser creado para las diferentes marcas y modelos de microcontroladores.

Metodología

Materiales

Para las pruebas se empleó el microcontrolador Atmel® ATmega328P. Este es un microcontrolador metal-óxido-semiconductor complementario (CMOS, por sus siglas en inglés) de 8 bits de baja potencia basado en la arquitectura de conjunto de instrucciones reducidas (RISC, por sus siglas en inglés) AVR® [Atmel Corporation, 2015]. Una de sus características importantes es que puede ejecutar poderosas instrucciones en un solo ciclo de reloj, el ATmega328P alcanza rendimientos que se acercan a 1 millón de instrucciones por segundo (MIPS, por sus siglas en inglés) por MHz permitiendo al diseñador del sistema optimizar el consumo de energía en comparación con la velocidad de procesamiento.

La metodología para el desarrollo de la App [Mantilla, Ariza y Delgado, 2019] se basa en la conceptualización de las tecnologías y las metodologías ágiles para el desarrollo de software. Consta de cinco etapas: etapa de análisis, donde se obtienen y clasifican los requerimientos y se personaliza el servicio; etapa de diseño, se define el escenario tecnológico y se estructura la solución por medio de algún diagrama o esquema, integrando tiempos y recursos; etapa de desarrollo, cuando se implementa el diseño en un producto de software; etapa de prueba de funcionamiento, donde se emula y simula el producto ajustando detalles, se instala en equipos reales y se evalúa el rendimiento; y finalmente, en la etapa de entrega, se define el canal de distribución de la aplicación.

La App fue desarrollada empleando el framework Angular. Este framework [ANGULAR, 2019] es una herramienta que permite desarrollar aplicaciones para móviles y también para web. La App desarrollada presenta una interfaz gráfica para tableta y otra para celular.

Archivo JSON para App Basic 1-1

La App permite al usuario emplear bloques para codificar una instrucción, inicialmente en formato GW-Basic y posteriormente la traduce a una instrucción en ensamblador. Después de realizar un análisis de todas las instrucciones del microcontrolador, se generó un archivo que mapea una instrucción Basic a una instrucción ensamblador empleando los archivos de Notación de Objeto de JavaScript (JSON, por sus siglas en inglés). Un archivo JSON [Bray, T., 2017] define un pequeño conjunto de reglas de formato para la representación portátil de estructuras de datos. Mediante una estructura de este tipo se logró modelar el archivo de control.

Asignación de parámetros para una instrucción de suma

Un programa típico en ensamblador incluye la suma de dos valores, los cuales están en registros del microcontrolador. Por ejemplo, la instrucción en ensamblador:

Label: ADD Rd,Rr ; Comment

Se codifica en Basic como:

Label: Rd = Rd+ Rr ;Comment

 ISSN 2007-8102

En la App Basic 1-1 se accede al bloque de instrucción suma como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Instrucción suma en App Basic 1-1.

De acuerdo la instrucción, solo ciertos registros son válidos. Al emplear los "spinners" Rd Rr se obliga al programador a seleccionar solo los registros que están disponibles para dicha instrucción.

Asignación de parámetros para una instrucción del tipo if-then

Otra estructura de programación importante es la decisión, esto es, instrucción if-then. En ensamblador la instrucción se vería como:

Label: BRCS Label ; Comment

En Basic:

Label: if (Condition) then Label ; Comment

Y en App Basic 1-1 quedaría como se muestra en la figura 2.

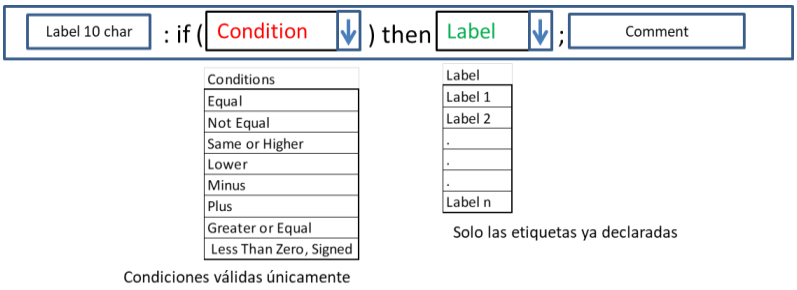


Figura 2. Instrucción if-then en App Basic 1-1.

Al igual que en la instrucción de suma, aquí se asegura que solo parámetros válidos sean empleados en "Condition" y en "Label".

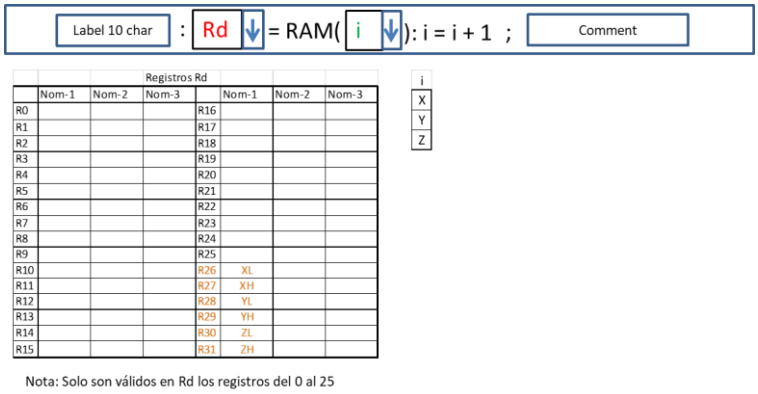


Figura 3. Instrucción que hace uso de memoria.

Asignación de parámetros de instrucción a memoria

Para recuperar información de memoria, en ensamblador un caso es, por ejemplo, la instrucción:

Label: LD Rd, X+ ; Comment

La misma instrucción en Basic, quedaría como:

Label: Rd = RAM(i) : i = i + 1 ; Comment

 ISSN 2007-8102

En App Basic 1-1 la instrucción se presenta en un bloque como el mostrado en la Figura 3. Observe que los registros Rd validos son R0 hasta R25. Los registros R26 a R31 son reservados para desplazamientos en la memoria principal.

Resultados y discusión

Etapas de desarrollo de la aplicación para el microcontrolador

La aplicación se denomina Basic 1-1 porque traduce una línea de instrucción en Basic a una línea de instrucción en ensamblador para el microcontrolador ATmega328P. La App requiere de la realización de tres etapas (como se muestra en la figura 4) para lograr la programación del microcontrolador.

En la primera etapa se capturan las instrucciones en la App Basic 1-1, la cual genera un archivo de salida en lenguaje ensamblador, listo para ser compilado. En seguida, en la segunda etapa, el código en ensamblador es compilado y traducido a un archivo hex u obj. Por último, en la tercera etapa, el archivo hex u obj será cargado en el módulo Arduino o pasa a un simulador, depurador o IDE ya existente. Observe estas tres etapas en la figura 4.

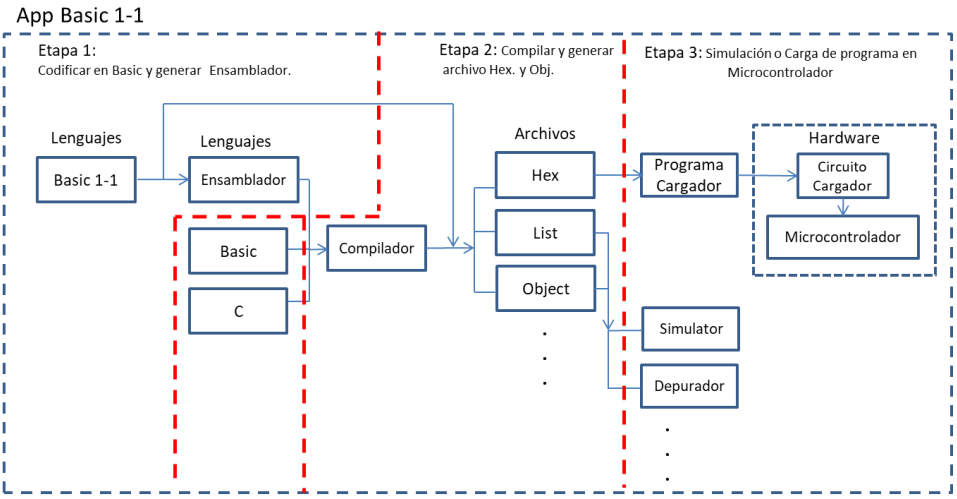


Figura 4. App Basic 1-1: etapas para programar un microcontrolador.

La App Basic 1-1 fue desarrollada usando el framework Angular. En la figura 5 se presenta el prototipo de la aplicación, donde se observa el código del usuario en Basic y el código equivalente en ensamblador.

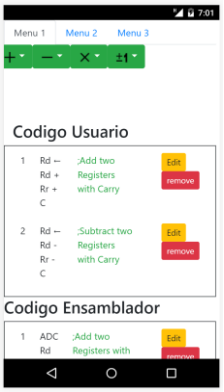


Figura 5. Interfaz gráfica de la App Basic 1-1 en celular.

 ISSN 2007-8102

El “Menu 1” es para realizar operaciones aritméticas como las mostradas en los “spinner” de color verde. Así, si el usuario desea dar de alta una operación aritmética, la selecciona y posteriormente se presenta una ventana emergente, como la mostrada en la figura 6 (ventana en primer plano), donde se espera la entrada de los registros a emplearse por la operación y luego se da click en guardar.

El “Menu 2” se refiere a operaciones lógicas y el “Menu 3” para realizar saltos (instrucciones tipo if-then en basic). En ambos casos también se despliegan otras ventanas emergentes para la entrada de la información requerida.

En la Figura 6 se muestra la entrada del código del usuario para realizar una suma. Observe como la ventana de la aplicación principal pasó a segundo plano y en primer plano se presenta la ventana para la entrada de los datos que requiere la operación aritmética.

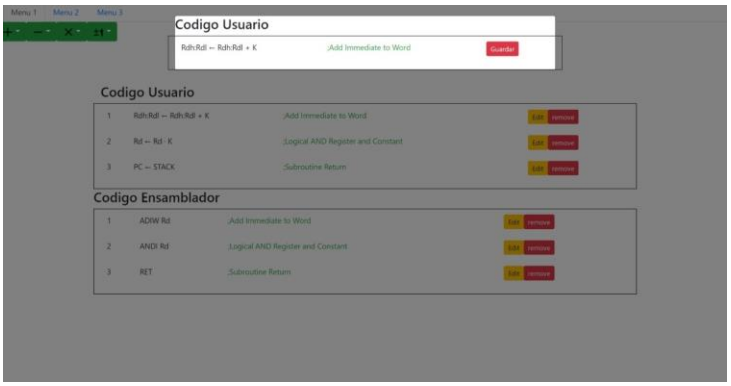


Figura 6. Captura del código del usuario en la App Basic 1-1 en la App para tableta.

Es importante resaltar que el usuario no necesita saber de memoria la sintaxis y los parámetros de la instrucción, ya que la App despliega la instrucción y solo permite elegir parámetros válidos para dicha instrucción, debido a esto podemos decir que las instrucciones son asistidas. El código en ensamblador es generado después de la entrada del código de usuario, se muestra en la segunda mitad de la ventana principal (Figuras 5 y 6).

Ventajas de la App Basic 1-1

Como se revisó en la bibliografía, la mayoría de los IDE para programar en ensamblador se basan en instrucciones de líneas de texto y la App Basic 1-1 se basa en instrucciones asistidas. En la tabla 1 se muestra una comparación de un IDE en ensamblador y la App Basic 1-1. La App Basic 1-1 permite la administración y acceso directo de los recursos del microcontrolador, los programas generados corren a velocidad máxima, es fácil recordar las instrucciones en Basic, la misma instrucción indica los parámetros que son válidos, se tiene cero errores de sintaxis, semántica y léxico.

Trabajo a futuro

Como se observa en la figura 4 la App Basic 1-1 requiere de tres etapas, actualmente se han alcanzado las dos primeras etapas (Codificación en basic y traducción a ensamblador para su compilación) y se está trabajando para lograr la tercera etapa: generar el archivo Hex y Obj para cargar el programa en el microcontrolador.

También se plantea el desarrollo de una aplicación para escritorio, con las mismas características que la de la App aquí descrita. Así mismo se espera generar un archivo de control para otras series de microcontroladores y probar su funcionalidad tanto en la App como en la aplicación de escritorio.

Conclusiones

La App Basic 1-1 es un paquete de software intuitivo que permite que la arquitectura del microcontrolador sea transparente al programador, ya que al realizar una programación asistida, donde en cada momento se le muestra

al programador la sintaxis y los parámetros válidos para cada instrucción, se logra abatir los errores de sintaxis en un cien por ciento.

Además, el archivo de control, el cual es una estructura de datos JSON diseñada para mapear una instrucción Basic en una instrucción en ensamblador, se diseñará para diferentes marcas o series de microcontroladores sin que se tenga que modificar el código de la App Basic 1-1.

Tabla1. Comparación de IDE en ensamblador y la App Basic 1-1.

IDE	Ventajas	Desventajas
Ensamblador	• Acceso directo de los recursos del microcontrolador. • Administración de los recursos por el Usuario. • Ejecución del Código a máxima velocidad.	• Instrucciones en formato Nemónicos • Dificultad para recordar y leer los Nemónicos. • Instrucciones basadas en líneas de Texto • Frecuentes errores de sintaxis, semántica y léxicos • 100% de instrucciones compiladas • Tiempo en consultar tablas de Instrucciones y Registros en manuales • Requiere varias o muchas instrucciones para ejecutar la mayoría de los procesos • Flujo y lógica de programación compleja
Basic 1-1	• Acceso directo de los recursos del microcontrolador. • Administración de los recursos por el Usuario. • Ejecución del Código a máxima velocidad. • Instrucciones en formato GW-Basic • Facilidad para recordar y leer las instrucciones. • Instrucciones asistidas. ▪ Cero errores de sintaxis, semántica, léxico. • Solo 6% de instrucciones son compiladas. • No requiere consultar tablas de Instrucciones y Registros en manuales.	• Requiere varias o muchas instrucciones para ejecutar la mayoría de los procesos

En este proyecto se diseñó de tal forma que una vez aplicado a un microcontrolador sea remplazado el diccionario de instrucciones (archivo de control en JSON) para que otro microcontrolador sea reconocido, reduciendo el tiempo de desarrollo, eliminando el total de errores de sintaxis y errores de semántica, ya que las restricciones estarán contenidas en el archivo de control.

Agradecimientos

Gracias al Instituto Tecnológico de Piedras Negras por las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo y el apoyo para la continuidad del mismo.

Referencias

1. Al Mashhadany, Y.I. (2012). Design and implementation of electronic control trainer with PIC microcontroller. Intelligent Control and Automation, 3(03), 222. Recuperado el 19 de Junio de 2019 de https://www.researchgate.net/profile/Yousif_Al-Mashhadany/publication/232031702_ICA20120300003_43388060/links/0fcfd5072ba0b75345000000/ICA20120300003-43388060.pdf

2. ANGULAR. (2019). ANGULAR. One framework. Mobile & desktop. Recuperado 5 agosto, 2019, de https://angular.io
3. Atmel Corporation. (2015). ATmega328P, 8-bit AVR Microcontroller with 32 Kbytes In-System Programmable Flash, DATASHEET. Microchip. Atmel Corporation. Recuperado en 19 de junio de 2019 de http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf
4. Bray, T. (2017). The Java Script Object Notation (JSON) Data Interchange Format, STD90, RFC8259, DOI10.17487/RFC8259, December 2017.Recuperado el 19 de junio de 2019, de https://www.rfc-editor.org/info/rfc8259.
5. Benoıt Vaugon, Philippe Wang, and Emmanuel Chailloux. (2015). Programming Microcontrollers in OCaml: The OCaPIC Project. Springer International Publishing Switzerland. Recuperado el 19 de Junio de 2019 de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19686-2_10
6. CONCAPAN XXXVII.(2017). MicroASM: Academic simulator for x86 and MIPS32 assembly language, 2017 IEEE 37th Central America and Panama Convention. doi: 10.1109/CONCAPAN.2017.8278463. Recuperado el 19 de Junio de 2019 de http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8278463&isnumber=8278456
7. Cornelio, O. M., Fernández, Y. P., González, J. C. F., & Licea, D. R. (2019). Entorno Integral de desarrollo para lenguaje en ensamblador basado en los servicios de Linux. Recuperado el 3 de Septiembre de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Omar_Mar_Cornelio/publication/264384218_Entorno_Integral_de_desarrollo_para_lenguaje_en_ensamblador_basado_en_los_servicios_de_Linux/links/53e4aa880cf2fb748710da35.pdf
8. Dolinay, J., Dostalek, P., & Vasek, V. (2007). Educational models for lessons of microcontroller programming. In Proceedings of 11th International research/expert conference TMT2007 (pp.1447-1450). Recuperado el 19 de Junio de 2019 de http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.402.3345&rep=rep1&type=pdf
9. Ferrel Serruto, W. , Alfaro Casas, L. (2017). “Automatic Code Generation for Microcontroller-Based System Using Multi-objective Linear Genetic Programming”, *2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, Las Vegas, NV, USA, 2017. Recuperado el 3 de septiembre de 2019 de https://ieeexplore.ieee.org/document/8560802. DOI**:** 10.1109/CSCI.2017.47
10. Fryza, T. (2007). “Basic C Code Implementations for AVR Microcontrollers”, *2007 14th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing and 6th EURASIP Conference focused on Speech and Image Processing, Multimedia Communications and Services*, Maribor, Slovenia, 2007, pp 434-437. Recuperado el 3 de septiembre de 2019 de https://ieeexplore.ieee.org/document/4381134**.** DOI**:** 10.1109/IWSSIP.2007.4381134
11. Mantilla, M. C. G., Ariza, L. L. C., & Delgado, B. M. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Tecnura*, *18*(40), 20-35. Recuperado el 3 de Septiembre de 2019, de https://www.redalyc.org/pdf/2570/257030546003.pdf
12. Microchip Technology Inc.(2018). Atmel Studio 7 User Guide. Microchip. Recuperado en 19 de junio de 2019 de http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-Studio-7-User-Guide.pdf
13. Kadekar, H. B. M., Sohoni, S. and Craig, S. D. (2018). "Effects of Error Messages on Students’ Ability to Understand and Fix Programming Errors," *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, San Jose, CA, USA, 2018, pp. 1-8. Recuperado el 3 de Septiembre de 2019 de http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8658629&isnumber=8658371, DOI: 10.1109/FIE.2018.8658629
14. Zhu, W. (2017), “Teaching assembly programming for ARM-based microcontrollers in a professional development kit”, *2017 IEEE International Conference on Microelectronic Systems Education (MSE)*, Lake Louise, AB, Canada, 2017, pp 23-26.Recuperado el 3 de septiembre de 2019 de https://ieeexplore.ieee.org/document/7945077, DOI**:**10.1109/MSE.2017.7945077

La Web Semántica para proponer un modelo para Gobierno Abierto

M.S. Flores Alarcón[1], C.J. Torrero Flores[2], B.A. Salazar Castro[3], L. Hamdan Medina[3], S.M. Flores Barajas[3]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Laguna, Blvd. Revolución y Calzada Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Col. Centro, C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México
[2]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Laguna, 27000, Torreón, Coahuila, México
[3]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Laguna, 27000, Torreón, Coahuila, México
**msfloresa@correo.itlalaguna.edu.mx*
***Área de participación**: Sistemas y Computación*

Resumen

Se presentan los resultados de un estudio exploratorio en datos que diferentes organismos públicos presentan en el portal datos.gob.mx, después que México se unió a la iniciativa de Gobierno Abierto a partir del 2011. Se encontró que cerca de 280 instituciones han publicado más de 40,000 archivos con indicadores de diferente índole. Además de Gobierno Abierto los diferentes organismos cuentan con un portal web en el cual también se pueden encontrar datos que se podrán recolectar, preparar y analizar de manera distribuida para enriquecer el conocimiento que éstos proporcionan individualmente. Se seleccionó un dataset de la SEP y otro de CONEVAL, para proporcionar un modelo del dominio en RDF, que permita explotar la información que contienen estos dos archivos. Se deja para trabajo futuro presentar el modelo del dominio en OWL y capturar su lógica en algún programa que acepte el lenguaje de OWL.

***Palabras clave**: Gobierno Abierto, Web Semántica, Modelo del dominio, RDF*

Abstract

The results of an exploratory study are presented in data that different public bodies present on the portal datos.gob.mx, after Mexico joined the Open Government initiative from 2011. It was found that nearly 280 institutions have published more than 40,000 files with different indicators. In addition to Open Government, the different agencies have a web portal in which you can also find data that can be collected, prepared and analyzed in a distributed way to enrich the knowledge that they provide individually. A SEP dataset and a CONEVAL dataset were selected to provide a domain model in RDF, which allows the information contained in these two files to be exploited. It is left to future work to present the domain model in OWL and capture its logic in some program that accepts the language of OWL.

***Key words**: Open Government, Semantic Web, Domain model, RDF.*

Introducción

La existencia de las redes sociales y el cómputo en la nube ha generado una gran cantidad de datos. Encontrando en la actualidad datos más complejos, datos que no tienen una estructura homogénea, hay más diversidad de ellos y es necesario acceder a ellos más rápidamente. A partir de esta noción de una gran cantidad de datos, el Big Data se caracteriza por ser un gran volumen de datos, difícil de recolectar, guardar y analizar, además de representar una oportunidad para encontrar conocimiento útil de ellos [1].

Muy recientemente los gobiernos en un intento de ser más transparentes, rendir cuentas y mejorar la capacidad de respuesta de sus ciudadanos, con la intención de hacerlos más eficaces han conformado la Alianza para el Gobierno Abierto a partir del año 2011. Año en el cual la iniciativa fue apoyada por ocho países y que a la fecha

se han sumado países para llegar a la suma de 79. La mayoría de ellos de América, Europa y Oceanía, entre ellos México, como país fundador [2].

México se ha comprometido con un conjunto de objetivos, traducidos a herramientas, con la finalidad de que los ciudadanos conozcan las prácticas en la administración pública. Con estas herramientas es posible que el ciudadano pueda conocer las actividades y acceder a la información, bases de datos o aplicaciones que ejecutan los gobiernos. Así el portal "gob.mx" permite la consulta de información y la realización de trámites a los ciudadanos. Otro programa nacido de esta iniciativa es el de "Regulación clara y transparente" en donde se consultan documentos normativos obligatorios en el marco regulatorio nacional. E igual dentro de la iniciativa gobierno abierto se localizan los programas: Normas Accesibles, Registro de Detenidos, Base de Datos de Personas Desaparecidas, Padrón Abierto de Beneficiarios, Compras Abiertas, Compras Inteligentes, Gasto Abierto: Obra Pública, Impuestos Abiertos, y muchos más hasta llegar a un total de 26 programas [3]. Todos estos programas generan una gran cantidad de datos, por ejemplo, en el portal "Datos Abiertos", el cual se puede acceder en http://datos.gob.mx, presenta el catálogo de Datos Abiertos del Gobierno de la República. En él se publican 40,727 datos de 280 instituciones. En su página principal se presentan los datos que están siendo actualizados en tiempo real y los formatos de los archivos con los cuales se puede acceder a ellos son: xml y json, además de existir datasets en formatos: pdf, csv, zip, xlsx, así como en formato shape, vnd, Google earth, mapas de Google maps, arcgis, rar, kml. Shp, entre otros [4].

Metodología

Descripción del Método

Aún y cuando la Web Semántica y el programa Gobierno Abierto, dieron inicio hace varios años, los estudios que existen relacionados con Gobierno Abierto son pocos, sin embargo, los datos que se han dispuesto en diferentes portales se han incrementado, por lo que se llevó a cabo un estudio exploratorio en diferentes portales de gob.mx y del portal de la World Wide Web Consortium (w3c). En ellos se localizaron datasets de diferentes plataformas de gobierno abierto de México, así como los estándares globales, herramientas que se han establecido para dar solución a búsquedas más exactas en plataformas en Internet y un modelo de ciclo de vida de archivos datasets.

Una vez que se ha familiarizado con la problemática que presenta el revisar y analizar los diferentes datasets de Gobierno Abierto, se realizó una descripción de los datos y sus relaciones, de dos organismos públicos, definiendo y capturando el modelo conceptual con el lenguaje RDF, además de revisar herramientas necesarias para la construcción de datos ligados y una búsqueda más eficaz en los datasets de Gobierno Abierto [5, 3].

Herramientas y Aplicaciones Descubiertas

Linked Data.
Plataforma Web administrada por Tom Heat y la comunidad de Linked Data. En ella se relacionan datos, que no estaban previamente ligados, en un esfuerzo para exponer, compartir y conectar datos, información y conocimiento utilizando los estándares de la Web Semántica, lo cual incluye el uso de URI´s y RDF, de datasets de geografía, gobierno, ciencias de la vida, lingüística, media, publicaciones, redes sociales y aquellas creadas por diferentes usuarios, creando la nube de datos abiertos ligados. Inicia en el 2007 con 12 dataset y para marzo del 2019, cuenta con 1,239 datasets con 16,147 ligas (Figura 1) [6].

Vocabularios Globales.
En el tutorial de "Como publicar datos ligados en la Web", se exponen varios conceptos como: principios básicos, selección de URI´s, vocabularios a utilizar para representar información, entre varios conceptos. En el caso de los vocabularios existe un número de vocabularios que han sido desarrollados por la comunidad de la Web Semántica, los cuales se pueden utilizar en datos de nuestro vocabulario y solamente definir nuevos en caso de que los términos no se puedan describir con los ya existentes, entre los más conocidos se encuentran: 1) Friend of a Friend (FOAF), vocabulario para describir gente, 2) Dublin Core (DC), define atributos de metadatos en general, 3) Semantically-interlinked Online Communities (SIOC), vocabulario para representar comunidades online, 4) Description of a project (DOAP), vocabulario para describir proyectos, 5) Simple Knowledge

 ISSN 2007-8102

Organization System (SKOS), vocabulario para representar taxonomías y conocimiento débilmente acoplado, 6) Music ontology, proporciona términos para describir artistas, álbumes y pistas, 7) Review Vocabulary, vocabulario para representar revisiones, 8) Creative Commons (CC), vocabulario para describir términos de licenciamiento. Si se trabajará sobre áreas de interés más específicas, como lugares geográficos, áreas de investigación, artistas, libros, CD´s, es más conveniente visitar el sitio “W3C SWEO Linking Open Data” [7].

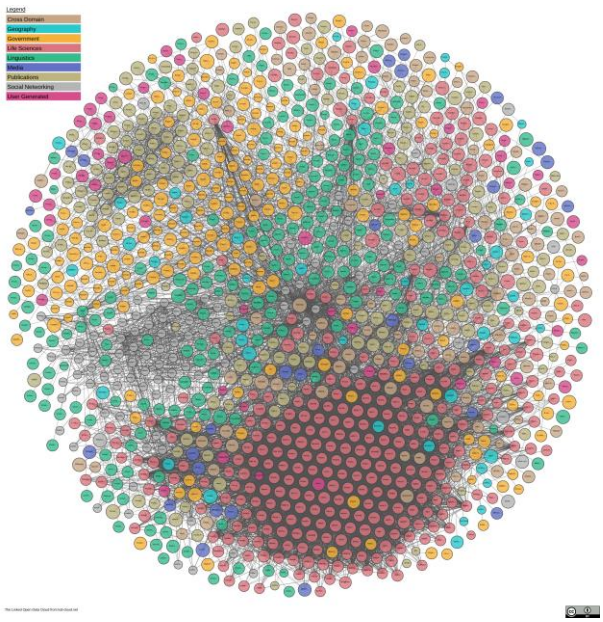


Figura 1. Diagrama en la nube LOD de datasets publicados en formato Linked Data (fuente Linked Data Community).

Json-LD.
La W3C lleva a cabo un estudio de prácticas y herramientas para la estandarización de datos en la Web. En este estudio, se encontró que el formato de serialización de datos ligados Json-LD es más popular que cualquier otro formato, seguido por Turtle, quedando muy por atrás otros formatos como n-triples y n-quads [8].

Json-LD, está siendo desarrollado por el grupo de trabajo W3C Json-LD. Es un formato fácil de leer y escribir para los humanos. Su éxito se deriva a que está basado en el formato Json, ayudando a la interoperabilidad en escala Web. Es ideal para ambientes de programación, servicios Web REST y para bases de datos no estructuradas como CouchDB y MongoDB [9].

Microdatos
Una alternativa a utilizar RDFa y microformatos lo representan los microdatos, los cuales son una especificación de HTML para incorporar metadatos en el contenido de las páginas web, de esta manera aplicaciones informáticas podrán extraer información, para proporcionar una mejor experiencia al usuario. Los microdatos con conjuntos de nombre-valor asignan valores a los elementos HTML [10].

Protégé
Una ontología puede ser creada usando diferentes programas. Algunos de licencia comercial y otros de licencia libre. Las aplicaciones localizadas también varían, según el lenguaje bajo el cual se construye la ontología. Algunos programas tienen su propio lenguaje, mientras que otros están basados en lenguajes estándares como OWL. Un programa muy utilizado para generar ontologías es Protégé, desarrollado por la Universidad de Stanford, el cual es libre y puede ser instalado en varias plataformas, además de existir una versión web. En Protégé se captura la ontología y se puede obtener en varios formatos: Turtle, OWL/RDF, funcional, Latex, OWL/XML [11].

Web Ontology Language (OWL), Resource Description Framework (RDF)

El estándar Resource Description Framework (RDF) permite establecer relaciones entre nodos XML, a diferencia de XML que solo permite denotar relaciones de padre a hijo, sin embargo, en XML no es posible definir relaciones entre elementos. Así RDF es un esquema XML usado para proporcionar un marco de trabajo para datos en un formato XML permitiendo que se puedan definir relaciones entre los nodos XML.

El caso de OWL, es un lenguaje diseñado para representar conocimiento con un conjunto de expresiones lógicas más complejas, de tal forma que pueda ser explotado por programas de computadoras, ya sea para verificar la consistencia del conocimiento o para ser explotado por computadoras. OWL es parte de la pila de la Web Semánticas e incluye RDF, RDF´s, SPARQL [12] [13].

Modelado de Ciclo de Vida
Los modelos de ciclo de vida permiten descubrir los objetos de datos, utilizando un conjunto de etapas ordenadas en el tiempo. Ello permitirá administrar las actividades de datos abiertos. Un ejemplo lo representa LOD2. El cual da soporte al ciclo de vida de los datos ligados, constando de: extracción, enriquecimiento, interligado y fusión para mantenimiento. Esta aplicación toma en cuenta tanto el lado del proveedor como el lado de la demanda. Comúnmente los pasos de un ciclo de vida de datos son los siguientes: a) selección de datos, b) programación de datos, c) publicación de datos, d) interligado de datos, e) descubrimiento de datos, f) reuso de datos [14].

Resultados y discusión

datos.gob.mx

Las diferentes instituciones del gobierno federal, estatal y municipal publican datos en el portal “datos.gob.mx”. En la actualidad se cuenta con 40,727 datos de 280 instituciones, todos ellos publicados en formatos diferentes, como texto plano, xml, json, xlsx entre otros.

Se buscaron dos datasets de diferentes instancias de gobierno. Una de ellas fue localizada dando el dato de la institución, en este caso “SEP”, arrojando varios indicadores, de los cuales se seleccionó “Tasa de Abandono Escolar por Nivel Educativo de SEP”. El cual proporciona información del porcentaje de alumnos que abandona la escuela respecto a la matricula total, durante el tránsito de un ciclo escolar a otro. Cuenta con 55,121 registros, de los 32 estados, con información de sus respectivos municipios. Los datos abarcan del año 2011 al 2014, con información del nivel primaria al nivel medio superior en sus diferentes modalidades, En la Figura 2 se visualiza el archivo en el programa Excel, del cual podemos observar que la información que proporciona es: entidad, nivel, servicio número de municipio, nombre del municipio, ciclo escolar, matrícula total en el año n, matricula total en el año n+1, abandono. Hay dos columnas de las cuales se desconoce su significado, ellas son: Nl1n+1 y EGRTn, esta última podría interpretarse como egresados en el año n y NI1n+1 también podría interpretarse como Nuevo Ingreso en el nivel 1 en el año n+1. Se desconoce la fórmula para calcular la tasa de abandono escolar, solo se presume que tiene un valor negativo si la matricula se incrementa (no hay abandono), y un valor positivo si la matrícula se decrementa de un año al otro. Se observa también que se incorporó a entidad el valor numérico que identifica al estado, así como en el nivel de primaria y el servicio. Por lo que habría que preparar los datos antes de poder relacionarlos con otros datasets.

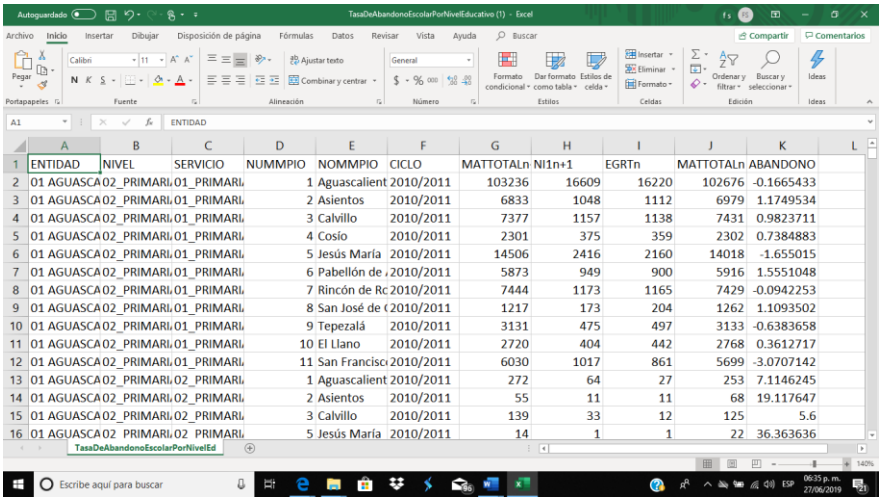
Si se quisiera hacer una correlación o tratar de relacionar la información de deserción con la pobreza extrema de los estados, CONEVAL publica el dataset “Pobreza extrema nacional y estatal 2010-2012”. Es un dataset de pocos datos ya que solo incluye la información por estado (Figura 3). En su portal proporciona información por municipio (Figura 4) [15], por lo que habría que utilizar la información de tres grupos de datos y poder relacionarlos para localizar o relacionar datos.

Modelo del Dominio con RDF Schema

A partir del Blog: Semántica en la Web [16], se siguieron las directrices para elaborar el modelo del dominio de los datasets descritos en párrafos anteriores, utilizando el vocabulario RDFS. El primer paso propuesto es el de definir los prefijos que se van a utilizar:

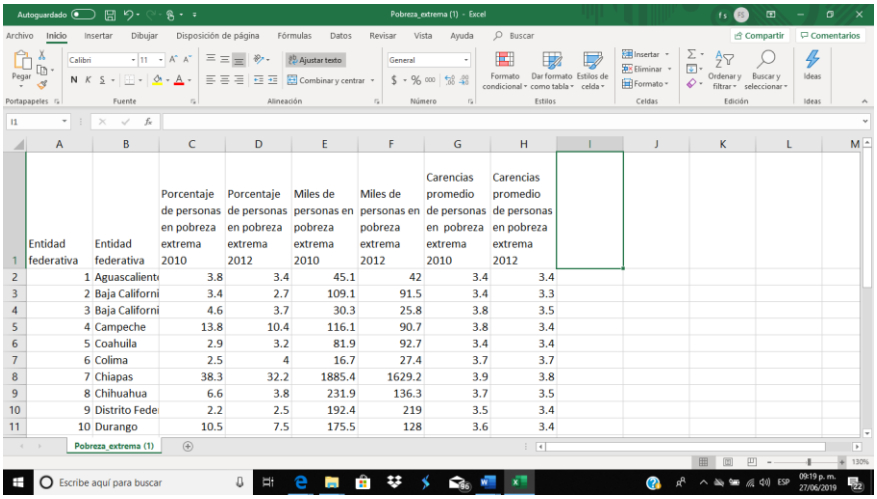
 ISSN 2007-8102

```
@prefix rdf:  <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix ex:   <http://www.ejemplo.org/> .
@prefix :     <http://www.ejemplo.org/vocabulario#> .
```



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ENTIDAD	NIVEL	SERVICIO	NUMMPIO	NOMMPIO	CICLO	MATTOTALn	NI1n+1	EGRTn	MATTOTALn	ABANDONO
2	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	1	Aguascalient	2010/2011	103236	16609	16220	102676	-0.1665433
3	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	2	Asientos	2010/2011	6833	1048	1112	6979	1.1749534
4	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	3	Calvillo	2010/2011	7377	1157	1138	7431	0.9823711
5	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	4	Cosío	2010/2011	2301	375	359	2302	0.7384883
6	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	5	Jesús María	2010/2011	14506	2416	2160	14018	-1.655015
7	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	6	Pabellón de /	2010/2011	5873	949	900	5916	1.5551048
8	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	7	Rincón de Ro	2010/2011	7444	1173	1165	7429	-0.0942253
9	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	8	San José de (	2010/2011	1217	173	204	1262	1.1093502
10	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	9	Tepezalá	2010/2011	3131	475	497	3133	-0.6383658
11	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	10	El Llano	2010/2011	2720	404	442	2768	0.3612717
12	01 AGUASCA	02_PRIMARI	01_PRIMARI	11	San Francisc	2010/2011	6030	1017	861	5699	-3.0707142
13	01 AGUASCA	02_PRIMARI	02_PRIMARI	1	Aguascalient	2010/2011	272	64	27	253	7.1146245
14	01 AGUASCA	02_PRIMARI	02_PRIMARI	2	Asientos	2010/2011	55	11	11	68	19.117647
15	01 AGUASCA	02_PRIMARI	02_PRIMARI	3	Calvillo	2010/2011	139	33	12	125	5.6
16	01 AGUASCA	02_PRIMARI	02_PRIMARI	5	Jesús María	2010/2011	14	1	1	22	36.363636

Figura 2. Datos de tasa de abandono escolar educativo



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Entidad federativa	Entidad federativa	Porcentaje de personas en pobreza extrema 2010	Porcentaje de personas en pobreza extrema 2012	Miles de personas en pobreza extrema 2010	Miles de personas en pobreza extrema 2012	Carencias promedio de personas en pobreza extrema 2010	Carencias promedio de personas en pobreza extrema 2012					
2	1	Aguascalient	3.8	3.4	45.1	42	3.4	3.4					
3	2	Baja Californi	3.4	2.7	109.1	91.5	3.4	3.3					
4	3	Baja Californi	4.6	3.7	30.3	25.8	3.8	3.5					
5	4	Campeche	13.8	10.4	116.1	90.7	3.8	3.4					
6	5	Coahuila	2.9	3.2	81.9	92.7	3.4	3.4					
7	6	Colima	2.5	4	16.7	27.4	3.7	3.7					
8	7	Chiapas	38.3	32.2	1885.4	1629.2	3.9	3.8					
9	8	Chihuahua	6.6	3.8	231.9	136.3	3.7	3.5					
10	9	Distrito Fede	2.2	2.5	192.4	219	3.5	3.4					
11	10	Durango	10.5	7.5	175.5	128	3.6	3.4					

Figura 3. Datos de pobreza extrema nacional/estatal 2010-2012.

En la definición, el prefijo rdf: se utiliza cuando el vocabulario es de rdf, en el caso de rdfs:, el prefijo se usa cuando utilizamos el vocabulario RDF Schema. En el caso del prefijo ex: se utiliza para definir las clases, propiedades, los datos y sus respectivas instancias. El prefijo : se utiliza para acceder al vocabulario que se va a utilizar.
De la información descrita de los datasets del portal .gob.mx, se procede a localizar las clases, en este caso identificamos:

- País
- OrganismosPublicos
- Estado
- Municipio
- Datasets
- Periodo
- Formato

 ISSN 2007-8102

- IndicadoresEstadisticos

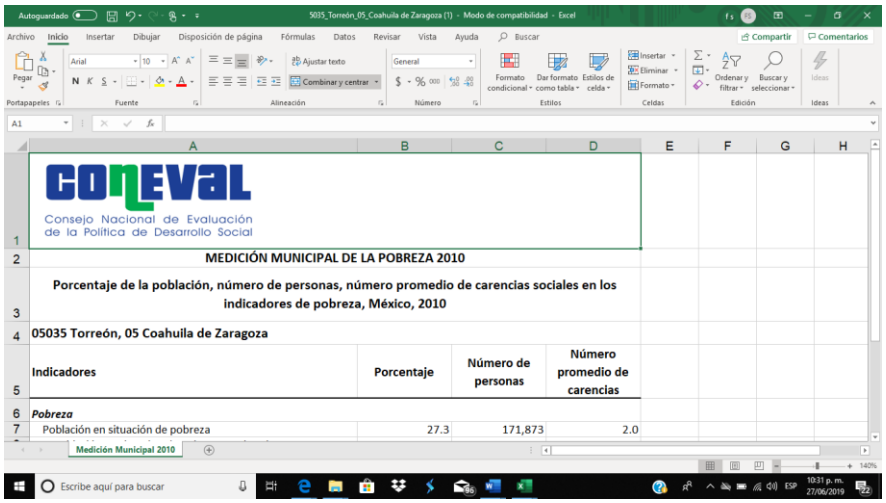


Figura 4. Datos de pobreza extrema municipal proporcionada por CONEVAL.

Las clases localizadas se expresan utilizando el vocabulario RDFS

:país	rdf:type	rdfs:Class .
:organismosPublicos	rdf:type	rdfs:Class .
:estado	rdf:type	rdfs:Class .
:municipio	rdf:type	rdfs:Class .
:datasets	rdf:type	rdfs:Class .
:periodo	rdf:type	rdfs:Class .
:formato	rdf:type	rdfs:Class .
:indicadoresEstadisticos	rdf:type	rdfs:Class .

Las clases se relacionan entre sí, en el caso de RDF, se le conoce como propiedad. Así se descubrieron las siguientes propiedades:

- administradoPor
- constituido
- aglutina
- informaDe
- emiten
- conFrecuencia
- tipoFormato
- contiene

Las propiedades también se expresan con los vocabularios definidos

:administradoPor	rdf:type	rdfs:Property .
:constituido	rdf:type	rdfs:Property .
:aglutina	rdf:type	rdfs:Property .
:emiten	rdf:type	rdfs:Property .
:conFrecuencia	rdf:type	rdfs:Property .
:tipoFormato	rdf:type	rdfs:Property .
:contiene	rdf:type	rdfs:Property .
:informaDe	rdf:type	rdfs:Property .

El siguiente paso consiste en encontrar instancias de las clases descubiertas:

- México es una instancia de país

- México es administrado por organismos públicos
- México está constituido administrativamente por estados
- Un estado es Aguascalientes
- Los estados aglutinan administrativamente a municipios
- Un municipio es Calvillo (forma parte de Aguascalientes)
- La SEP es un organismo público (de México)
- La CONEVAL es un organismo público (de México)
- La SEP emite datasets
- La CONEVAL emite datasets
- Un dataset es "Tasa de Abandono Escolar por Nivel Educativo de SEP"
- Un dataset es "Pobreza extrema nacional y estatal 2010-2012" (lo publica CONEVAL)
- Tasa de abandono escolar por nivel educativo tiene una periodicidad anual
- Pobreza extrema nacional y estatal tiene una periodicidad bianual
- Tasa de abandono escolar por nivel educativo tiene un tipo de formato csv
- Pobreza extrema nacional y estatal tiene un tipo de formato xls
- Tasa de abandono escolar contiene el indicador abandono
- Pobreza extrema nacional y estatal contiene el indicador porcentaje pobreza
- Un indicador estadístico informa de un municipio

Finalmente se pueden expresar estas instancias en formato RDF, a continuación, se presentan los primeros ejemplos de las instancias descubiertas:

```
ex:México            rdf:type          :pais .
ex:México            :administradoPor  :organismosPublicos .
ex:México            :constituido      :estado .
ex:Aguascalientes    :rdf:type         :estado .
```

La apertura de los daros se basará en los cuatro principios de Linked Data. Entre los pasos que se completaron del ciclo de vida del modelado se encuentra: creación de datos, selección de datos, establecimiento de los requerimientos. De manera parcial se realizaron los pasos: armonización de datos e interligado de datos. Completando la fase de identificación y trabajando parcialmente en la preparación y las siguientes fases del modelado de ciclo de vida de Linked Data.
Por otro lado se está trabajando con Protégé y Jena, para establecer el modelo de dominio de los datos ligados-

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro faltaría incorporar la taxonomía de las clases y de las propiedades, descubrir las características de las propiedades de tal manera que se pueda inferir conocimiento más amplio del dominio investigado. Y en una segunda etapa utilizar OWL, para representar el domino descrito con RDF. Empezar a construir y validar consultas con SPARQL que muestren los resultados y la navegación entre los datos, lo cual se pretende hacer con LOD Cloud.

Conclusiones

A partir de la adición a la iniciativa de Gobierno Abierto, una gran cantidad de información ha sido publicada en el portal ".gob.mx", específicamente en la dirección web "datos.gob.mx". Los criterios para publicar indicadores de los diferentes organismos públicos que administran al país no se encuentran estandarizados, ni para el tipo de formato del archivo que contiene los datos, ni en la forma de presentar la información, ni es explícita la metodología que utilizan para calcular los indicadores que presentan, pero una vez descubiertos los datos de interés estos pueden tener un tratamiento previo para que se puedan descubrir y relacionarse con otros datasets distribuidos e inferir conocimiento de ellos. En particular se puede utilizar el modelo del dominio descubierto para dos instancias de gobierno para otros casos, de tal manera que se pueda obtener información más completa. No se ha escrito nada de la fecha en que están publicados, sin embargo, los dos datasets revisados datan del año

2010 al año 2012, sería conveniente solicitar información más actualizada, para presentar conocimiento más actualizado.

Agradecimientos

Gracias al apoyo otorgado en 2018 por el Tecnológico Nacional de México, ha sido posible el desarrollo del proyecto, así como la publicación de los resultados.

Referencias

[1] K. Park, M. Chau Nguyen and H. Won, "Web-based Collaborative Big Data Analytics on Big Data as a Service Platform," in *ICACT 2015 - 18TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED COMMUNICTIONS TECHNOLOGY* , PYEONGCHANG, 2015.

[2] Open Government Partnership, "Participants," 13 02 2019. [Online]. Available: https://www.opengovpartnership.org/participants.

[3] Alianza para el gobierno abierto, "Resultados," 15 02 2019. [Online]. Available: gobabiertomx.org/resultados/.

[4] gob.mx, "Descubre Datos Abiertos de tu gobierno," 02 04 2019. [Online]. Available: https://dato.gob.mx.

[5] R. Hernández, C. Fernández and P. Baptista, Metodología de la Investigación, Lima, Perú: Mc Graw Hill, 2010.

[6] Linked Data Community, "Linked Data - Connect Distributed Data across the Web," 23 03 2019. [Online]. Available: linkeddata,org/home.

[7] C. Bizer, R. Cyganiac and T. Heath, "How to Publish Linked Data on the Web," 27 07 2007. [Online]. Available: wifo5-03.informatik.uni-mannheim.de/bizer/pub/LinkedDataTutorial/.

[8] D. Raggett, "W3C Study of Practices and Tooling for Web Data Standardisation," 1 12 2017. [Online]. Available: https://www.w3.org/2017/12/odi-study/.

[9] W3C Json-LD Working Group, "JSON for Linking Data," 01 03 2019. [Online]. Available: https://json-ld.org/.

[10] MDN web docs moz://a, "Microdatos," 15 02 2018. [Online]. Available: https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML/Microdatos.

[11] Protégé, "A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems," 20 06 2017. [Online]. Available: https://protege.stanford.edu.

[12] W3C Semantic Web, "Resource Description Framework," 30 06 2017. [Online]. Available: https;//www.w3.org/RDF.

[13] W3C Semantic Web, "Web Ontology Language," 20 06 2017. [Online]. Available: https://www.w3.org/OWL/.

[14] A.-M. Rihab Fahd Al-Mutawa and A.-A. Arwa Yousuf , "Linked Open Data Life Cycle," in *International Journal of Computer Applications* , 2017.

[15] CONEVAL, "Medición de la pobreza en México a nivel municipal," 12 06 2019. [Online]. Available: https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Informacion-por-Municipio.aspx.

[16] M. Á. Abián, "Semántica en la Web," 27 10 2015. [Online]. Available: https://web-semantica-mec.blogspot.com/2015/10/215-modelando-un-dominio-con-rdf-schema.html.

PREDEV: Plataforma para la Prevención y Monitorización de casos de Discriminación en el Estado de Veracruz

N. A. Cruz-Ramos[1], D. González-Díaz[2], E. M. Landa-Huerta[3], J. C. Rojas-Huerta[4], R. L. Garcés-Tello[5],
Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz,
Av. Universidad, No. 350, Localidad Dos caminos, C.P. 94910, Cuitláhuac, Veracruz, México.
[1]nancy.cramos5@gmail.com, [2]danielgd08@gmail.com, [3]eva_20702@hotmail.com, [4]jcrh1410@gmail.com,
[5]alfagarces52@gmail.com
Área de participación: *Ingeniería en Sistemas Computacionales*

Resumen

De acuerdo con un estudio realizado por el Consejo Nacional para prevenir la Discriminación (CONAPRED), México es uno de los países con mayor número de personas que sufren este problema, ya que siete de cada diez mexicanos han experimentado episodios de discriminación. El estado de Veracruz ocupa el tercer lugar a nivel nacional con más del 60% de la población denunciando casos. Ante los altos índices reportados, diversas instituciones hacen esfuerzos por combatirla a pesar de desconocer específicamente en donde ocurren situaciones de desigualdad. Por lo anterior, se propone desarrollar una plataforma que ofrezca un mapa estadístico del estado en donde se presenten porcentajes de discriminación clasificados por tipo; y sirva como apoyo a las instituciones veracruzanas para identificar los casos denunciados para dar el seguimiento oportuno mediante diversas actividades que sensibilicen a la población acerca de las consecuencias de practicar este acto.

Palabras clave*: Discriminación, Prevención, Monitorización, Plataforma Web*

Abstract

According to a study conducted by the Consejo Nacional para prevenir la Discriminación (CONAPRED), Mexico is one of the countries with the largest number of people suffering from this problem, since seven out of ten Mexicans have experienced episodes of discrimination. The state of Veracruz ranks third nationally with more than 60% of the population reporting cases. Given the high rates reported, various institutions make efforts to combat it despite not knowing specifically where situations of inequality occur. Therefore, it is proposed to develop a platform that offers a statistical map of the state where discrimination percentages are classified by type. And serve as support to the institutions of Veracruz to identify the reported cases to provide timely follow-up through various activities that sensitize the population about the consequences of practicing this act.

Key words: *Discrimination, Prevention, Monitoring, Web Platform*

Introducción

En el último estudio realizado por la Encuesta Nacional sobre Discriminación en México, el 60% de la población considera que los jóvenes son irresponsables; alrededor del 40% piensa que los pobres se esfuerzan poco por dejar de serlo y más del 30% cree que, si las personas indígenas son pobres, es debido a su cultura (ENADIS, 2017). En Veracruz, los porcentajes no son favorables ya que la discriminación que ocurre posiciona al estado en el 3er lugar a nivel nacional. Además, se ha detectado que las principales causas de discriminación son las preferencias sexuales, la pobreza, personas indígenas y personas con enfermedades como VIH (CONAPRED, 2017).

Ante los altos índices de discriminación, diversas instituciones luchan todos los días por erradicar este problema que muchas veces la sociedad asume como una conducta normal (Soluciones Web, 2017) (El Comercio, 2017) (COPRED, 2018). Sin embargo, para estas instituciones es difícil identificar los casos de discriminación latentes y saber en qué lugares se presentan ya que esa información proviene de las denuncias anónimas que hacen algunas personas y noticias que se publican en los medios de comunicación. Así mismo, existen encuestas como

la ENADIS que se realizan de forma periódica con el fin de obtener la estadística de discriminación en México, la desventaja es que esa información se torna obsoleta y no brinda un panorama real de la situación actual que se vive en este país.

Por lo anterior, se propone desarrollar una plataforma que sirva como apoyo a las instituciones que combaten la discriminación en el estado de Veracruz para identificar la estadística y los casos de desigualdad en tiempo real y dar el seguimiento a través de campañas, conferencias y talleres que sensibilicen a la población acerca de las consecuencias que provocan los actos discriminatorios.

Metodología

El proceso de desarrollo de la plataforma PREDEV siguió las fases de la metodología RUP. Las actividades realizadas en cada fase se describen a continuación:

Incepción

Durante la primera fase se realizó una investigación de los trabajos relacionados con PREDEV para identificar sus ventajas y desventajas, así como, aprovechar las áreas de oportunidad para fortalecer la plataforma propuesta. Se encontró que actualmente en México, existen aplicaciones que brindan estadística obtenida de las encuestas nacionales y que los datos se encuentran desactualizados por la logística llevada a cabo para la recolección de información. Además, aunque existen aplicaciones móviles que brindan la opción de denuncia ciudadana ante casos de discriminación, no están vinculadas con instituciones que den el seguimiento a los casos detectados, por lo tanto, esos reportes no resultan efectivos en el combate a eliminar esas situaciones de desigualdad, sólo funcionan como un indicador. Por lo anterior, se concluyó que la plataforma PREDEV brinda un valor agregado respecto a los proyectos similares encontrados, ya que, al contar con la colaboración de instituciones se garantiza el seguimiento de forma oportuna a los casos de discriminación identificados. Las instituciones conocerán la ubicación exacta de las dependencias en donde se haya manifestado el suceso de discriminación para brindar la atención a través de diversas actividades con el objetivo de concientizar y evitar la reincidencia de actos discriminatorios.

Elaboración

En la fase de elaboración se diseñó la arquitectura de la plataforma PREDEV la cual consta principalmente de los siguientes elementos:

- Plataforma Web. Cuenta con una sección de contenido multimedia (fotos y videos) con el objetivo de sensibilizar a la población acerca de las consecuencias provocadas por los actos asociados a cualquier tipo de discriminación. Así mismo, en la página principal aparecen las últimas noticias reportadas en los medios de comunicación de mayor impacto en México relacionadas con discriminación y mensajes para concientizar e invitar a la población a denunciar actos discriminatorios mediante PREDEV, ingresando datos como: la descripción del caso, tipo de discriminación, fecha, hora y lugar del suceso. En otra sección, se encuentra el formulario de registro para las instituciones interesadas en colaborar con este proyecto, las cuales deberán seguir un proceso de revisión para garantizar que sea una dependencia segura que no haga mal uso de la información. Finalmente, la plataforma brinda un mapa estadístico del estado de Veracruz segmentado por regiones en donde se muestran los porcentajes de los casos de discriminación detectados clasificados por tipo. Esta información es obtenida a través de un algoritmo de extracción y análisis de noticias que se diseñó para el proyecto y de las denuncias reportadas en PREDEV.

- Panel administrativo. Este módulo permite al administrador de PREDEV, monitorizar a las instituciones que dan atención a los casos asignados y, en su caso, dar de baja a las instituciones que no tengan actividad en la plataforma o que sean reportadas por un mal manejo de la información. Así mismo, el administrador tiene acceso a la estadística de atención por institución para verificar el cumplimiento del objetivo de la plataforma que es resolver los casos reportados con el fin de erradicar el problema. Por otro lado, cuando las instituciones inicien sesión en el panel administrativo tendrán acceso a la lista de

 ISSN 2007-8102

casos detectados cerca de su región y tendrán que seleccionar a los que deseen dar seguimiento dependiendo del tipo de discriminación. Así mismo, la institución tendrá la opción de declinar en el seguimiento del caso, para ello, deberá levantar un reporte manifestando los motivos por los cuales deja el caso disponible para que otras instituciones le den la atención oportuna.

- Algoritmo de extracción y análisis de noticias. La información estadística presentada en PREDEV se obtendrá mediante la técnica de Web Scraping. El algoritmo realizará una búsqueda de las noticias asociadas con cualquier tipo de discriminación, publicadas en los sitios Web de los periódicos más importantes del estado de Veracruz. Una vez reunida la información se aplicarán diferentes filtros para clasificar las noticias que se relacionen con discriminación. Lo anterior se logrará al comparar la información extraída con un diccionario que contiene palabras clave. Posteriormente, estos datos se integrarán con las denuncias reportadas desde PREDEV para clasificarse por región y tipo de discriminación y obtener la estadística del estado de Veracruz.

En la figura 1, se muestran las funciones principales de la plataforma PREDEV representadas mediante un diagrama de casos de uso. Existen tres tipos de usuarios que tendrán permisos distintos dentro de la plataforma como se muestra a continuación:



Figura 1. Funciones principales de la plataforma PREDEV

 ISSN 2007-8102

En la figura 2, se presenta la arquitectura de PREDEV con los elementos descritos anteriormente. Se observa el proceso de extracción y clasificación de casos que permitirá generar la estadística que se mostrará en la plataforma.

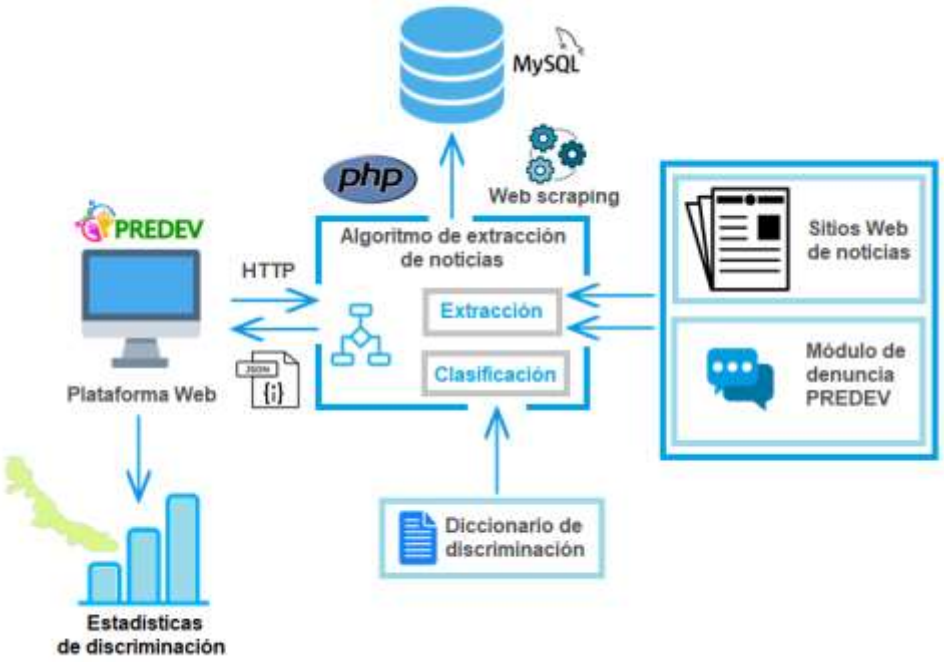


Figura 2. Arquitectura de PREDEV

Construcción

Durante esta etapa se construyó la plataforma PREDEV utilizando como herramientas de desarrollo el lenguaje de programación PHP, Material Design, bibliotecas de JavaScript, entre otros. En primer lugar, se diseñó el algoritmo de extracción y análisis de noticias en donde se hicieron pruebas para optimizar su rendimiento, ya que por el proceso de Web Scraping el tiempo de espera debía ser mínimo. Posteriormente, se codificaron las interfaces de la plataforma y el panel de administrador utilizando plantillas CSS. Finalmente, se integró el algoritmo con la plataforma para mostrar la estadística en el mapa y clasificar los casos detectados para las instituciones.

Transición

En la etapa de transición se realizaron pruebas de extracción de diez sitios Web de periódicos de Veracruz para probar la eficiencia del algoritmo. Además, se realizaron modificaciones en el proceso de filtrado de noticias para optimizar los tiempos de espera. Las correcciones de errores detectados en las pruebas permitieron mejorar el funcionamiento de la plataforma PREDEV. Así mismo, se diseñó un manual de usuario para capacitar a cinco instituciones que implementarán el proyecto con el objetivo de dar seguimiento a los casos que se detecten en la región de las Altas Montañas.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos hasta el momento de la redacción del artículo, son la generación de estadística de las regiones con mayor número de casos de discriminación y el seguimiento de los casos a través de la plataforma.

En la figura 3, se presenta el formulario de inicio de sesión para ingresar a PREDEV. Es importante mencionar que las instituciones podrán acceder después de registrarse en la plataforma.

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Formulario de inicio de sesión de PREDEV

Si el usuario tiene el rol de administrador después de iniciar sesión, tendrá acceso a la información de las instituciones registradas y a los casos de discriminación reportados para monitorizar el seguimiento brindado. La página principal del panel de administrador se muestra en la figura 4 en donde se observan los porcentajes de discriminación por región.



Figura 4. Panel de Administrador

En la figura 5, se muestra la opción de Instituciones en donde el administrador consultará las dependencias registradas en PREDEV. Después del proceso de afiliación de la institución, el administrador podrá aceptar o rechazar su participación enviando un correo de confirmación con sus credenciales de acceso.

 ISSN 2007-8102



Figura 5. Instituciones registradas en PREDEV

En la opción de Casos, el administrador consultará los casos detectados a través de los sitios Web de noticias o mediante las denuncias reportadas en PREDEV. Cabe mencionar, que cuando se detecta un caso y ninguna institución lo atiende después de 24 horas, el administrador recibirá una alerta para vincularlo con alguna dependencia para recibir la atención oportuna. En la figura 6, se muestra la página de Casos vista como administrador. Sin embargo, cuando las instituciones inicien sesión en PREDEV, en el apartado de Casos, no tendrán acceso a las opciones de administrador, en su lugar, aparecerá la lista de casos detectados cerca de su región para que seleccionen a los que darán atención.



Figura 6. Casos de discriminación detectados por PREDEV

Por otro lado, la plataforma cuenta con un mapa estadístico del estado de Veracruz dividido por regiones (figura 7) enfocado a la población de Veracruz en donde se mostrarán los porcentajes de discriminación por región. Al acercar el cursor en una región se visualizarán mediante una ventana emergente los porcentajes por tipo de discriminación de esa zona.

 ISSN 2007-8102



Figura 7. Mapa estadístico de discriminación del estado de Veracruz

Trabajo a futuro

Con la implementación de la plataforma PREDEV se espera disminuir considerablemente los índices de discriminación en el estado de Veracruz. Se pretende habilitar PREDEV para que abarque más estados de la República Mexicana y así combatir este problema que afecta a todo el país. Lo anterior, con el objetivo de que las instituciones diseñen mejores estrategias de concientización, de acuerdo con las características de los casos que se vayan detectando. Además, se planea desarrollar una aplicación móvil de denuncia ciudadana disponible para Android y iOS, con el objetivo de facilitar al usuario, reportar las situaciones de discriminación de su entorno.

Conclusiones

Es importante destacar que los índices de discriminación han aumentado en los últimos años en México. Se han presentado casos que han indignado al mundo y nos enfrentamos a una sociedad poco sensible que no mide las consecuencias de sus actos. PREDEV surge a partir de la motivación de no sólo mostrar estadística sino atender a la población que ha sufrido discriminación e invitar a las personas a denunciar cualquier acto que lastime física y emocionalmente a inocentes. Por supuesto, que erradicar este problema requiere de un trabajo colaborativo entre organizaciones, grupos sociales y sociedad en general para lograr disminuir considerablemente las estadísticas alarmantes. PREDEV contribuirá no sólo presentando estadística actualizada, además, informará a las instituciones de los casos de desigualdad detectados en tiempo real, asegurando que se brinde atención oportuna mediante campañas, conferencias y talleres que sensibilicen al público en general acerca de las consecuencias que provocan los actos discriminatorios con el objetivo de reducir de manera significativa la incidencia de estas situaciones.

 ISSN 2007-8102

Referencias

1. CONAPRED (2017). Conapred. Obtenido de https://www.conapred.org.mx/index.php?contenido=noticias&id=3036&id_opcion=364&op=448
2. ENADIS (2017). ENADIS. Obtenido de https://www.conapred.org.mx/index.php?contenido=boletin&id=1178&id_opcion=103&op=213
3. Soluciones Web (2017). Edad sin fronteras. Obtenido de http://edadsinfronteras.org/documentacion
4. El Comercio (2017). El Comercio. Obtenido de https://elcomercio.pe/tecnologia/moviles/moviles-lanzan-app-combatir-racismo-sudafrica-noticia-516820
5. COPRED (2018). COPRED. Obtenido de https://copred.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/descarga-la-app-copred

Visualización de datos como estrategia para favorecer el aprendizaje en temas diversos

J.C. Camino-Hampshire[1], J. C. Calva-Hernández[2], A. B. Urbina-Nájera[3]*
[1]Consultoría de Negocios – Cadena de Suministro, ACCENTURE, 05120, CDMX, México
[2]Consultora de Servicios Tecnológicos – Inteligencia Operacional, Versaria S.A*, 11550, CDMX, México*
[1,2,3]Decanato de Ingeniería y Negocios, UPAEP-Universidad, 72410, Puebla, México
**abunajera@gmail.com*
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

En el mundo actual tecnificado recibimos centenares de información cada día, a los que no se les dedica tiempo para analizarlos, procesarlos o profundizar sobre ellos. Es por ello que en este trabajo se presenta el uso de la visualización de datos como técnica para generar aprendizaje a través de información concisa, precisa, exacta, visual y atractiva usando infografías, dashboard y narrativas a través de gráficos. Por medio de una evaluación de usabilidad y conocimientos se calculó el nivel de conocimientos que generan los usuarios mediante la interacción de cada una de estas visualizaciones. Los resultados preliminares muestran que el uso de la infografía genera mayor conocimiento sobre el tema seguida de la narrativa con gráficos y por último el dashboard. En tanto que, el dashboard fue el peor evaluado en cuanto a la facilidad de uso dada la complejidad con la interacción y gráficos presentados, en contraste con la infografía.

***Palabras clave**: Infografía, tablero, narrativa, conocimiento.*

Abstract

In today's technician world, we receive hundreds of pieces of information every day, which are not given the time to analyze, process or deepen them. That is why this work presents the use of data visualization as a technique to generate learning through concise, precise, accurate, visual and attractive information using infographics, dashboards and stories through graphics. By means of an evaluation of usability and knowledge it is tried to calculate the level of knowledge that the users generate by means of the interaction of each one of these visualizations. Preliminary results show that the use of infographics generates more knowledge on the subject followed by the story with graphics and finally the dashboard. Meanwhile, the dashboard was the worst evaluated in terms of ease of use given the complexity with the interaction and graphics presented, in contrast to the infographics.

***Key words**: Infography, dashboard, storytelling, knowledge.*

Introducción

En la actualidad la visualización de datos está siendo un tema relevante cuando se habla del big data, analítica avanzada o inteligencia de negocios, y es claro que presenta muchas ventajas en donde se destacan las siguientes: Ayuda a la toma de decisiones acertadas, informadas y en ocasiones en tiempo real, mejora el análisis de datos, optimiza la colaboración y divulgación de la información a través de aplicaciones web o dispositivos móviles, funciones de autoservicio para los usuarios, aumenta el Retorno de Inversión (ROI por sus siglas en inglés *Return On Investment*), ahorra tiempo en la manipulación de datos, reduce la carga de trabajo del área de tecnologías de la información dado que permite a los usuarios utilizar la información de un modo intuitivo. Aunado a que, sin necesidad de conocimientos técnicos profundos, los usuarios inexpertos pueden crear visualizaciones de datos significativas (SAS, 2014). La empresa SAS (2014) menciona que la visualización de datos constituye el modo más sencillo en que nuestro cerebro puede procesar y transformar grandes cantidades de información. Es posible utilizar esta información de forma intuitiva para ver conexiones y formular preguntas que nunca nadie se había planteado antes.

 ISSN 2007-8102

La visualización de datos es una de las áreas más interesantes de la ciencia de datos que está en boga actualmente, puesto que tiene aplicaciones crecientes en ciencias, educación, ingeniería, medicina, sociología, política o cualquiera de las formas de comunicación en otras áreas. De acuerdo con Valero Sancho (2014) la visualización de datos se constituye por elementos gráficos que reflejan alguna forma de contenido por medio de diseños visuales, que deben interpretar ideas esenciales extraídas de datos fríos. Del mismo modo, Minguillon, (2016) considera que una visualización de información es un primer paso para el análisis y proyección de los datos disponibles, utilizando los recursos del sistema visual humano como procesador para detectar patrones, tendencias y/o anomalías.
En este trabajo, se muestran tres diferentes visualizaciones para evaluar el conocimiento que se genera mediante su interacción, a saber: una infografía interactiva (permite representar datos utilizando colores y recursos informativos ingeniosos que permite al usuario interactuar con ellas y captar más información), un tablero (*dashboard*, es una representación por medio de gráficos orientado a la toma de decisiones y generar nuevo conocimiento), y una tercera que es una narrativa usando gráficos (consiste en desarrollar una historia para trasmitir un mensaje). Como base se ha utilizado el tema sobre el combustible en México dada la relevancia que se vive actualmente en la República Mexicana; tomando como referencia la información que proporciona la Comisión Reguladora de Energía (CRE) que a partir del 2017 hace público el listado de precios reportado por permisionarios de venta al público de gasolina y Diesel en las diferentes entidades federativas de la República Mexicana.

Metodología

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de este trabajo es hacer uso de la visualización de datos como una herramienta para generar conocimiento en algún área; como ejemplo de aplicación se ha considerado el tema <combustible en México> dada la relevancia actual en la República Mexicana. Por lo que la arquitectura presentada en la Figura 1 es factible de aplicar para otros contextos y temas.

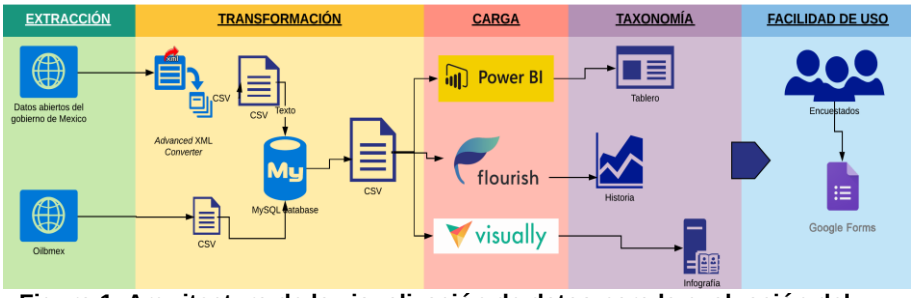


Figura 1. Arquitectura de la visualización de datos para la evaluación del tablero, infografía e historia.

La Figura 1 representa la arquitectura que se ha implementado en este trabajo, el cual engloba el proceso de Extracción de datos que considera la obtención de datos de diversas fuentes, la transformación de esos datos en un formato legible para ser cargados en el software especializado, una vez que se ha hecho la carga, se aplica una taxonomía para la elaboración de cada visualización para finalmente, evaluar su facilidad de uso. En los siguientes subtemas, se describe con detalle cada una de las etapas que se enmarcan la arquitectura propuesta.

Conjunto de datos

Se utilizaron 45, 655 datos obtenidos Gobierno de México (Gobierno de México, 2017) y Oilbmex (oilbmex, 2019), mismos que se describen en la Tabla 1. Para el proceso de extracción, transformación y carga de los datos se emplearon diversas herramientas de software; MySQL como gestor de base de datos (ORACLE, 2019) para el procesamiento y análisis de los datos; una hoja de cálculo para crear diversas tablas necesarias para desarrollar las visualizaciones; Power BI como un servicio de análisis empresarial que proporciona información detallada para tomar decisiones basada en datos (Microsoft, 2019), *Advanced* XML *Converter* como herramienta para convertir archivos XML a otro formato tal como: HTML, CSV, XLS, SQL o DBF (Hibase Group, 2017), Visual.ly para crear de forma sencilla e intuitiva una infografía con cierto impacto visual (Visually Inc., 2019), Flourish como elemento web para crear una narrativa con gráficos interactivos y dinámicos (Kiln Enterprises Ltd, 2019) y

finalmente, un formulario de Google (Google, 2019) para evaluar la facilidad de uso (usabilidad) y conocimiento adquirido tras la interacción con cada una de las visualizaciones propuestas

Tabla 1. Descripción del conjunto de datos para el diseño de las visualizaciones.

Nombre del archivo	Fuente de origen	Tipo de archivo (Formato)	No. de atributos	No. de Registros
Listado de Estaciones de Servicio con Georreferencia, XML de CRE	Datos abiertos del gobierno de México	XML	9	12,224
Listado de Precios Comerciales de Gasolina y Diesel por Estación de Servicio, XML de CRE	Datos abiertos del gobierno de México	XML	5	31,682
Precios del Barril (BRENT, MME y WTI)	Oilbmex	CSV	5	1,749

Preparación de los datos

Los datos de Oilbmex se capturaron en archivos CSV y se consolidaron en uno solo archivo para determinar el impacto que tiene con el resultado de los precios de combustible.
Por otro lado, los archivos obtenidos del portal de datos abiertos del Gobierno de México se encuentran en un formato XML, por lo tanto, se requiere un tratamiento previo para convertirlos en un formato CSV compatible para ser almacenados en una base de datos de licencia pública como es el caso de MySQL. Para la transformación de estos datos se ha utilizado *Advanced XML Converter*.
Antes de almacenar los datos se propone un modelo multidimensional que incluye las dimensiones de *Estaciones*, *PrecioGasolina*, *TiempoEstacion* y *TiempoGasolina*. Existen dos hechos, el primero es el *Histórico* que permite conocer el incremento del precio para obtener un valor promedio en un periodo de tiempo y clasificarlo por estados. El segundo es *TotalEstaciones* que ayuda a conocer el incremento de estaciones de servicio en periodos anuales en diferentes entidades federativas.
Después de obtener los archivos en formato CSV se inicia con la carga dentro del gestor de base de datos utilizando únicamente los campos que son necesarios y propuestos en el modelo multidimensional.
Con los datos almacenados en MySQL se inician técnicas para la explotación de información creando diferentes consultas para consolidar la información y ser transformada en una vista, utilizando únicamente los atributos que representen los siguientes aspectos: La entidad federativa con un mayor incremento de precio en gasolina y Diesel, la entidad federativa con menor incremento de precio en gasolina y diesel, el comportamiento de precios a partir del año 2018, el precio promedio a nivel nacional para identificar si el precio del barril tiene un impacto en el precio de la gasolina. Una vez generada la vista, se exportan a una hoja de cálculo para facilitar el manejo de datos ya que no todas las herramientas de visualización son compatibles con la conexión a base de datos utilizada para este estudio.

Taxonomía de visualización de datos

Una taxonomía es una lista jerárquica de términos controlados, definidos y aprobados por la empresa, que apoya la gestión, clasificación, recuperación y entrega de contenido. Por ello, para crear cada una de las visualizaciones del tablero y narrativa gráfica se emplea la taxonomía propuesta por Guzmán Cortés (2007) que involucra la evaluación de elementos como: Dimensión del transportador, granularidad, estado emocional, bagaje, propiedad intrínseca, habilidad del lenguaje, tipo de medio, conocimiento del tópico, opiniones del tópico, entre otros.
Mientras que para la infografía se emplean dimensiones como: tipos de datos (Conjuntos ordenados: cuantitativos y nominales, Coordenadas: latitud, longitud, dirección, montos, miembro de dominio: tiempo); propiedades de la estructura relacional (cobertura y cardinalidad); expresión entre relaciones (complejo); Distinción de relaciones unarias de las binarias y n-arias (significativas); Características de datos basados en los objetivos de búsqueda de información del usuario (información de relación y distribución).

Evaluación de la facilidad de uso

Para determinar la facilidad de uso de cada una de las visualizaciones propuestas y evaluar el conocimiento generado se seleccionaron de manera aleatoria simple a 21 personas (10 hombres y 11 mujeres) entre 22 y 65

 ISSN 2007-8102

años con estudios de licenciatura o maestría. Se adaptó un cuestionario de las heurísticas de usabilidad (Nielsen, 1994) en donde se evalúan aspectos como: Inicio de la aplicación, funcionalidad, navegabilidad, confianza y credibilidad, respuesta emocional y recuerdo, además de recolectar información demográfica como: género, edad y nivel de estudios, haciendo un total de 29 preguntas. Posteriormente, se desarrolló y administró un cuestionario para evaluar el grado de conocimiento obtenido a través de la interacción con cada una de las visualizaciones; dicho cuestionario consta de 6 preguntas (3 tipo opción múltiple y 3 tipo respuesta corta). Ambos cuestionarios fueron aplicados de forma digital por medio de formularios de *Google Forms*.
La aplicación de los cuestionarios fue de forma presencial utilizando el equipo de cómputo del usuario, se aplicó el cuestionario inicial de conocimiento; posteriormente se mostró una visualización por usuario durante 5 minutos, en los cuales se podía navegar a voluntad para extraer la mayor cantidad de información; horas después, se aplicó nuevamente el cuestionario de conocimiento identificando la visualización que utilizó; enseguida se evalúan ambas pruebas de conocimiento y se calcula el incremento del mismo. Finalmente se aplica el cuestionario de usabilidad de la visualización para identificar áreas de oportunidad que permitan mejorarlas en el futuro.

Resultados

En este apartado se describen las visualizaciones diseñadas e implementadas, posteriormente se presentan los resultados de la facilidad de uso de cada una y finalmente, el aumento de conocimiento a través de la interacción con cada visualización.

Visualizaciones de datos: Infografía, tablero y narrativa

En este apartado se presentan las visualizaciones diseñadas en función de la taxonomía descrita anteriormente. La Figura 2 presenta una narrativa usando gráficos acerca del tema propuesto; en ella se observa el uso de diversos gráficos que favorecen por un lado la visualización de los datos y por el otro, la facilidad para comprender los números fríos que se representan en cada uno de los gráficos. La narrativa consta de 7 gráficos iniciando por la portada de la visualización, seguido por un gráfico dinámico que muestra el comportamiento del precio de los diversos tipos de combustible a lo largo de los meses en cuestión; el tercer gráfico muestra la comparación de los precios internacionales del barril de crudo y el precio de los diferentes tipos de combustible; el cuarto, quinto y sexto gráfico muestran mapas dinámicos con el precio promedio del combustible (uno por tipo de combustible) en cada entidad federativa, resaltando aquellos con mayor y menor precio; por último se muestra un gráfico de jerarquía donde se presenta por tipo de combustible, las entidades federativas ordenadas de menor a mayor precio promedio.



Figura 2. Narrativa de la tendencia del precio de gasolina a través de gráficos, realizado con Flourish. Se puede interactuar con la narrativa a través de la página https://bit.ly/2ZKm0Co. Elaboración propia

Por otro lado, en la Figura 3 se muestra el tablero (dashboard) desarrollado sobre el mismo tema, en el cual se han empleado cinco tipos de gráficos: Un mapa que representa de forma geográfica el precio de combustible por

 ISSN 2007-8102

estado y tipo; un gráfico de embudo para los promedios por costo; una gráfica de barras verticales y línea para realizar un comparativo y marcar una tendencia entre le precio del combustible y los precios internacionales del barril de crudo; una gráfica de columna para el precio por gasolina por año y finalmente un mapa de árbol que representa el promedio por estado y tipo.

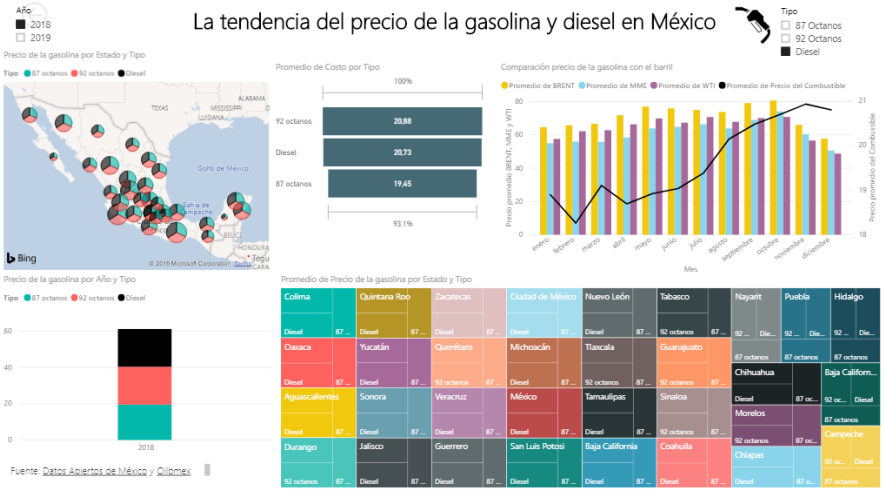


Figura 3. Tablero (dashboard) sobre la tendencia del precio de la gasolina y diesel en México; realizado en Power BI. Se puede interactuar con él desde la página https://bit.ly/2J4ZbT9. Elaboración propia

Del mismo modo, en la Figura 4 se presenta la infografía, cuyo diseño original es vertical, y está conformado por elementos como mapas, un gráfico de burbujas y texto de manera resumida que exhibe solamente la información puntual que el usuario debe conocer acerca del tema.



Figura 4. Infografía sobre la tendencia del precio de la gasolina y diésel en México. Realizada en Visual.ly. Se puede interactuar con ella en la página https://bit.ly/2FuHzz4. Elaboración propia

Evaluación de la facilidad de uso

La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos tras la aplicación de la evaluación de usabilidad para cada una de las visualizaciones de datos propuestas; la escala utilizada fue 1: Muy satisfecho, 2: Satisfecho, 3: Neutral, 4: Poco satisfecho, 5: Nada satisfecho. Se observa que, tanto la infografía como la narrativa fueron evaluadas en el nivel máximo en cada uno de los criterios, mientras que el tablero, si bien, obtuvo una evaluación de satisfecho como promedio, es pertinente mejorar aspectos.

Tabla 2. Resultados de la facilidad de uso de las tres visualizaciones de datos propuestas

Tipo de visualización	Infografía	Tablero	Narrativa con gráficos
Inicio de la aplicación	1	2	1
Funcionalidad	1	2	1
Navegabilidad	1	2	1
Confianza y credibilidad	1	1	1

Como parte de la evaluación de usabilidad se considera la respuesta emocional que el usuario experimenta una vez que ha interactuado con cada una de las visualizaciones propuestas. En la Tabla 3 se presenta la lista de emociones que los usuarios sintieron representados por una carita feliz y aquellos que no fueron experimentados se indican con un no aplica (NA).

Tabla 3. Resultados de la facilidad de uso de las tres visualizaciones de datos propuestas

Respuesta emocional	Infografía	Tablero	Narrativa con gráficos	Respuesta emocional	Infografía	Tablero	Narrativa con gráficos
Confianza	☺	☺	☺	Asombro	☺	☺	NA
Interés	☺	NA	☺	Rapidez	☺	NA	NA
Satisfacción	☺	NA	NA	Explícito	☺	NA	NA
Seguridad	☺	☺	☺	Coherencia	NA	☺	NA
Facilidad	☺	NA	NA	Simplicidad	NA	☺	NA
Certeza	☺	☺	☺	Estrés	NA	☺	NA
Claridad	☺	NA	NA	Intriga	NA	NA	☺
Tranquilidad	☺	NA	☺				

Finalmente, como parte también de la evaluación de usabilidad se encuentra la sección de recuerdo, la cual tiene como fin conocer aquellos aspectos que el usuario recuerda una vez que ha interactuado con cada visualización y que fue aplicado horas después de la interacción. Por ejemplo, de la infografía lo que recordaron fue: los mapas y las gráficas, el encabezado, los colores, la relación del precio del crudo contra el precio del combustible, tipos de combustible, estados con menores y mayores precios conforme a octanaje y precio promedio de cada producto y los años de presentación de información.

Del mismo modo, lo que se acordaron del tablero fue: Gráficos, históricos de precios, indicadores globales, controles agiles, sobre la tendencia del precio de la gasolina y diésel en México a partir del 2018 a principios del 2019, muestra los precios más bajos y los más altos de los estados a nivel república y muestra un promedio en el precio del combustible a nivel nacional. Y finalmente, lo que recordaron de la narrativa con gráficos fue: 1) información acerca de los tipos de combustible y como ha incrementado el precio en todos los estados de la república mexicana, 2) comparando el precio del barril de crudo, 3) una página intuitiva, 4) el mapa de la República Mexicana con los estados de diferentes colores de acuerdo con el rango del precio del combustible.

Como se observa en el párrafo anterior, en las tres visualizaciones lo usuarios lograron recordar aspectos significativos de la información que se presentó en cada una. Haciendo pensar que los diversos gráficos utilizados en cada visualización resultaron útiles para que el usuario genere conocimiento acerca del tema que se presenta.

Aumento de conocimiento usando visualización de datos

Una vez evaluado el conocimiento inicial sobre el tema, a los usuarios se les presentó una de las tres visualizaciones para que pudieran navegar a voluntad durante cinco minutos exactos, en los cuales aplicaron filtros, indagaron en la información detallada y leyeron la información presentada en estas visualizaciones.

Finalmente, se les aplicó el mismo cuestionario a los usuarios, identificando la visualización utilizada. Se evalúan los cuestionarios y se calcula el incremento de conocimiento con la fórmula F1.

 ISSN 2007-8102

$$Incremento\ de\ Conocimiento = \frac{Conocimiento\ final\ - Conocimiento\ inicial}{Conocimiento\ inicial} \times 100\% \quad (F1)$$

Como se observa en la Figura 4, la visualización que incrementa en mayor medida el conocimiento de los usuarios es la Infografía, seguida por narrativa y el dashboard respectivamente.

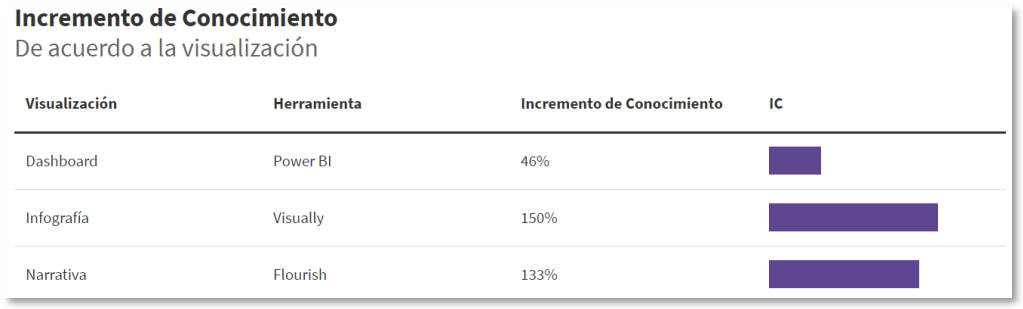


Figura 4. Incremento de conocimiento de acuerdo al tipo de visualización presentada a los usuarios

En cuanto al género, las mujeres incrementan su conocimiento en mayor medida respecto al incremento de conocimiento que presentan los hombres, tal cual se muestra en la Figura 5.

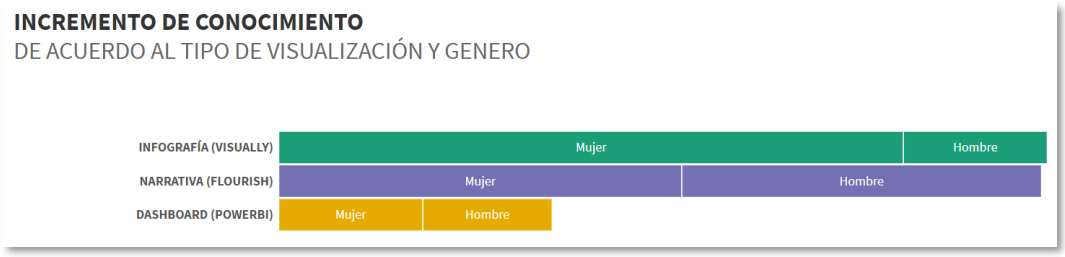


Figura 5. Incremento de conocimiento de acuerdo al tipo de visualización mostrada y género del usuario

Trabajo a futuro

Derivado de la aplicación de la taxonomía es factible depurar cada una de las visualizaciones, en especial la visualización de tipo dashboard, dado que la percepción de los usuarios es que es compleja.
De las dos herramientas de visualización con mayor incremento de conocimiento fueron la infografía y la narrativa con gráficos, es factible validar el resultado al repetir la prueba de concepto con un nuevo tema y determinar si el mismo patrón de incremento de conocimiento se mantiene, adicional al incremento de la muestra de los usuarios para validar los resultados obtenidos en este estudio.

Conclusiones

Como se ha descrito, el objetivo de este trabajo fue identificar a la visualización de datos como una técnica para generar aprendizaje o conocimiento en los usuarios, a pesar del tema en cuestión. Para ello, se elaboraron tres visualizaciones: una infografía, una narrativa usando gráficos y un tablero; todos ellos abordando el mismo tema. Identificando que la visualización que más incrementa el conocimiento en esta prueba de concepto es la infografía, facilita la comprensión de información de una forma más clara y fluida.
Por otro lado, la visualización con menor promedio de evaluación en la usabilidad se encuentra el dashboard lo que sugiere realizar un cambio que permita presentar los datos de forma más sencilla y brinde un mayor detalle a los usuarios. Para los usuarios el dashboard fue complejo y saturado mientras que la infografía y la narrativa con gráficos interactivos mostraban un diseño sencillo y fácil de interpretar.
Con esta prueba de concepto se comprueba que las visualizaciones de datos facultan el incremento de conocimiento y la asimilación de la información de forma sencilla y eficiente, en este caso en particular

funcionando mejor la infografía, esto apoyado de las tecnologías de información y de las diversas herramientas que se encuentran en el mercado; del mismo modo se comprueba de manera general, pesar que la prueba fue con una muestra pequeña de usuarios, un incremento de conocimiento al utilizar los diferentes tipos de visualizaciones de datos.

Referencias

1. Gobierno de México. (2017). *Datos abiertos.* Obtenido de Estaciones de Servicio (Gasolineras) y Precios finales de Gasolina y Diesel: https://bit.ly/2RTWms1
2. Google. (2019). *Crea formularios atractivos*. Obtenido de Formularios: https://www.google.com/intl/es_mx/forms/about/
3. Guzmán Cortés, O. H. (2007). Taxonomías de la visualización de información. *Sistemas & Telemática, 5*(10), 87-125. Obtenido de https://bit.ly/2mD5shs
4. Hibase Group. (2017). *Advanced XML Converter*. Obtenido de XML Convertirdor: https://bit.ly/2mJPeCY
5. Kiln Enterprises Ltd. (2019). *Flourish*. Obtenido de Powerful, beautiful, easy data visualization: https://flourish.studio/
6. Microsoft. (2019). *Microsoft*. Obtenido de La inteligencia empresarial sin precedentes: https://powerbi.microsoft.com/es-es/
7. Minguillón Alfonso, J. (2016). *Introducción a la visualización de datos.* Calatuña, España: Universitat Oberta de Catalunya. Obtenido de http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/57624
8. Nielsen, J. (1994). *10 Usability Heuristics for User Interface Design.* Obtenido de Nielsen Norman Group: https://bit.ly/1OmnAgZ
9. oilbmex. (2019). *Histórico de Precios de petróleo de la Mezcla Mexicana de Exportación (MME)*. Obtenido de Servicios Marinos Especializados para la Industía Petrolera en México: https://bit.ly/2XGXipb
10. ORACLE. (2019). *MySQL*. Obtenido de https://www.mysql.com/
11. SAS. (26 de 03 de 2014). *Las 7 ventajas principales de la visualización de datos*. Obtenido de SAS the power to know: https://bit.ly/2mC4r9f
12. Valero Sancho, J. (2014). La Visualización de Datos. (U. d. Sevilla, Ed.) *Ámbitos*(1139-1179), 1-15. Obtenido de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16832256009
13. Visually Inc. (2019). *Visually*. Obtenido de Visual Content for Modern Marketers: https://visual.ly/

Redes neuronales artificiales para la detección de plagas en cultivo de jitomate bajo invernadero

E. Berra Villaseñor[*1], *M. Pérez Castañeda*[1], *J. R. Cuautle Parodi*[1],
[1]*Cuerpo académico de ingeniería aplicada, Universidad del Valle de Puebla, 3 Sur 5904, Colonia "El Cerrito", C.P. 72440,*
eduardo.berra@uvp.edu.mx
Área de participación: *Sistemas Computacionales*

Resumen

Las estrategias de detección y clasificación de plagas por las cuales se apuesta en su mayoría en la producción hortícola bajo invernadero, radican en recorridos visuales y en diagnósticos proporcionados en base a experiencia. El presente trabajo tiene como objetivo principal, el desarrollo y entrenamiento de una red neuronal artificial en conjunto con la toma de video mediante un robot móvil teledirigido, para la detección y clasificación de patrones en cultivos de jitomate bajo invernadero, para su validación se utilizaron imágenes de tres plagas comunes para este cultivo tomadas de un invernadero familiar, así como una zona de exclusión de hojas sin plaga, el desarrollo del método se enfoca en el uso de la red neuronal artificial bajo el modelo Keras con visión artificial, así como el uso de entrenamiento con CPU y aceleración de entrenamiento de redes neuronales artificiales mediante hardware Intel® Neural Compute Stick 2, midiendo los tiempos de entrenamiento y el porcentaje de detección de las plagas mediante la red neuronal artificial previamente entrenada.

Palabras clave*: Entrenamiento redes neuronales artificiales, detección y clasificación de plagas, visión artificial.*

Abstract

The strategies for detection and classification of pests which are mostly committed to horticultural production under greenhouse, lie in visual tours and diagnoses provided based on experience. The present work has as main objective, the development and training of an artificial neural network in conjunction with the video capture by means of a remote-controlled mobile robot, for the detection and classification of patterns in tomato crops under greenhouse, for its validation images were used of three common pests for this crop taken from a family greenhouse, as well as a pest-free leaf exclusion zone, the development of the method focuses on the use of the artificial neural network under the Keras model with artificial vision, as well as the use of training with CPU and acceleration of training of artificial neural networks using Intel® Neural Compute Stick 2 hardware, measuring training times and the percentage of pest detection through the previously trained artificial neural network.

Key words*: RNA training, pest detection and classification, Keras, artificial vision.*

Introducción

Las tecnologías para la detección de plagas mediante las redes neuronales artificiales se han visto beneficiadas en la última década por el avance en tecnologías de los dispositivos de hardware (Vega, Cortez, Huayna, Loayza, & Naupari, 2009), que permiten cada vez más acelerar los algoritmos, con menos consumo de energía y a bajo costo, gracias a esto los modelos de redes neuronales artificiales brindan hoy en día diversas soluciones, una de ellas de mayor relevancia es la que involucra el uso de visión artificial mediante cámaras de alta resolución para clasificar y detectar patrones de plagas.

Estas técnicas de detección y clasificación tienen un gran auge en la actividad humana, tal es el caso de la agricultura en cuyos procesos se manejan muchas actividades de detección y clasificación, tanto de las labores programadas para la atención del cultivo como en la recolección de la cosecha.

Se puede destacar que la actividad más importante para todos los países es la mejora de la producción agrícola (OCDE/FAO, 2017), esto conlleva a superar los métodos tradicionales de la producción agrícola que en su mayoría es regionalizada, debido a esto las nuevas tecnologías de agricultura como la agricultura de precisión y la robótica ofrecen formas para realizar estas mejoras de manera genérica basadas en análisis de

datos, una de ellas es mediante el manejo y prevención de plagas, las cuales menguan la producción y dañan a su vez la calidad del producto, ya que existen factores como el uso de pesticidas de manera inadecuada, cosechas mal desarrolladas e incluso con pérdidas totales de los cultivos por los daños generados por la plaga.

Esta detección de plagas se puede llevar a cabo mediante los patrones visuales que presenta el cultivo en particular (Arivazhagan, Newlin Shebiah, Ananthi, & Vishnu Varthini, 2013), la detección automática de los patrones que generan las plagas en las plantas del cultivo es una prioridad de investigación para los diversos desarrollos sobre detección y clasificación de plagas, ya que los beneficios que aporta el monitoreo automático de los campos tiene un impacto tanto en el tratamiento como en la prevención de las mismas.

Las técnicas de detección de plagas en cultivos bajo invernadero adoptadas en México, se basan en inspecciones visuales y recorridos de los técnicos sobre el área que cubre el invernadero, estos recorridos fitosanitarios son programados de acuerdo al cultivo y tienen como fin determinar los siguientes aspectos:

1.- Conocer el estado sanitario del cultivo.
2.- El estado y evolución de la plaga.
3.- Aplicar las medidas correctivas para eliminarla.

Los métodos convencionales de detección de plagas tienen carencias particulares que notoriamente afectan a tener un control más estricto del problema, tales carencias radican en la imposibilidad de proporcionar la categoría de infestación, densidad y determinación de la etapa en la cual se encuentra (Mou, Zhao, & Zhou, 2009).

La correcta y temprana detección de plagas permitirá al agricultor tomar las acciones adecuadas para mejorar su producción y calidad en el cultivo, así como evitar los daños por el mal uso de pesticidas e incluso seleccionar métodos alternativos orgánicos para el tratamiento de la plaga.

Es entonces que se propone el entrenamiento de una red neuronal artificial para la detección y clasificación de tres tipos de plagas en un cultivo de jitomate bajo invernadero que, mediante el uso de CPU, así como de hardware para la aceleración de Intel® Neural Compute Stick 2 y que, en conjunto con un robot móvil teledirigido, dotado de dos cámaras permita la detección, mediante análisis de patrones en las imágenes de las hojas del cultivo.

Marco Teórico

En México, la agricultura protegida (“horticultura protegida”) se encuentra en crecimiento(Juárez-López et al., 2012), el crecimiento exponencial de las tierras cultivadas de esta manera se puede notar según SAGARPA, en un crecimiento de 10,000 hectáreas en 2008 a las 320,000 para 2019, de igual manera la producción de hortalizas para las familias en México es un recurso valioso para las seguridad alimentaria, por lo que los métodos como el cultivo en traspatio tradicionales en zonas como Oaxaca y Puebla toman una gran relevancia (Bonilla-Aparicio, Hernández-Sánchez, Mendieta-Sánchez, & Herrera-Fuentes, 2005).

El abaratamiento de elementos de invernadero como las mallas, los plásticos y otros con los que se ha mejorado la producción de tras patio, han permitido que muchos sistemas familiares se conviertan en invernaderos familiares conllevando con ello la problemática de los mismos en cuanto a la clasificación y detección de plagas.

Estos traspatios son administrados familiarmente y la cosecha obtenida es utilizada para el autoconsumo, dentro de la variedad de vegetales, plantas y frutos que este sistema provee se puede notar que más del sesenta y dos por ciento de los traspatios, siembra o a sembrado jitomate, por su uso en la gastronomía Mexicana (INEGI-SAGARPA, 2015), debido a esto la importancia de analizar los problemas en su producción.

El control de las plagas dentro de esta producción protegida aún no incorpora tecnologías como en otros países, tal es el caso de España donde los movimientos de desarrollo libre han impactado la producción hortícola de tras patio (Gutiérrez Espíritu & Armas Valencia, 2018), donde dichos movimientos han desarrollado la automatización y control de variables bajo invernadero como: el riego, la temperatura, luminosidad, etc., algunos

 ISSN 2007-8102

otros han desarrollado pequeños sistemas para detectar anomalías en los cultivos como el aspecto de las plantas, la falta de riego y enfermedades que afectan a las hojas mediante análisis de imágenes.

Sin embargo, los métodos convencionales de detección de plagas que se ocupan en México, consisten en establecer criterios que en su mayoría basan su acción mediante la observación de un número de plantas cada determinado tiempo, de partes o zonas del cultivo a observar, así como cuantas plantas son afectadas y en que parte de la misma se encuentra el problema observado.

Estos métodos requieren que el agricultor tenga que realizar recorridos e inspecciones visuales, que para el caso de los invernaderos de pequeño tamaño no conllevan un tiempo considerable, sin embargo, los invernaderos que cuentan con extensiones mayores suelen ser los que tienen una problemática más amplia que afrontar, por el tiempo invertido en la revisión, debido a lo anterior estos suelen ser los más interesados en el uso de tecnologías de detección de plagas, sin embargo, esto no significa que la tecnología no pueda ser ocupada en invernaderos familiares.

Metodología

Se realizó la selección de tres plagas del cultivo de jitomate, con esta información se entrenó a una red neuronal artificial para detección y clasificación de la plaga utilizando el algoritmo de detección en imágenes de hojas del cultivo, aplicando la red neuronal artificial de convolución basada en Keras del framework TensorFlow. Se ejecutan pruebas de su entrenamiento con el uso de CPU y un acelerador Intel Neuronal Stick 2, midiendo el tiempo requerido para la obtención de pesos sinápticos óptimos para la detección mínima del ochenta y nueve por ciento de identificación de la plaga, los algoritmos son escritos en lenguaje Python bajo el framework de Intel.

La metodología propuesta para el problema de detección de plagas mediante el entrenamiento de una red neuronal artificial con el modelo Keras para el análisis de imágenes se muestra en la figura1.



Figura 1. Metodología para el entrenamiento de red neuronal artificial.
Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo el entrenamiento de la red neuronal artificial Keras, se requiere como mínimo un total de ciento cincuenta imágenes de las tres plagas principales que pueden ser detectadas en las hojas de las plantas del cultivo (Mitidieri & Polack, 2012), mediante imágenes recopiladas en escenarios reales que muestren los estragos en el cultivo o que sean característicos de la plaga, tal es el caso de la araña roja del tomate (Fuentes, Yoon, Kim, & Park, 2017).

Se recopilaron un conjunto de imágenes para desarrollar el entrenamiento de la red neuronal artificial, la cual se basó en los siguientes pasos:

1. Recolección de ciento cincuenta fotografías de alta resolución por cada plaga, que demuestran los problemas generados por las siguientes plagas: mosca blanca, pulgones y araña roja del tomate, estas fotografías tienen que ser tomadas en un ángulo relativo a las cámaras que tendrá el robot móvil, un ángulo superior y un ángulo medio con respecto a el robot móvil teledirigido como se muestra en la figura 2.

 ISSN 2007-8102

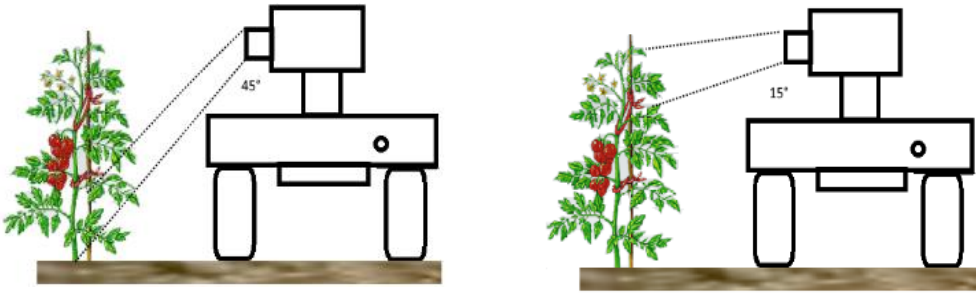


Figura 2. Toma de imágenes de hojas de plantas del cultivo.
Fuente: Elaboración propia.

2. Recopilación de ciento cincuenta fotografías de alta resolución de hojas sin problemas en el cultivo, de igual forma se toman los criterios de los ángulos con respecto a la cámara en el robot móvil.

3. Adicionalmente se tomaron ochenta y nueve fotografías de hojas de color amarillo con falta de fotosíntesis y que indican otro tipo de deficiencia en la planta de jitomate, esto se realizó para generar una zona de exclusión que sumadas a las fotografías de hojas sin problemas en la red neuronal artificial eliminarán el solapamiento de problemas que no tienen que ver con las plagas detectadas.

La cantidad de imágenes para detección de plagas y clasificación, se determinó en un estudio previo el cual, realizo la clasificación de los tipos de suelos con una red neuronal artificial (Berra, 2018).
El conjunto de datos utilizados para el entrenamiento de la red neuronal artificial se puede observar en la Figura 3.

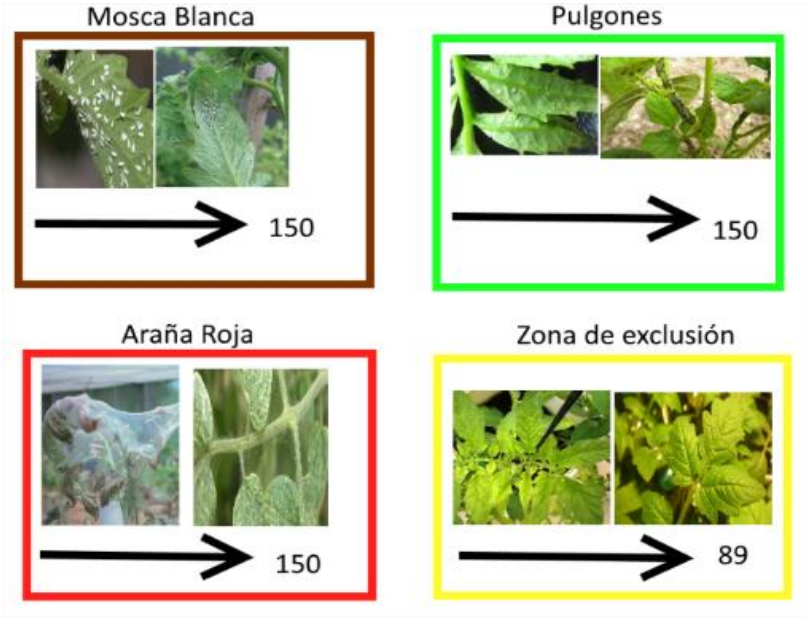


Figura 3. Datos utilizados en el entrenamiento de la red neuronal artificial. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo el conjunto de imágenes necesarias se realizó el entrenamiento de la red neuronal artificial basada en Keras, con tres variantes a las que se denominaron “Keras A”, “Keras B” y “Keras C”, esta API (Application Programming Interface) fue seleccionada debido al enfoque de experimentación rápida, se llevaron a cabo quince intentos de entrenamiento sobre la red neuronal artificial con un total de quinientas ochenta épocas por cada intento, cada variante genera aproximaciones de detección y clasificación de entre cuarenta y cinco y noventa por ciento de confiabilidad.

 ISSN 2007-8102

El algoritmo diseñado para identificación de objetos en el framework de Intel, fue tomado como referencia para realizar la detección de las plagas, realizando modificaciones en la parte de detección por pixeles que se adaptaría mejor a la identificación de insectos, así como en los pesos sinápticos establecidos mediante un algoritmo recursivo de mejora que se ejecutará hasta encontrar el 89% o más de porcentaje de seguridad de clasificación de la plaga.

Tabla 1. Tabulación de entrenamiento de la red neuronal artificial.

Épocas	580						Épocas	580					Épocas	580					
Tipo	Keras "A"						Tipo	Keras "B"					Tipo	Keras "C"					
Intento	CPU Horas	Intel Neuronal Horas	Detección Plaga 1	Detección Plaga 2	Detección Plaga 3	Zona de exclusión	CPU Horas	Intel Neuronal Horas	Detección Plaga 1	Detección Plaga 2	Detección Plaga 3	Zona de exclusión	CPU Horas	Intel Neuronal Horas	Detección Plaga 1	Detección Plaga 2	Detección Plaga 3	Zona de exclusión
1	192	72	35%	50%	70%	80%	45	26	80%	75%	95%	66%	75	38	40%	70%	80%	35%
2	189	48	55%	56%	58%	86%	90	29	85%	75%	95%	67%	70	36	42%	70%	85%	45%
3	140	49	53%	45%	72%	87%	45	35	86%	74%	96%	69%	72	37	45%	75%	86%	40%
4	150	52	48%	43%	60%	87%	60	36	87%	70%	90%	70%	71	34	42%	78%	89%	40%
5	170	50	48%	32%	58%	89%	90	28	88%	69%	92%	71%	71	36	40%	86%	90%	33%
6	180	48	63%	52%	59%	88%	93	28	83%	68%	92%	85%	69	35	50%	82%	92%	35%
7	190	45	70%	63%	60%	91%	92	27	85%	79%	92%	82%	65	39	60%	81%	93%	36%
8	140	56	83%	58%	78%	92%	90	26	84%	80%	93%	86%	63	38	70%	70%	92%	39%
9	110	55	82%	56%	58%	95%	97	28	86%	88%	98%	86%	75	39	71%	85%	91%	38%
10	150	54	80%	10%	18%	95%	96	35	89%	86%	95%	86%	65	40	73%	86%	90%	39%
11	110	51	78%	15%	32%	96%	90	37	87%	75%	95%	89%	86	56	60%	59%	93%	40%
12	100	51	82%	35%	78%	91%	90	25	88%	76%	94%	87%	42	56	65%	86%	92%	30%
13	132	50	81%	80%	75%	90%	93	24	89%	72%	93%	90%	59	58	85%	74%	91%	30%
14	115	45	86%	88%	72%	96%	91	26	90%	71%	91%	85%	70	54	45%	59%	90%	28%
15	189	40	85%	88%	70%	97%	95	20	85%	80%	90%	90%	70	32	71%	74%	92%	27%

El total de ochomil setecientas épocas se ejecutaron para obtener diversas aproximaciones a la clasificación y detección de plagas, como se puede observar en la Tabla 1, el entrenamiento realizó diversos ajustes obteniendo los valores y porcentajes relativos de confiabilidad de clasificación de los mismos, este entrenamiento de peso se llevó acabo ejecutando los algoritmos para entrenamiento en un CPU sin acelerador y con un acelerador de entrenamiento Neuronal Stick 2 de Intel, para la medición en tiempo de entrenamiento por épocas que servirá de apoyo en trabajos futuros, así como su posible mejora en rendimiento tomando en cuenta el cálculo de los pesos sinápticos obtenidos en el entrenamiento.

El modelo Keras

El modelo Keras utilizado para desarrollar el entrenamiento se muestra en la Figura 4. El modelo planteado tiene como objetivo principal el procesamiento de las capas mediante convoluciones, proporcionando campos receptivos que permiten identificar características específicas del conjunto de imágenes para entrenamiento, que están orientados a la detección y clasificación de las plagas visibles en las hojas y tallos del cultivo de jitomate, destacando que la zona de exclusión permite que la red multicapa realice una mejor clasificación de las plagas visualizadas en las imágenes o el video.

 ISSN 2007-8102

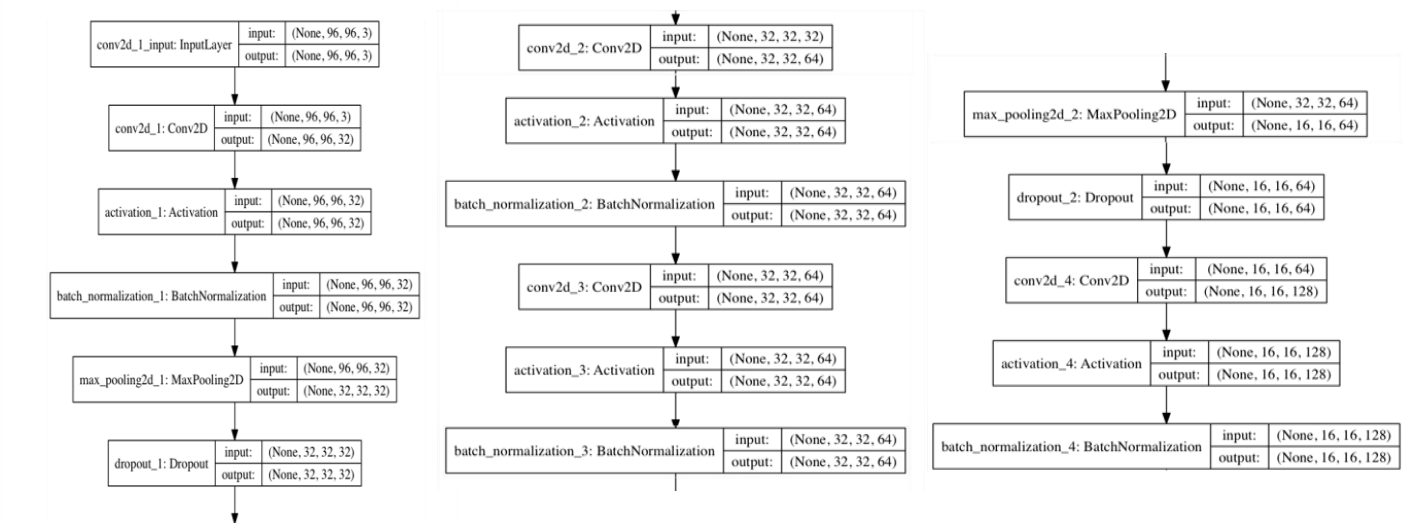


Figura 4. Modelo Keras. Fuente: Elaboración propia.

El modelo se conforma de cinco capas básicamente de entradas, convolución, activación, normalización y la de exclusión 2D, esto se puede visualizar en la Figura 5 donde observamos el proceso de la red neuronal artificial.

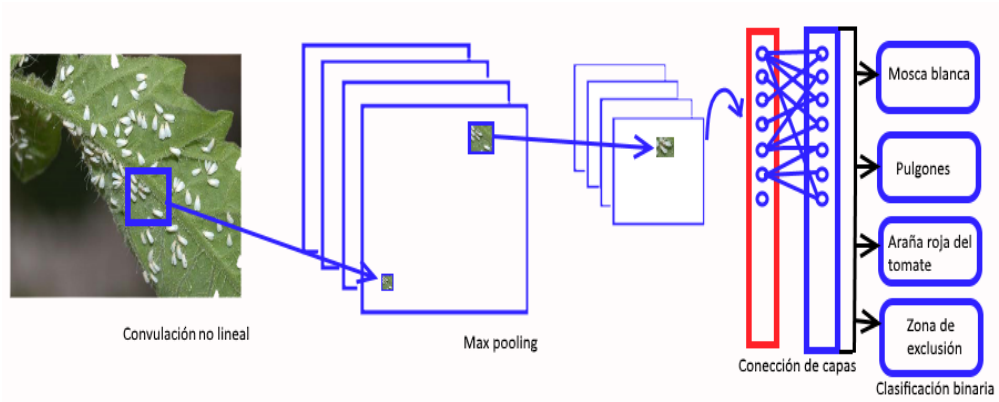


Figura 5. Proceso de clasificación de la red neuronal artificial. Fuente: Elaboración propia.

El entrenamiento para mejorar la clasificación de la red neuronal se llevó a cabo mediante el framework de Intel Open vino, el ajuste de valores sinápticos se lleva a cabo en forma repetida especificando las épocas o repeticiones, así como el porcentaje de confiabilidad de clasificación que se desea obtener, hasta ajustar un valor de detección en el caso particular de la presente investigación igual o mayor al 89 %. Esto se muestra en la figura 6.

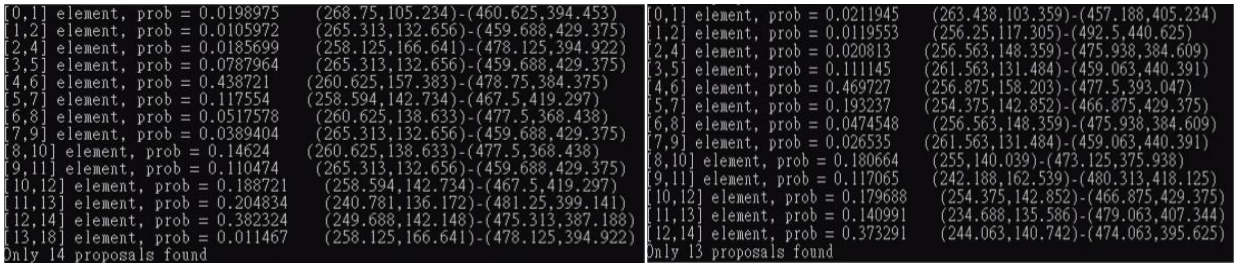


Figura 6. Ajustes a pesos sinápticos para entrenamiento de la red neuronal artificial. Fuente: Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

El algoritmo de cálculo de pesos se comporta recursivamente en un ciclo de llamadas hasta encontrar el peso adecuado al porcentaje, si se exceden las épocas necesarias para la obtención del peso adecuado se detiene y arroja el ultimo de los resultados obtenidos antes de exceder el ciclo determinado en él, esto se puede observar en la figura 7.

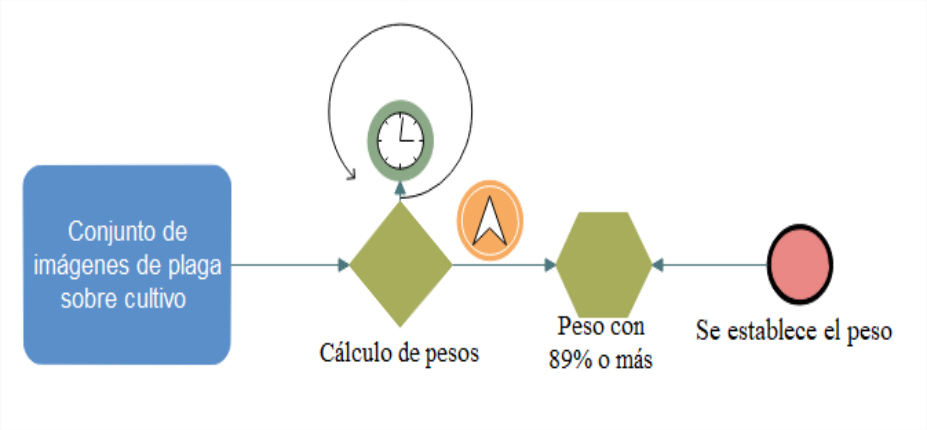


Figura 7. Algoritmo de cálculo de pesos sinápticos.
Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos de los pesos fueron almacenados en una base de datos para posteriores usos en redes neuronales artificiales, aplicadas a robots para la detección de plagas de jitomate.

Resultados y discusión

Realizado el entrenamiento de la red neuronal artificial, se procedió a llevar a cabo las pruebas de detección y clasificación en un pequeño invernadero que cuenta con un total de cincuenta plantas de tomate, con recorridos tomando videos con duración de veinte minutos por el robot tele dirigido, los cuales sirvieron como pruebas de las redes neuronales artificiales, tanto para el uso de hardware de aceleración Neuronal Stick 2 de Intel, así como con CPU. La prueba se muestra en la Figura 8 y 9.



Figura 8. Pruebas de detección de zona de exclusión y mosca blanca.
Fuente: Elaboración propia.

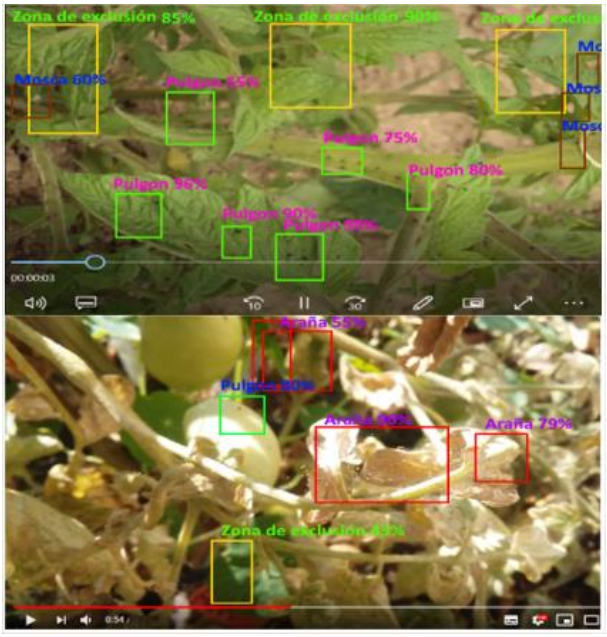


Figura 9. Pruebas de detección de zona de exclusión, pulgón y araña.
Fuente: Elaboración propia.

En las pruebas de video la red neuronal artificial cuenta con un nivel de detección correspondiente a los datos mostrados en la tabla 1, contando con niveles de detección del ochenta y cinco por ciento, en el mejor de los casos y en el peor de los casos con cuarenta y cinco por ciento en la prueba de exclusión del último video.

En la tabla 1, se puede observar que las horas de entrenamiento para obtener los pesos adecuados para obtener un nivel de detección del ochenta y nueve por ciento en los casos de la red Keras “A”, “B”, “C”, son mucho más significativos en el rendimiento del CPU, con un total en el peor de los casos de ciento noventa y dos horas y en el mejor de cuarenta y cinco horas, mientras que con Intel Neuronal Stick 2 se obtuvo en el mejor de los casos veinte horas y en el peor setenta y dos horas, estos resultados se utilizaran a futuro para seleccionar el entrenamiento basado en CPU o mediante aceleración con Neuronal Stick 2.

Las redes neuronales artificiales “A”, “B” y “C” corresponden a las tres plagas a clasificar, la zona de exclusión se incluye en los parámetros de las tres redes neuronales artificiales, por lo que el peso en tiempo está balanceado con la zona de exclusión, la diferencia entre cada red neuronal artificial radica en dos procesos diferentes entre cada red neuronal artificial, ya que en la red neuronal artificial “A”, se tienen programadas dos subclases, mientras que la “B”, una sola subclase y en la “C”, es generada mediante llamadas recursivas a una función de clasificación.

Cada red neuronal artificial muestra sus ventajas y desventajas al identificar una determinada plaga o la zona de exclusión como se muestra en la tabla 1, por lo que queda a consideración del tipo de plaga a tratar la implementación de cada una de ellas.

Una de las principales limitantes de este modelo es la cantidad de imágenes recabadas para poder generalizarlo a zonas de cultivo bajo invernadero en general, por lo que la base tiene que ser actualizada con las imágenes del sitio donde se tiene que aplicar.

Dadas las condiciones de entrenamiento de la red neuronal artificial Keras, se obtuvieron buenos resultados de detección en dos de las tres plagas, la red neuronal artificial tiene su más bajo rendimiento en la detección de araña roja, debido a que la base de entrenamiento mantiene imágenes con un alto contenido de cultivos afectados por esta plaga, donde es visible la ceda de araña, por lo que al carecer de ella en cualquier otro cultivo no será detectada.

De igual forma se observó, que el hardware de aceleración dota a los programadores y diseñadores de Inteligencia Artificial de una herramienta que puede disminuir considerablemente el proceso de entrenamiento de una red neuronal artificial, tomando en consideración que el algoritmo multicapa probado en la presente investigación cuenta con un grado de complejidad medio/alto adecuado a la detección en video.

El esquema utilizado de cuatro procesos sobre la red Keras, con las pruebas sobre video de veinte minutos, arroja la detección adecuada mediante video de las plagas y la zona de exclusión, haciendo énfasis en que esta zona ayudó a los porcentajes de detección de plagas, eliminando distractores como hojas amarillentas y verdes del cultivo.

Trabajo a futuro

Basado en las conclusiones del entrenamiento de redes neuronales artificiales Keras, se tiene el objetivo de entrenar una red neuronal artificial genérica que pueda clasificar por lo menos diez enfermedades de diversas plantas cultivables en invernaderos, esto permitirá generalizar la clasificación de plagas en los cultivos que se utilizan en el autoconsumo.

De igual manera se desarrollará el algoritmo de control automático del robot, el cual actualmente se controla mediante tele operación y que pretende interactuar con el tratamiento correctivo de plagas, tomando en cuenta los datos arrojados por la red neuronal artificial Keras, generando un robot móvil autónomo para el tratamiento de las plagas de cultivos bajo invernadero.

Conclusiones

La Inteligencia artificial es una herramienta que ha demostrado su eficiencia en la automatización de procesos, el uso de esta permite la optimización de actividades de clasificación y detección como lo demuestra este estudio.

Con el desarrollo y entrenamiento de las redes neuronales artificiales “A”,” B” y “C” basadas en Keras, fue posible realizar la detección de tres plagas en cultivos de jitomate obteniendo un porcentaje de detección y clasificación adecuados en pruebas de video.

Por otra parte, se realizó la comparación de entrenamiento de las redes neuronales artificiales, donde el menor tiempo de procesamiento se obtiene utilizando el acelerador de entrenamiento Neuronal Stick 2 de Intel, con la red neuronal artificial Keras “B”, con veinte horas en la prueba quince con buenos porcentajes de detección para las plagas y la zona de exclusión como se muestra en la tabla 1.

Este entrenamiento permitirá el desarrollo en trabajos futuros de un robot autónomo, que pueda tomar decisiones en cuanto al tratamiento de plagas de acuerdo al nivel de infestación en el cultivo, así como la generación de software de análisis para la toma de decisiones sobre la producción.

Anexos

El seudocódigo utilizado para la red neuronal artificial Keras es el siguiente:

Nombre de archivo de imagen→ nombreimagen + 1
correcto →imagen encontrada!= -1
incorrecto→ "incorrecto"
mostrar → porcentaje de detección , correcto
salida → imagen a 1080 pixeles
Cpu análisis→ salida en, etiqueta, (10, 25), Correr FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
0.7, (0, 255, 0), 2)
Imprimir→ información en etiqueta
Mostrar →("Salida", porcentaje)
Finalizar proceso

De igual manera se utilizó un esquema de cuatro procesos para generar una sola red neuronal artificial en Python mediante los siguientes cuatro procesos por lotes en ejecución:

1.- $ python classify.py --model pokedex.model --labelbin lb.pickle \--image database/moscablanca.MPG4
Using TensorFlow backend.
[INFO] loading network...
[INFO] classifying image...
[INFO] moscablanca: 95.77% (correct)

2.- $ python classify.py --model pokedex.model --labelbin lb.pickle \--image database/pulgones.MPG4
Using TensorFlow backend.
[INFO] loading network...
[INFO] classifying image...
[INFO] pulgones: 85.36% (correct)

3.- $ python classify.py --model pokedex.model --labelbin lb.pickle \--image database/rañaroja.MPG4
Using TensorFlow backend.
[INFO] loading network...
[INFO] classifying image...
[INFO] aranaroja: 90.00% (correct)

4.- $ python classify.py --model pokedex.model --labelbin lb.pickle \--image database/Zonaexc.MPG4
Using TensorFlow backend.
[INFO] loading network...
[INFO] classifying image...
[INFO] Zonaexc: 91.00% (correct)

Estos cuatro procesos son necesarios para mostrar al usuario la detección sobre el video tomado por la cámara de reconocimiento de plagas del robot.

Referencias

1) Arivazhagan, S., Newlin Shebiah, R., Ananthi, S., & Vishnu Varthini, S. (2013). Detection of unhealthy region of plant leaves and classification of plant leaf diseases using texture features. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 15(1), 211–217. Retrieved from http://cigrjournal.org/index.php/Ejounral/article/view/2338/1720
2) Berra, E. (2018). Redes neuronales para la toma de decisiones en el sector agrícola análisis exploratorio. Reaxión, 4(February), 31–45. Retrieved from http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Redes_neuronales_para_la_toma_de_decisiones_en_el_sector_agrícola_analisis_exploratorio.html
3) Bonilla-Aparicio, M. E., Hernández-Sánchez, F., Mendieta-Sánchez, E., & Herrera-Fuentes, C. (2005). HORTICOLA DIVERSITY FOR FOOD SECURITY MARGINALIZED MUNICIPALITIES IN STATE OF PUEBLA. Ra Ximhai, 8(3), 81–110.
4) Fuentes, A., Yoon, S., Kim, S. C., & Park, D. S. (2017). A robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition. Sensors (Switzerland), 17(9). https://doi.org/10.3390/s17092022
5) Gutiérrez Espíritu, J., & Armas Valencia, J. (2018). Diseño de un controlador basado en redes neuronales para la irrigación por goteo sobre cultivos en el distrito de Huacho. Universidad Tecnológica Del Perú. Retrieved from http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/1622
6) INEGI-SAGARPA. (2015). Información Relevante.
7) Juárez-López, P., Bugarín-Montoya, R., Sánchez-Monteón, A., Balois-Morales, R., Juárez-Rosete, C., & Cruz-Crespo, E. (2012). PERSPECTIVAS PROTECTED HORTICULTURESITUACIÓN ACTUAL Y IN NAYARIT , MEXICO :, 1, 16–24.
8) Mitidieri, M. S., & Polack, L. A. (2012). Guía de monitoreo y reconocimiento de plagas, enfermedades y enemigos naturales de tomate y pimiento. Boletín de Divulgacion Tecnica N° 22 - INTA.
9) Mou, Y., Zhao, Q., & Zhou, L. (2009). Application of simulated annealing algorithm in pest image segmentation. ISCID 2009 - 2009 International Symposium on Computational Intelligence and Design, 1(5), 19–22. https://doi.org/10.1109/ISCID.2009.12
10) OCDE/FAO. (2017). Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO. https://doi.org/10.1007/BF02915673
11) Vega, H., Cortez, A., Huayna, A., Loayza, L., & Naupari, P. (2009). Reconocimiento de patrones mediante redes neuronales artificiales. Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática, 6(2), 17–26. Retrieved from http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bibvirtual/publicaciones/risi/2009_n2/v6n2/a03v6n2.pdf

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE BIG DATA EN LA PLATAFORMA "CLUSTERBUHO"

J.A. Venegas García[1], T.L. Estévez Dorantes[1], M. Panzi Utrera[1], G. Hernández Acevedo[1], E. Mota Diaz[1]*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 Núm. 852 Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320. Orizaba, Veracruz, México.
** jvenegasg@orizaba.tecnm.mx*
Área de participación: *Sistemas Computacionales*

Resumen.

"ClusterBuho" es una plataforma HPC (High Performance Computing) derivada de un proyecto de investigación del TecNM, implementada como un clúster tipo Beowulf de bajo costo. ClusterBuho tiene instalado Rocks Cluster como Sistema Operativo Distribuido basado en CentOS Linux, el cual nos permite desarrollar y ejecutar algoritmos paralelos y distribuidos. Su enfoque pretende ser la resolución de problemas de tipo económico, financiero y científico principalmente en empresas y centros de investigación de la Región de las Altas Montañas del Estado de Veracruz, México.

En este trabajo se presenta el comportamiento de la plataforma "ClusterBuho", en el tratamiento de 2 V´s de Big Data (Velocidad (procesamiento) y Volumen(almacenamiento)); por ahora se está trabajando con archivos estructurados; para lo cual se desarrollaron algoritmos paralelos de consulta y selección trabajando sobre archivos de texto plano CSV; los algoritmos fueron codificados en lenguaje C integrando MPI, una interfaz estandarizada para aplicaciones en paralelo.

Palabras clave: *ClusterBuho, BigData, Volumen, Velocidad*.

Abstract.

"ClusterBuho" is an HPC (High Performance Computing) platform derived from a TecNM research project, implemented as a low-cost Beowulf cluster ClusterBuho has installed "Rocks Cluster" as a Distributed Operating System based on Centos Linux, which allows us to develop and execute parallel and distributed algorithms. Its focus is to solve economic, financial and scientific problems mainly in companies and research centers in the High Mountains Region of the State of Veracruz, Mexico.

This paper presents the behavior of the "ClusterBuho" platform, in the treatment of 2 V's of Big Data (Velocity(processing speed), Volume (storage quantity)); for now it is working with structured files; for which parallel consultation and selection algorithms were developed working on CSV plain text files; the algorithms were encoded in C language integrating MPI, a standard interface for parallel applications.

Key words: *ClusterBuho, BigData, Volume, Velocity*.

Introducción.

Las tendencias en computación requieren de un aumento constante de recursos. Cuando se tienen más recursos se resuelven los problemas planteados y entonces se piensa en resolver problemas más complejos y, nuevamente, se llega a la conclusión de que se necesitan más recursos. Este círculo vicioso ha guiado los avances del hardware y software, y la inserción de las computadoras en casi cualquier campo de aplicaciones. Se llega así a necesitar de "supercomputadoras" que, como bien se sabe, son de un altísimo costo, tanto en la inversión inicial como en su mantenimiento y actualización. Sin embargo, un tipo particular de supercomputadoras se logra mediante la agrupación de muchas computadoras en un clúster (Milone, Azar, & Rufiner, 2001).

La idea básica de un clúster es simple: se trata de un conjunto de computadoras conectadas a través de una red, trabajando en un gran problema de cómputo que ha sido dividido en varios subproblemas pequeños. Existen diferentes configuraciones de hardware y mucho software disponible para trabajar en un clúster, dividiendo los problemas y aprovechando al máximo los recursos disponibles. Todos estos paradigmas de resolución de problemas tienen sus bases en el cómputo paralelo (Milone, Azar, & Rufiner, 2001).

El paralelismo consiste en poder dividir una tarea en partes que trabajen independientemente en lugar de poseer una única tarea en la que todos sus procesos se encadenan uno tras otro, necesitando de los resultados del anterior para poder comenzar. El paralelismo posee dos componentes bien diferenciados: el hardware y el software (Milone, Azar, & Rufiner, 2001).

Una aplicación o programa diseñado para ejecutarse en un clúster se ejecuta en el nodo maestro, el sistema operativo y la biblioteca de paralelización se encargan de ejecutar copias de este programa en los nodos esclavos del clúster. Todas estas instancias de la aplicación se ejecutan en paralelo y trabajan en conjunto enviándose datos para colaborar en el cálculo de la solución final.

La tarea del programador es determinar qué partes concurrentes del programa deben ejecutarse en paralelo y qué partes no. La respuesta a esto determinará la eficiencia de la aplicación (Galan, García, Álvarez , Ocón, & Rubio, 2013).

El compendio de datos que es generado por las organizaciones en sus ambientes internos y externos puede resultar en valiosa información aplicable a la toma de decisiones, estos grandes volúmenes de datos, habitualmente complejos, que no pueden procesarse por medio de herramientas tradicionales es lo que se conoce

como Big Data, esta tecnología, es capaz de manejar a gran velocidad grandes volúmenes de información valiosa, compleja, interconectada y de tipología muy variada (Gene Badia, Gallo de Puelles, & de Lecuona, 2018).

Los conceptos claves asociados al término Big Data, se han denominado las 3V (volumen, velocidad y variedad), e inclusive las 6V, donde se añaden variabilidad, veracidad y valor a otros aspectos.

Metodología.

Materiales.

Plataforma ClusterBuho. ClusterBuho es una plataforma de cómputo de alto rendimiento HPC (High Performance Computing) de bajo costo; su arquitectura fue diseñada como un clúster tipo Beowulf (Figura 1), implementado con base en una Red de Área Local.

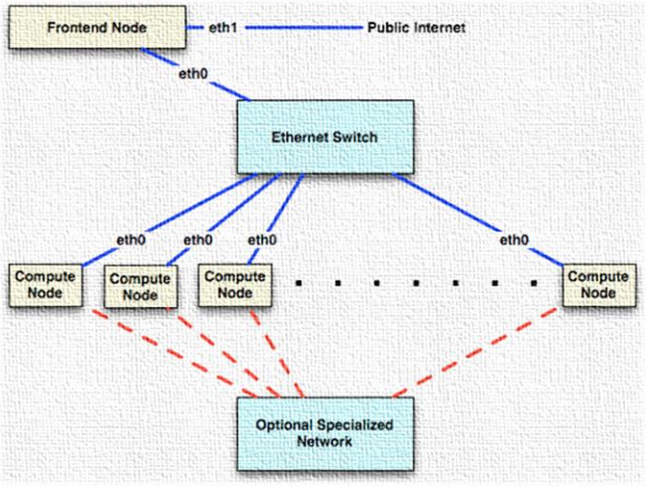


Figura 1. Topología base de Rocks Cluster. (Rocks, 2017)

ClusterBuho (Figura 2) está conformado por un Switch de alta velocidad, cables UTP (Unshielded Twisted Pair) categoría 5e, cinco computadoras tipo torre cada una con interfaz de red de alta velocidad, disco duro de estado sólido y 8 Gb de memoria RAM. En la parte del Software, se instaló el Sistema Operativo Rocks Cluster, basado

 ISSN 2007-8102

en el sistema operativo CentOS, utiliza un sistema de scripts basados en Python y una base de datos MySQL para administrar el clúster de nodos, provee de un almacén de datos rápido y completamente administrado, que permite analizar todos los datos de forma sencilla y rentable (Rocks, 2017).



Figura 2. ClusterBuho

Metodología global propuesta.

Se integra la tecnología de clúster Beowulf con Rocks Cluster como sistema operativo y Big Data (Figura 3), para tratar de proporcionar a las empresas y centros de investigación una alternativa rápida y certera en la toma de decisiones, así como en la obtención de resultados con gran volumen de procesamiento.

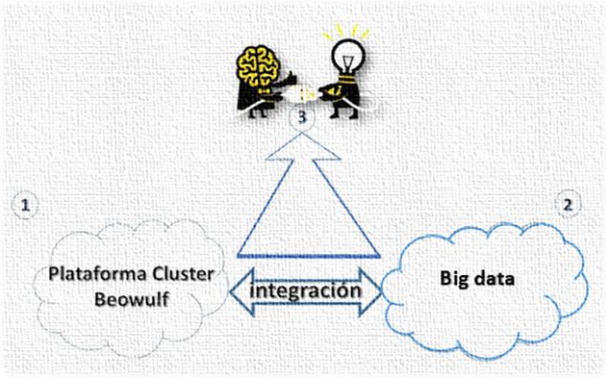


Figura 3. Metodología Global integración ClusterBuho con Big Data.

1. Se realiza la planeación e implementación del clúster Beowulf de alto rendimiento, este será construido bajo la metodología de implementación de clúster, tanto en la infraestructura física como en la instalación de la plataforma de Software (Rocks Cluster o Apache Hadoop).
2. Se analiza todo lo concerniente a Big Data, para tener un idea correcta y concreta de lo que abarcan esta área, para así poder encontrar la manera de cómo se puede lograr la integración de Big Data con la plataforma clúster beowulf de alto rendimiento.
3. Se lleva a cabo la integración de ambos actores, lo cual hará posible el poder resolver problemas que impliquen procesar una gran cantidad de datos, almacenados principalmente en archivos de texto plano CSV como Base de Datos. La integración considera inicialmente dos V's del Big Data, Volumen y Velocidad.

 ISSN 2007-8102

Metodología para el diseño de programas paralelos.

Idealmente, la ejecución paralela debería dar como resultado un rendimiento más rápido. El factor limitante en el rendimiento paralelo es la velocidad de comunicación (ancho de banda) y la latencia entre los nodos de cómputo. Muchos de los puntos de referencia paralelos comunes son el alto grado de paralelismo y comunicación y la latencia los cuales no suelen ser el cuello de botella. Este tipo de problema se puede llamar “paralelismo obviado”. Otras aplicaciones no son tan simples y ejecutar partes concurrentes del programa en paralelo puede hacer que el programa se ejecute más lentamente, compensando así cualquier aumento de rendimiento en otras partes concurrentes del programa. La tarea del programador es determinar qué partes concurrentes del programa deben ejecutarse en paralelo y qué partes no. La respuesta a esto determinará la eficiencia de la aplicación. En una computadora paralela perfecta, la relación de comunicación / procesamiento sería igual a uno y cualquier cosa que sea concurrente podría implementarse en paralelo (Galan, García, Álvarez , Ocón, & Rubio, 2013).
Para lograr un nivel de paralelismo lo más eficiente posible, se siguió la metodología de diseño de algoritmos paralelos enunciada por David Culler (Figura 4). Esta está constituida por cuatro pasos a seguir en el momento que se diseña un algoritmo para ejecutar de forma paralela (Culler & Singh, 1999):

1. Descomposición del programa secuencial en tareas,
2. Asignación de tareas a procesos,
3. Organización del acceso a datos necesario, comunicación y sincronización entre procesos, y
4. Mapeo o vinculación de procesos a procesadores.

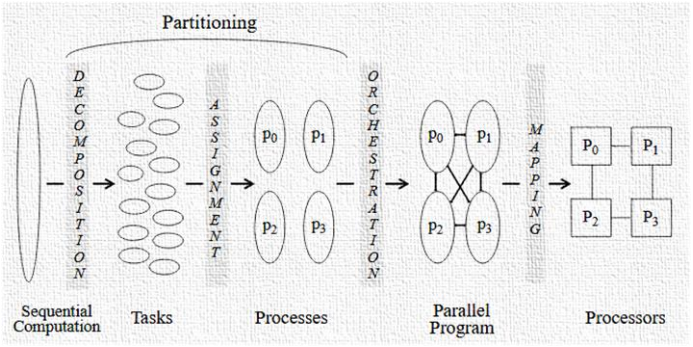


Figura 4. Etapas de proceso de paralelización (Culler & Singh, 1999).

Fases de Consultoría de Big Data (Instituto de ingeniería del conocimiento, 2017)**.**

Fase 1. Workshops para ver datos y necesidades

Normalmente, se realizan una serie de workshops donde se llevan a cabo dos acciones:

- Ver los datos disponibles.
- Identificar necesidades.

Fase 2. Listado de solución

Como resultado de la primera fase y tras el análisis de los datos, se prepara un listado con las posibles soluciones que pueden implementarse.

Fase 3. Ordenación y limpieza de los datos

Una vez que se llega a este punto, los datos se ordenan y organizan, y se extrae información relevante para la toma de decisiones.

Fase 4. Prototipo de la solución

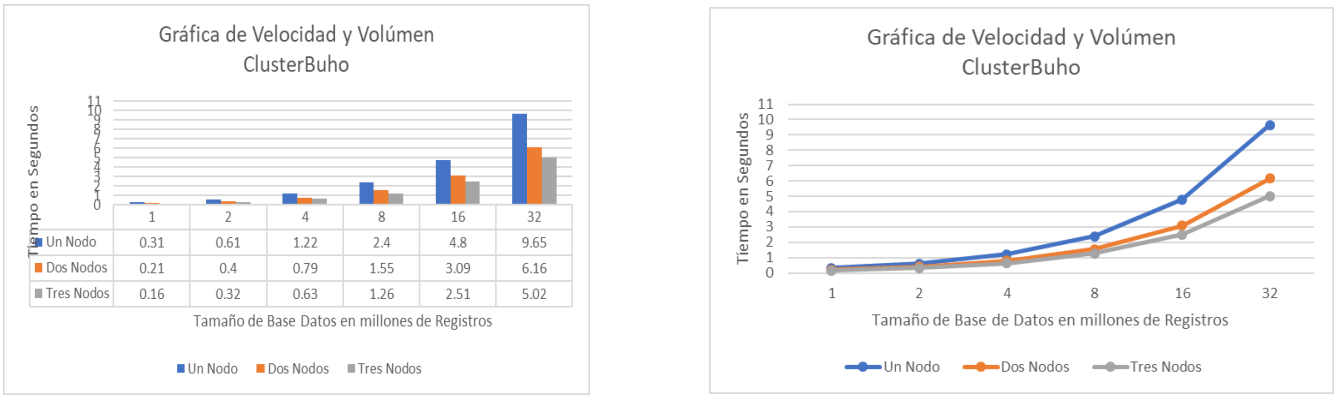
Una vez que se sabe la solución a aplicar ante el problema que se tenía, y que los datos se han ordenado, se puede realizar un prototipo sobre la solución que explota esos datos.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión.

Con base en 2 V´s del Big Data, se realizaron pruebas de rendimiento en el ClusterBuho. Con respecto al Volumen se emplearon archivos de texto plano CSV de 1,2,4,8,16 y 17 millones de registros, en cuanto a la Velocidad se empleó la arquitectura del ClusterBuho como tal, con una computadora como nodo capataz y tres computadoras como nodos esclavos.

Se desarrolló un algoritmo paralelo de búsqueda y selección basándose en el modelo de programación MapReduce (Figura 6). El algoritmo actúa sobre una base de datos en texto plano CSV, buscando un campo llave y seleccionando todos los registros coincidentes: cada nodo esclavo almacena sus coincidencias en archivos propios, siendo el nodo capataz el que haga la reunión de las coincidencias en un archivo único. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5.



	1	2	4	8	16	32
Un Nodo	0.31	0.61	1.22	2.4	4.8	9.65
Dos Nodos	0.21	0.4	0.79	1.55	3.09	6.16
Tres Nodos	0.16	0.32	0.63	1.26	2.51	5.02

Figura 5. Gráficas de rendimiento Velocidad y Volumen ClusterBuho

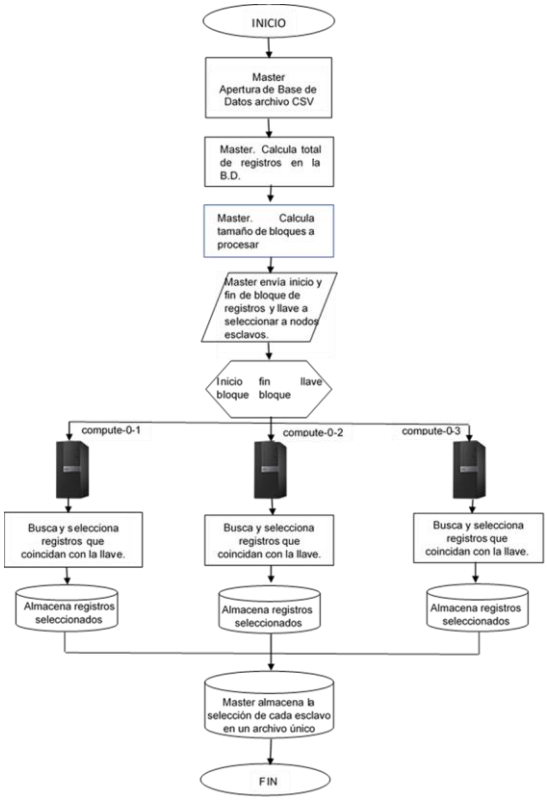


Figura 6. Algoritmo paralelo de búsqueda y selección

 ISSN 2007-8102

Se realizó una prueba en Power Pivot y ClusterBuho sobre una Base de Datos de 17 391 570, se pudo observar que Power Pivot arrojó un tiempo de respuesta de 2 segundos en una operación de selección y filtrado de datos, lo más semejante al algoritmo paralelo desarrollado (Figura 7). ClusterBuho arrojó un tiempo de siete segundos, si bien Power Pivot nos muestra una velocidad superior a ClusterBuho en esta operación, se deben considerar ciertos factores relevantes a favor de ClusterBuho que están inmersos en la naturaleza operativa de Power Pivot, como son:

- Power Pivot trabaja sobre datos no editables históricos por lo que necesita un tiempo de preparación de datos, este tiempo en dicha prueba fue de seis minutos.
- Power Pivot ofrece fórmulas ya predefinidas como promedios, sumatoria, conteo y selección, lo que nos obliga a solo atender resoluciones de problemas que se pueden resolver con sus funciones predefinidas, y no da opción de desarrollar algoritmos a medida.

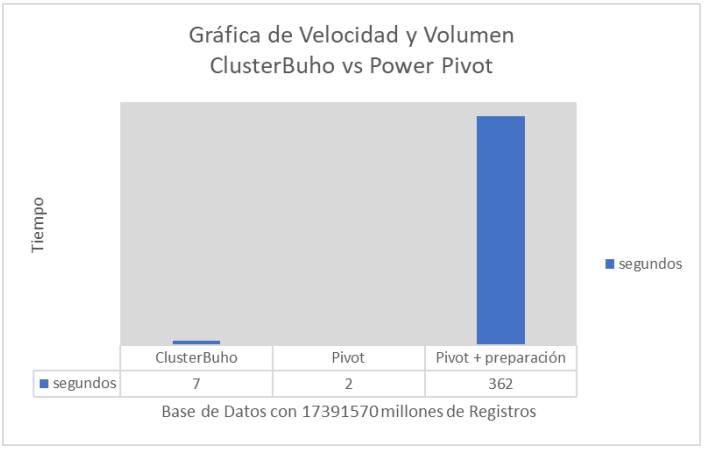


Figura 7. Gráfica de velocidad y volumen, ClusterBuho, Power Pivot

Se realizaron pruebas de procesamiento de 17 391 570 registros en ClusterBuho (Tabla 1):

Nodos	Segundos
1	19.8
2	11.6
3	7.8

Tabla 1. Tiempos registrados con uno, dos y tres nodos en ClusterBuho

Aplicando una técnica de regresión cuadrática, obtenemos la siguiente curva (Figura 8):

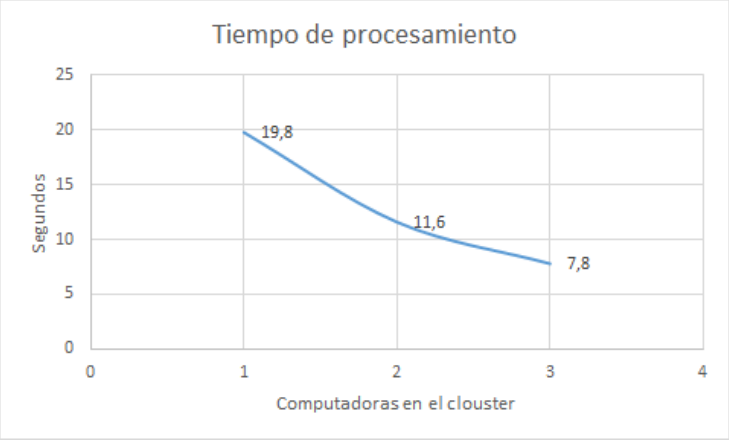


Figura 8. Gráfica de regresión basada en el modelo cuadrático

Lo cual permite inferir los siguientes tiempos (Tabla 2):

Nodos	Segundos
4	5.9
5	4.9
6	4.5

Tabla 2. Tendencias de la disminución de tiempos en ClusterBuho

Por lo que se puede inferir que conforme va creciendo ClusterBuho en número de nodos, va aumentando su rendimiento, el cuál tiende a ser muy superior a otras herramientas como Pivot de Excel, tomando en cuenta que en ClusterBuho no es necesario un tiempo de preparación de los datos y se tiene una gran libertad en la información que deseamos obtener de las consultas.

Trabajo a futuro.

- Realizar algoritmos que procesen datos de Bases de Datos de una empresa de la Zona Centro del Estado de Veracruz, que arrojen resultados estadísticos, históricos de ventas o puntos de reorden para la toma de decisiones.
- Implementar en ClusterBuho el framwork Apache Hadoop ya que presente similitudes a Rocks Cluster y es adaptable a un clúster tipo Beowulf.
- Probar el tratamiento de datos no estructurados en Rocks Cluster, sistema operativo implementado en ClusterBuho.
- Realizar pruebas con algoritmos de optimización y entrenamiento de redes profundas.

Conclusiones

Se tuvo un buen rendimiento en el manejo de 2 V´s claves de Big Data, velocidad y volumen sobre datos estructurados; también se observó un rendimiento óptimo para tareas que demandan un mayor procesamiento; lo cual nos permite concluir que ClusterBuho presenta factibilidad para la resolución de problemas de Big Data con la ventaja de ser económico y escalable. Contra Power Pivot presentó ventajas en el procesamiento de consultas sin preparación previa con archivos de texto plano csv estructurados. El estudio de inferencia en el escalamiento de nodos del ClusterBuho, permitió corroborar que la plataforma presenta un crecimiento óptimo en su rendimiento.

Referencias

Culler, D. E., & Singh, J. P. (1999). *Parallel Computer Architecture A Hardware / Software Approach.* California, Berkeley: Elsevier.

Galan, M. J., García, F., Álvarez , L., Ocón, A., & Rubio, E. (04 de 10 de 2013). *European Mathematical Information Service.* Recuperado el 09 de 08 de 2017, de European Mathematical Information Service: https://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings13/44_BeowulfClusterforHigh-PerfComp.pdf

Gene Badia, J., Gallo de Puelles, P., & de Lecuona, I. (01 de 01 de 2018). Bigdata y seguridad de la información. *Atención Primaria*, 3-5. Recuperado el 22 de 04 de 2019, de ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0212656717307564

Instituto de ingeniería del conocimiento. (29 de 03 de 2017). *Instituto de ingeniería del conocimiento*. Obtenido de Instituto de ingeniería del conocimiento: http://www.iic.uam.es/innovacion/en-que-consiste-una-consultoria-big-data/

 ISSN 2007-8102

Milone, D. H., Azar, A. A., & Rufiner, L. H. (11 de 09 de 2001). *Centro de Investigación de Métodos Computacionales.* Recuperado el 04 de 03 de 2017, de Centro de Investigación de Métodos Computacionales: https://cimec.org.ar/foswiki/pub/Main/Cimec/ClusterActivity/cluster.pdf

Rocks. (01 de 05 de 2017). *ROCKS Open-Source Toolkit for Real and Virtual Clusters*. Recuperado el 01 de 08 de 2018, de ROCKS Open-Source Toolkit for Real and Virtual Clusters: http://www.rocksclusters.org/

Análisis de Seguridad para la Autenticación y Privacidad en Entornos IoT

David Bello-Bustamante[1], Carlos Alberto Ochoa Rivera[2], Alessandra Reyes-Flores[2]
[1,2]Facultad de Estadística e Informática, Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario, Universidad Veracruzana, Av. Xalapa s/n, Obrero Campesina, 91020 Xalapa-Enríquez, Ver., México
[1]zS18016332@estudiantes.uv.mx, [2]{cochoa, itreyes}@uv.mx
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IoT), es una tecnología encargada de mantener dispositivos interconectados que a su vez pueden compartir información, datos y comunicarse entre sí para cumplir un objetivo en común. Al ser una tecnología reciente se espera que el número de dispositivos conectados aumente de manera significante, convirtiéndose en parte importante de la vida cotidiana de una persona, pero que podría exponer información personal de ésta. Por lo tanto, es de gran importancia considerar la seguridad de los nodos que serán los encargados de mantener la conexión entre los dispositivos que se encuentren conectados en un entorno IoT. En este documento se realiza un análisis de trabajos relacionados en cuanto a la seguridad en IoT con la finalidad de obtener características principales de la autenticación y privacidad, estas servirán para propuestas futuras de seguridad que apoyen a los desarrolladores a crear entornos IoT seguros.

***Palabras clave**: IoT, Seguridad, Autenticación, Privacidad.*

Abstract

The Internet of Things (IoT), is a technology responsible for maintaining interconnected devices, in turn they can share information, data and communicate with each other to meet a common goal. Being a recent technology, the number of connected devices is expected to increase significantly, becoming an important part of a person's daily life, but which could expose their personal information. Therefore, it is of great importance to consider the security of the nodes that will be responsible for maintaining the connection between the devices that are connected in an IoT environment. In this document, an analysis of related works regarding security in IoT is carried out with the purpose of obtaining main authentication and privacy features, these will serve for future security proposals that support developers to create secure IoT environments.

***Key words**: IoT, Security, Authentication, Privacy.*

Introducción

El Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IoT), es una tecnología que permite conectar tanto como personas, como objetos o dispositivos, que a su vez estos permiten el intercambio de bienes y servicios en las redes. Weber [2010], define a IoT como una arquitectura técnica global emergente basada en Internet que facilita el intercambio de bienes y servicios en las redes de la cadena de suministro global, en donde se tienen que establecer medidas de seguridad que garanticen la resistencia a ataques, la autenticación de datos, el control de acceso y la privacidad del cliente.

IoT ha crecido con gran rapidez, de tal forma que se espera un aumento de las interconexiones de los dispositivos y, por lo tanto, una gran cantidad de información que será compartida de manera inalámbrica en su mayoría. Al ser una tecnología reciente y al depender, en su mayoría, de una conexión inalámbrica, surgen diversos

problemas de seguridad, por ejemplo, el uso de servicios de red inseguros, la falta de mecanismos de actualización seguros, insuficiente protección a la privacidad, entre otros. Es importante garantizar que la información que se comparten entre los dispositivos no se vea comprometida y, en caso de ser comprometida, poder mitigar lo más pronto posible la invasión a la seguridad y privacidad de estos.

La tecnología de IoT presenta nuevos retos, como el tratar de mantener una conexión segura entre los dispositivos que comparten información en sí, muchos desarrolladores de esta nueva tecnología se preocupan principalmente por la funcionalidad, conectividad y diseño de los dispositivos, dejando de lado la seguridad de estos. Un entorno de IoT maneja distintas aplicaciones de acuerdo con las necesidades de donde este aplicado, sin embargo, si las personas que se encuentran interactuando dentro del entorno, como lo podrían ser desarrolladores, colaboradores y empleados, no toman medidas de seguridad y no protegen la información, la confidencialidad de los datos que se comparten se podría decir que se encuentra en riesgo.

Los principales criterios de inclusión ocupados para la selección de los documentos para el análisis fueron: revistas, conferencias y artículos formales de fuentes confiables, documentos relacionados con la seguridad y el análisis de técnicas para la autenticación y privacidad en IoT, así como de amenazas y vulnerabilidades. Por otra parte, los criterios de exclusión fueron: documentos e investigaciones anteriores al año 2010, literatura que solo estaba disponible en forma de resúmenes o presentaciones de diapositivas, y documentos que no tengan contribución alguna o no hablen de trabajos a futuro. Los estudios de revisión sistemática se identificaron utilizando la siguiente cadena de búsqueda: ((“Security” OR “Privacy”) AND (“IoT” OR “Internet of Things”) AND “Authentication”), buscando principalmente en las siguientes bases de datos: IEEExplore, Springer Link y Google Academic. Tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, la búsqueda se acotó en ocho documentos que son tomados en cuenta en el actual trabajo.

En este artículo se presenta una investigación sobre proyectos de seguridad enfocados en prevalecer la autenticación y privacidad de usuarios dentro de un entorno IoT, así como, se hace un análisis de lo que estos trabajos han considerado importante para la implementación de un entorno IoT seguro. De acuerdo con el análisis realizado en los trabajos de investigación se obtendrán las características relevantes de la autenticación y de la privacidad de cada uno de estos, que servirán para propuestas futuras de seguridad y que apoyen a los desarrolladores a crear entornos IoT seguros. Se pretende que las propuestas futuras tomen en cuenta las características obtenidas del análisis y se agreguen otras más teniendo presente aspectos de usabilidad que apoyen al buen uso del entorno evitando así fallas en la seguridad de este, como lo podrían ser las malas practicas por parte del usuario que dejan al entorno vulnerable ante posibles ataques.

En la sección dos se hace una breve explicación de lo que es IoT. Se adentra al tema principal que es la seguridad y privacidad en IoT en la sección tres, donde también se habla acerca de los principales servicios y mecanismos de seguridad que se toman en cuenta en IoT. Posteriormente, en la sección cuatro se habla de las amenazas y vulnerabilidad que afectan a la autenticación y privacidad en IoT. En la sección cinco se realiza el análisis de los trabajos que se enfocan apoyar a la autenticación y privacidad de IoT. En la sección seis se realiza la discusión del análisis realizado de los trabajos seleccionados. Por último, en la sección siete la conclusión del presente trabajo.

Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IoT), es una tecnología que se encarga de mantener dispositivos interconectados, que a su vez comparten información, datos y se comunican entre sí para cumplir un objetivo en común. Cendón [2019], menciona en su publicación que en 2009 fue cuando Kevin Ashton, profesor del MIT en aquel entonces, usó la expresión *Internet of Things* de manera pública, aunque el propio Ashton ha comentado que la expresión se ha venido manejando desde 1999, más no se había hecho pública.

IoT en las últimas décadas ha avanzado de tal forma que cada vez es más común conectarse a Internet con mayor facilidad y con dispositivos relativamente de bajo costo, por ejemplo, teléfonos, electrodomésticos, relojes, automóviles, entre otros. IoT se aplica en distintas áreas, ya que depende de la creatividad e ingenio de los desarrolladores para ajustar productos y servicios en las diversas áreas de aplicación [Alcaraz, 2014]:

- En el hogar: para el control y automatización de los sistemas del hogar, la monitorización del estado de la casa y electrodomésticos inteligentes.
- En ciudades: control y monitorización del tráfico.
- En los automóviles: para facilitar el mantenimiento de sus productos y aumentar la información que los usuarios reciben de sus automóviles.
- En la salud: para el control y tratamientos más eficientes y para el cuidado de personas mayores.
- En el medio ambiente: para la recolección de información sobre ciertos indicadores ambientales, como lo podría ser la calidad del aire, suelo o agua.

Jing y cols. [2014], en su trabajo señalan que las aplicaciones IoT brindan comodidad a las personas, pero qué si estas aplicaciones no garantizan la seguridad de la privacidad personal, entonces la información privada corre el riesgo de filtrase en cualquier momento. Por lo tanto, la seguridad en IoT no debe ser ignorada.

Seguridad en IoT

La seguridad, en redes, consiste en prevenir y tratar de proteger lo mejor posible la intrusión no autorizada de personas o mecanismos maliciosos que expongan la privacidad de los datos que se manejan en una red. Por otra parte, la seguridad en redes inalámbricas supone una mayor complejidad para mantener la seguridad dentro de ésta, ya que no dependen de una infraestructura de cables como una red tradicional, sino de un enlace que utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo), por lo que la información que se comparte dentro de la red puede ser interceptada con más facilidad dejándola vulnerable a ataques mal intencionados.

Zhao y col. [2013], definen los problemas de seguridad de IoT como los mismos que se presentan en las WSN (*Wireless Sensor Network*), en las redes de comunicaciones móviles e Internet, pero en IoT se presentan otros problemas más particulares, de los cuales los más a resaltar son: el problema de la protección de la privacidad, la autenticación de la red, los problemas de control de acceso, el almacenamiento y la gestión de la información.

De cierta forma, estar conectados en la actualidad en una red inalámbrica y preservar la privacidad es unos de los retos que se generan con el uso de IoT, mientras más personas usen diferentes servicios de Internet, es más difícil mantener la confidencialidad de su información personal, por lo cual, es importante asegurar a los usuarios que al utilizar esta tecnología su información no se verá afectada y su privacidad se mantendrá protegida.

Alcaraz [2014], alude que la privacidad y la seguridad en IoT podrían ser los aspectos más desafiantes al implementar esta tecnología, ya que un usuario al estar conectado en un entorno IoT muchas veces ignora como y quien se encuentra recolectando información de su dispositivo sin su consentimiento, donde esta información podría considerarse sensible, tal como conversaciones, el estado bancario, geoposicionamiento, etc.

Sánchez y cols. [2013], señalan que por lo general los intrusos escanean protocolos y puertos conocidos de los dispositivos conectados a una red para así intentar acceder a páginas de administración de estos, en caso de no tener éxito, usan escaneos más sofisticados que imitarán el comportamiento de un usuario autorizado dentro del entorno, de esta forma extrayendo información personal de los usuarios que se comparte dentro del entorno.

Existen requisitos de seguridad y privacidad que deben ser considerados al crear entornos de IoT que ayudarán a la disminución de riesgos o a la mitigación de estos [Weber, 2010]:

- Resiliencia a los ataques: el entorno tiene que estar preparado para posibles fallas dentro de este, así como de tenerlas detectadas.
- Autenticación de datos: la información que se maneja dentro del entorno exige ser autenticada y verificar que viene de una fuente legítima.
- Control de acceso: se requiere implementar un control de acceso que garantice que solo personas con permisos puedan hacer uso de los servicios que se comparten dentro del entorno.

Servicios de seguridad en IoT

La mayoría de los servicios de IoT son proporcionados mediante WSN, en estas redes los dispositivos que se interconectan son llamados nodos o motas, el cometido de estos dispositivos es recopilar la información del entorno y transmitirla a una estación base donde se almacenan y se analizan los datos [Rodríguez y cols., 2014]. De acuerdo con las características de los nodos sensores y del entorno a donde se implemente, se requiere tomar precauciones y consideraciones para garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos que se comparten dentro del entorno IoT.

Para poder garantizar atenuación o mitigación de ataques y vulnerabilidades se necesita disponer de un nivel de seguridad y privacidad de acorde a los servicios que se prestan dentro del entorno IoT y de la información que se comparte. Sanchez y cols. [2015], menciona que este nivel de seguridad y privacidad se realiza mediante servicios de seguridad obtenidos mediante un conjunto de mecanismos y contramedidas capaces de contrarrestar los ataques o amenazas sobre los elementos que se deben proteger. A continuación, en la Tabla 1 se mencionan los servicios de seguridad que son ocupados dentro de un entorno IoT.

Tabla 1. Servicios de Seguridad ocupados en un entorno IoT [Sanchez y cols., 2015].

Servicio de seguridad	Características
Autenticación	Para identificar la entidad comunicante y la fuente de datos.
Control de Acceso	Para prevenir el uso no autorizado de los recursos.
Confidencialidad de los Datos	Para protegerlos contra la revelación no autorizada.
Integridad de los Datos	Para garantizar que no han sido alterados o destruidos de una manera no autorizada.
No Repudio	Para dar prueba del origen de los datos o de entrega de estos
Disponibilidad	Para garantizar la continuidad de la accesibilidad y utilización por las entidades autorizadas.
Privacidad	Para controlar la información que posee un usuario y limitar la cantidad de personas autorizadas para obtenerla.

Los servicios de seguridad se proporcionan mediante mecanismos que apoyan a la seguridad de estos, se pueden ocupar solos o combinados. Ruiz y cols. [2016], resaltan que cualquier persona maliciosa puede llegar a manipular los dispositivos encargados de compartir la información dentro del entorno, de tal forma de comprometer el canal de comunicación entre estos, pero con el uso de algunos mecanismos de seguridad se podrían llegar a evitar o mitigar estas vulnerabilidades. Los mecanismos que más resaltan al momento de crear un entorno IoT son: el cifrado, el uso de firmas digitales, mecanismos para el control de acceso y de integración de datos, el intercambio de autenticación, entre otros [Sanchez y cols., 2015].

Amenazas y vulnerabilidades en IoT

La seguridad de la información es un aspecto importante el cual está dando de qué hablar dentro de IoT, ya que el número de dispositivos conectados a Internet es cada vez mayor, lo que supone un crecimiento en la exposición de los datos en la red, Evans [2011]. Existen distintas amenazas y vulnerabilidades dentro de IoT que ponen en riesgo la seguridad del entorno dado que un atacante aprovecha estas vulnerabilidades y amenazas para adentrase en este. Las amenazas y vulnerabilidades atacan directamente a los servicios de seguridad IoT con la intención principal de exponer la privacidad de los datos que se manejan dentro del entorno.

Perera [2018], divide las amenazas y vulnerabilidades en ocho grupos en función de la finalidad para la cual se utiliza cada una de ellas, como este trabajo está enfocado en cubrir la autenticación y privacidad de usuarios solo serán tomadas en cuenta las amenazas y vulnerabilidades que puedan comprometer a estos dos atributos de seguridad dentro de un entorno IoT como lo muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Amenazas y vulnerabilidades que afectan a la autenticación y privacidad en un entorno IoT, [Perera, 2018].

Grupo	Función del ataque	Características	Ataques
1	Abusos/Ataques negativos	Amenazas y vulnerabilidades que se adentran en el sistema para controlarlo.	• Malware • *Exploit* • Denegación de Servicio (DDoS) • Suplantación de dispositivos • Modificación de la información
2	Interceptores/ Secuestradores de comunicaciones	Amenazas y vulnerabilidades que se utilizan para recolectar información de los dispositivos mientras es transferida a través del entorno.	• *Man-in-the-Middle* • Secuestro del protocolo de comunicación • Intercepción de la información • Analizadores de la red • Reproducción de mensajes
3	Empleados maliciosos	Amenazas y vulnerabilidades que surgen tras exponerse datos sensibles intencionalmente.	• Filtrado de información privada

De esta manera quedan tres grupos donde si se llevan a cabo estas amenazas y vulnerabilidades se vería afectada la autenticación y la privacidad de los usuarios dentro de un entorno IoT.

Análisis de trabajos enfocados en la autenticación y privacidad de IoT

Se ha identificado que los servicios de seguridad se apoyan unos a otros, es decir, la autenticación permite un mejor control de acceso y la privacidad ayuda a la confidencialidad de los datos, por lo tanto, se ha realizado un análisis de trabajos de investigación en los que se han enfocado en apoyar a algunos servicios. Particularmente, en análisis se realizó sobre proyectos enfocados en autenticación y privacidad.

Existen diversos trabajos que ayudan a facilitar la obtención de datos para apoyar a la seguridad en cuanto a privacidad y autenticación dentro de un entorno IoT. En la Tabla 3 se muestra una comparativa de características de los trabajos analizados.

Tabla 3. Tabla de características destacadas en trabajos relacionados en seguridad de IoT.

	Tipo de trabajo	Sugerencias relevantes	Fases/ Capas/ Requerimientos/ Componentes	Características de autenticación	Características de Privacidad	Caso de estudio
Ning y cols. [2012]	Arquitectura de Seguridad	U2IoT (*Unit IoT and Ubiquitous IoT*), IPM (*Information, Physical and Management*)	Seguridad de la información, seguridad física, seguridad de la administración	Control de acceso inteligente: el uso de la autenticación heterogénea. Autenticación jerárquica: establecer la autenticación jerárquica mutua.	Transparencia: permitir al usuario saber qué entidad contiene sus datos. Trazabilidad: permitir al usuario conocer la información del servicio al que está conectado.	Arquitectura de seguridad basada en la red IPM
Geovanny y col. [2015]	Esquema de seguridad para entorno IoT seguro	Niveles de seguridad que ayudan a la construcción de la seguridad desde niveles más bajos a más altos	Concienciación sobre la seguridad, Seguridad física y de red, Prácticas de codificación segura, Gestión de identidad y acceso, Monitoreo de la Integridad,	Uso de la Autenticación Multifactor (MFA) para accesos remotos, Listas de Control de Acceso (*Access Control Lists*, ACL) de red.	Uso de IDS/IPS (Sistema de Detección y Prevención de Intrusos). Realización de pruebas para detectar vulnerabilidades.	Establecimiento de mecanismos de seguridad a considerar con la innovación tecnológica de IoT.

			Políticas de seguridad			
Pal y cols. [2017]	Arquitectura de control de acceso	Control de acceso seguro para IoT	Dispositivo de usuario, Cosas (sensores), Sistema de Gestión Central, Registro de Datos en Repositorio	Almacenamiento de atributos de usuario que otorgan acceso a roles y capacidades para el uso de servicios.	Reduce el incremento de información al asignar un rol	Propuesta de una arquitectura de control de acceso basado en roles
Kim y cols. [2016]	Arquitectura de red segura para IoT	Medidas de seguridad para la autenticación de entidades	Autorización y autenticación frecuentes, conectividad intermitente, entre otros requisitos de seguridad	Autenticación mutua automatizada: poder autenticarse sin la intervención del usuario. Uso de Seguridad en la Capa de Transporte (*Trasport Layer Security,* TLS)	Uso del protocolo DTLS (*Datagram Transport Layer Security*) para proteger la privacidad en las comunicaciones y prevenir la intercepción y manipulación	Arquitectura de seguridad basada en entidades de autorización locales
Liu y cols. [2012]	Método de autenticación y control de acceso	Protocolo de autenticación y esquema de control de acceso	Análisis de seguridad para pruebas del protocolo propuesto	Uso de Control de Acceso Basado en Roles (*Role-Based Access Control*, RBAC)	Comunicación solida en la capa de aplicación con el establecimiento de claves seguras simples y eficientes.	Autenticación y control de acceso para IoT
Khan y cols. [2018]	Técnica de autenticación para IoT	Autenticación basada en el protocolo Oauth 2.0	Autenticar y controlar de manera eficiente el acceso de los usuarios autorizados que intentan utilizar los recursos de una red IoT	Uso del protocolo Oauth 2.0 para la autorización usuarios.	Uso de tokens para autenticarse y obtener acceso a los recursos solicitados.	Técnica de autenticación basada en el protocolo Oauth 2.0 para IoT
[Imam y col., 2017]	Marco de seguridad para IoT	Uso de un enfoque híbrido utilizando diferentes marcos	IoT, Nivel de dispositivo, Nivel de red y Nivel de Sistema	Identificar y probar identidad, verificar que la información introducida es correcta	Monitorear el tráfico y alertar al sistema cuando haya tráfico sospechoso.	Marco de seguridad que toma en cuenta tres niveles, de dispositivo, de red y de sistema
[Rachid y cols., 2015]	Arquitectura de privacidad en IoT	Seguridad de dispositivos, de comunicación y de los usuarios	Capa de detección, de red y de aplicación	N/A	Información del usuario accesible solo para entidades autorizadas	Arquitectura de privacidad sensible al contexto de IoT

El criterio principal por el cual fueron tomados en cuenta los artículos mencionados en la tabla anterior es la seguridad, ya que todos estos tratan de mantener la privacidad y la autenticación de la información que se comparte en IoT. Como se observa, los artículos proponen en su mayoría arquitecturas de seguridad que se enfocan en el control de acceso con el uso de distintos protocolos. Aunque estos trabajos presentan soluciones para apoyar a la seguridad, en específico a la autenticación y privacidad de los servicios y usuarios de IoT, como menciona Abdukhalilov [2017], existen aún problemas por solucionar, donde se deben desarrollar e implementar soluciones adecuadas que garanticen el control de acceso y la privacidad de los usuarios y las cosas, la autenticación entre los dispositivos y que cumplan con ciertas políticas de seguridad y confidencialidad.

 ISSN 2007-8102

Discusión

En las arquitecturas propuestas por Nings y cols. [2012], Pal y cols. [2017], y Kim y cols. [2016], su principal objetivo es mantener un control de acceso y autenticación en cuanto a la jerarquía de roles que se pueden manejar dentro del entorno IoT. Nings y cols. [2012], se apoyan de un modelo basado en la unidad y ubicuidad (U2IoT) asegurando de esta forma la información y la administración (IPM) del entorno IoT. Por otro lado, Pal y cols. [2017], se centran en la autenticación de los dispositivos, tanto de usuario como de los sensores que son ocupados dentro del entorno, así asignando servicios específicos dependiendo del tipo de rol que se maneje. La arquitectura propuesta por Kim y cols. [2016], se enfoca en la autorización y autenticación sin la intervención del usuario, aplicando protocolos como DTLS en la capa de transporte, asegurando así los servicios proporcionados dentro del entorno. Por último, la arquitectura propuesta por Rachid y cols. [2015], se centra en la seguridad de los dispositivos, de la comunicación y de los usuarios, propone otros dos niveles de seguridad en las capas y los servicios de la arquitectura.

El esquema de seguridad propuesto por Gevanny y col. [2015], propone el uso de diversos mecanismos y protocolos en las distintas capas de seguridad que se manejan en IoT, otro punto a resaltar de este trabajo es que manejan una ACL de red, que ayuda a mantener un registro de los usuarios que se autentican en el entorno y con el uso de IDS/IPS detectar y prevenir la intrusión de usuarios o dispositivos maliciosos. Lui y cols. [2012], proponen un método de autenticación y control de acceso partiendo de un análisis de seguridad, usando el protocolo RBAC que apoya a la seguridad en la capa de aplicación estableciendo claves que se comparten entre los dispositivos dentro del entorno. Por último, Khan y cols. [2018], proponen una técnica de autenticación basada en el protocolo Oauth 2.0 que ocupa tokens para la autorización de usuarios, de esta forma asegurando la privacidad de la información que se maneja, ya que a partir de ello los usuarios pueden hacer uso de los servicios prestados por IoT. Imam y col. [2017], propone un marco de seguridad para IoT, en el cual ocupa varios marcos obteniendo como resultado uno híbrido, no menciona mecanismos de autenticación y privacidad, pero hace referencia a principios de estos, por ejemplo, verificar y probar la identidad del usuario, monitorear el tráfico y alertar al sistema de posible tráfico sospechoso.

Con base en el análisis comparativo de las diferentes características que integran los artículos mencionados en la Tabla 3, los trabajos cumplen con la principal función que es mantener la privacidad y la autenticación en IoT, de manera global, la seguridad. Por otra parte, estos trabajos se preocupan por el diseño e implementación de un entorno tomando en cuenta los dispositivos que serán ocupados, la información que tiene que ser confidencial y monitoreando la integridad de este, así como del diseño e implementación creando prácticas o pruebas que ayuden a verificar que estos trabajos si cumplen con la protección del sistema y/o entorno. Cabe mencionar que estos trabajos solo se preocupan por mantener la seguridad en cuanto a fallas que puedan presentar los dispositivos y a la posible intrusión de usuarios, pero dejan de lado los problemas que se pudiesen presentar por las malas practicas de los usuarios que ya se encuentran dentro del entorno IoT, dejando vulnerable a este ante posibles ataques que afecten el entorno seguro.

Conclusiones

En el presente trabajo se mencionan algunas áreas de aplicación importantes de IoT se describen los aspectos relevantes de seguridad dentro de esta tecnología, mencionando los servicios de seguridad que apoyan a mantener la seguridad dentro de los entornos IoT. También se realizó una explicación de las amenazas y vulnerabilidades que afectan a la autenticación y privacidad en un entorno IoT. Por último, se identificaron trabajos de investigación enfocados en prevalecer la seguridad de los sistemas o entornos IoT, de estos trabajos se obtuvieron las características de autenticación y privacidad más relevantes. Posteriormente se realizó un análisis de los trabajos de investigación que apoyan a la seguridad en IoT, tomando en cuenta como principales servicios a la autenticación de dispositivos y usuarios, y a la privacidad de la información.

El análisis realizado servirá para crear a futuro propuestas de seguridad centradas en el usuario, en las cuales se tomarán en cuenta las observaciones realizadas en este trabajo y se agregarán otras más que apoyen a los desarrolladores a generar entornos más seguros para los usuarios y que los datos que se manejan dentro del entorno no se vean afectados por usuarios maliciosos u otras entidades externas. Se pretende que las propuestas futuras apoyen al entorno IoT a estar preparado para posibles fallas de los usuarios que hacen uso de este. Estas fallas pudiesen ser desde malas prácticas, hasta de filtración de información confidencial por parte de ellos, así como de los problemas de seguridad mencionados.

Referencias

1. Weber, R. H. (2010). Internet of Things–New security and privacy challenges. Computer law and security review, 26(1), 23-30.
2. Whitten A. and Tygar J. D., 1998. Usability of Security: A Case Study, Carnegie Mellon School of Computer Science Technical Report, December 1998. (Available at http://reportsarchive. adm.cs.cmu.edu/anon/1998/abstracts/ 98-155.html)
3. Sanchez Alarcon, J. A., Lopez Santidrian, L., and Martínez Ortega, J. F. (2015). Solución para garantizar la privacidad en el internet de las cosas. El profesional de la información, 24(1), 62-70.
4. Barrera, G. M. (2018). Estilo arquitectónico para aplicaciones IoT (No. 664). Universidad del CEMA.
5. Rodríguez Molina, J., Martínez Ortega, J. F., Rubio Cifuentes, G., and Hernández Díaz, V. (2014). A proposal for an Internet of things-based monitoring system composed by low capability, open source and open hardware devices.
6. Jing, Q., Vasilakos, A. V., Wan, J., Lu, J., and Qiu, D. (2014). Security of the Internet of Things: perspectives and challenges. Wireless Networks, 20(8), 2481-2501.
7. Liu, J., Xiao, Y., and Chen, C. P. (2012, June). Authentication and access control in the internet of things. In 2012 32nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (pp. 588-592). IEEE.
8. Perera Bartual, Ó. (2018). Análisis y parametrización de la seguridad en sistemas IoT (Doctoral dissertation).
9. Evans, D. (2011). Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Bussiness Solutions Group-IBSG, 11(1), 4-11.
10. Perez, N. B., Bustos, M. A., Berón, M., and Rangel Henriques, P. (2018). Análisis sistemático de la seguridad en internet of things. In XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste).
11. Ning, H., and Liu, H. (2012). Cyber-physical-social based security architecture for future internet of things. Advances in Internet of Things, 2(01), 1.
12. Rodríguez, C., and Geovanny, F. (2015). El Internet de las cosas y las consideraciones de seguridad (Master's thesis, Quito/PUCE/2015).
13. Pal, S., Hitchens, M., and Varadharajan, V. (2017, October). Towards a Secure Access Control Architecture for the Internet of Things. In 2017 IEEE 42nd Conference on Local Computer Networks (LCN) (pp. 219-222). IEEE.
14. Kim, H., Wasicek, A., Mehne, B., & Lee, E. A. (2016, August). A secure network architecture for the internet of things based on local authorization entities. In 2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud) (pp. 114-122). IEEE.
15. Khan, J., ping Li, J., Ali, I., Parveen, S., ahmad Khan, G., Khalil, M., ... & Shahid, M. (2018, December). An Authentication Technique Based on Oauth 2.0 Protocol for Internet of Things (IoT) Network. In 2018 15th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP) (pp. 160-165). IEEE.
16. Cendón, B. (2019). La historia del Internet de las Cosas (IoT). Retrieved from http://www.bcendon.com/el-origen-del-iot/
17. Alcaraz, M. (2014). Internet de las Cosas. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, 2-3.
18. Ruiz, M., Alvarez, E., Serrano, A., & Garcia, E. (2016). The convergence between wireless sensor networks and the Internet of Things; challenges and perspectives: A survey. IEEE Latin America Transactions, 14(10), 4249-4254.
19. Abdukhalilov, S. G. (2017, November). Problems of security networks internet things. In 2017 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) (pp. 1-7). IEEE.
20. Imam, A. H., & Azer, M. A. (2017, December). Internet of Things security framework. In 2017 13th International Computer Engineering Conference (ICENCO) (pp. 378-382). IEEE.
21. J. P. Nzabahimana, "Analysis of security and privacy challenges in Internet of Things," 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Kiev, 2018, pp. 175-178.
22. Rachid, S., Challal, Y., & Nadjia, B. (2015, November). Internet of things context-aware privacy architecture. In 2015 IEEE/ACS 12th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA) (pp. 1-2). IEEE.
23. M. Williams, J. R. C. Nurse and S. Creese, "Privacy is the Boring Bit: User Perceptions and Behaviour in the Internet-of-Things," 2017 15th Annual Conference on Privacy, Security and Trust (PST), Calgary, AB, 2017, pp. 181-18109.
24. M. El-hajj, M. Chamoun, A. Fadlallah and A. Serhrouchni, "Analysis of authentication techniques in Internet of Things (IoT)," *2017 1st Cyber Security in Networking Conference (CSNet)*, Rio de Janeiro, 2017, pp. 1-3.
25. G. Chu, N. Apthorpe and N. Feamster, "Security and Privacy Analyses of Internet of Things Children's Toys," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 1, pp. 978-985, Feb. 2019.

SDR y plataformas de desarrollo

R. Jaimes Rico[1], S. Lazcano Salas[2]
[1]Centro universitario UAEM valle de México, Boulevard Universitario S/N Valle Escondido, Río San Javier, 54500 Cd López Mateos, México.
roger-jr97@hotmail.com[1], slazcanos@uaemex.mx[2]
***Área de participación**: Ingeniería en sistemas y comunicaciones*

Resumen

Radio definido por software o mejor conocido en sus siglas en inglés, SDR (*Software Defined Radio*), es un sistema de radiocomunicaciones en donde se parte del procesamiento de la señal, se realiza con elementos *hardware* y otra parte mediante *software*, logrando de este modo un sistema flexible. La creación de sistemas SDR tienen dos grandes líneas de trabajo: proyectos enfocados en el *hardware* (construcción de radios) y proyectos enfocados al *software* (plataformas de desarrollo, entornos de trabajo o *Frameworks*).El presente trabajo se encarga de hablar sobre el funcionamiento y constitución, tanto a nivel *hardware* (radios) como a nivel *software* (entornos de desarrollo), haciendo especial énfasis en las metodologías (OOT o *Out Of Tree* y Matlab – Simulink) para la creación de bloques con características propias, posteriormente se adjuntarán los resultados obtenidos respecto a cada metodología. Una vez terminada la comparación de las metodologías y resultados, se resaltara que metodología es la más adecuada, contemplando aspectos como: complejidad y tiempo.

***Palabras clave**: Software Defined Radio, GNU Radio, sistemas de comunicaciones.*

Introducción

Los sistemas de *radio definido por software* tienen sus orígenes como una tecnología de uso militar cuyo objetivo era contar con una plataforma *hardware* única que permitiese diversas tecnologías de comunicaciones inalámbricas. El término SDR fue acuñado por Joseph Mitola a inicios de la década de los 90's, en la actualidad esta tecnología ha dejado de ser de uso exclusivo militar para convertirse en una importante área de estudio y de investigación para aplicaciones de uso comercial y civil [1].

Los sistemas SDR se pueden dividir en 3 fases: la primera de radio frecuencia (RF) pura compuesta por antenas y amplificadores de la señal; la segunda de frecuencia intermedia (FI), en la cual se realiza la conversión analógico digital y viceversa; éstas fases se realizan a nivel *hardware*; finalmente, la tercera es la de procesamiento en banda base, en el cual el procesamiento de la señal se realiza a nivel *software* [1]. Lo anterior, abre la puerta para que el usuario defina a nivel *software*, los procesos a ser realizados. El diagrama de la figura 1 ilustra las 3 fases mencionadas.

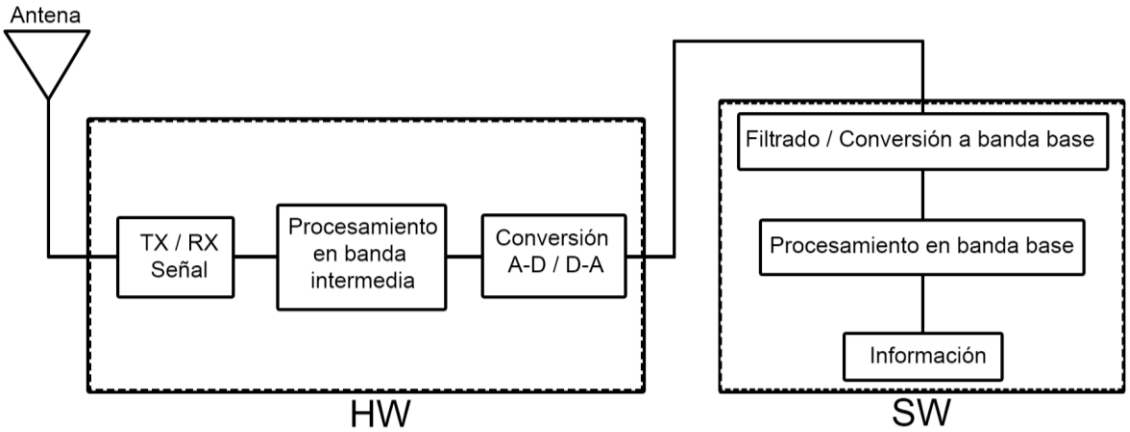


Figura 1. Funcionamiento a nivel hardware y software de un SDR

El principal atractivo de los sistemas SDR es que una parte del procesamiento de la señal es programable, abriendo la puerta a que a partir de un dispositivo *hardware* único, el mismo sea capaz de adaptarse a las necesidades específicas del usuario mediante la programación, permitiendo de este modo que SDR sea una plataforma particularmente útil para el desarrollo de nuevos algoritmos; pruebas de tecnologías antes de ser implementadas; hacer uso de tecnologías existentes a un coste mucho menor que con equipos de radio comunicaciones tradicionales; entre otros [2].

Las plataformas de desarrollo (*Frameworks*) contempladas en la parte *softwar*e son de vital importancia, pues gracias a ellas se permite la construcción de diversos sistemas a partir de un *hardware* único (radio SDR). Dentro de la comunidad de aficionados a las telecomunicaciones, GNU Radio y Matlab son las plataformas de desarrollo de mayor popularidad y uso por parte de usuarios. Cabe destacar que no son las únicas, sin embargo, la mayoría de las plataformas alternas han desaparecido o actualmente carecen de soporte, razón por la cual, el presente trabajo se enfoca en GNU Radio y Matlab.

GNU Radio: es un *software* gratuito y abierto, licenciado bajo GPL (*General Public License* o Licencia Pública General), este proyecto comenzó en el año 2001 como una colaboración entre el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) y el *SpectrumWare project,* [3], fue utilizado por radio aficionados, pero con el tiempo se ganó un interés particular por parte de investigadores, y gracias a eso, hoy en día tiene una gran comunidad que dan soporte al sistema así como ayuda a usuarios menos experimentados mediante foros. Este *software* cuenta con soporte nativo de Linux, y paquetes que son precompilados por diversas distribuciones de Linux [4].

Un objetivo principal de GNU Radio fue trabajar en tiempo real con dispositivos SDR, ofreciendo una gran flexibilidad al momento de diseñar un sistema, gracias a su modo de operación que es procesado por medio de una PC se facilita: escanear, sincronizar, adquirir, procesar y registrar señales radioeléctricas [3].

Matlab – Simulink: Simulink es una herramienta de simulación que corre bajo Matlab® [5], cuenta con su propio lenguaje de programación (llamado *M*) y proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI) que es usada para crear modelos de sistemas para cualquier operación de procesamiento específico, mediante la realización de simulaciones y análisis de resultados. Los modelos en Simulink son jerárquicos y pueden ser discretos, continuos o híbridos [6].

Como se mencionó anteriormente, existen otros proyectos con el objetivo de convertirse en alternativas de uso y/o buscar aportar algo nuevo que *softwares* anteriores no hicieron, como el caso del proyecto OSSIE *(Open Source Sca for Researchers*) que pretendía promover la investigación y educación con respecto a SDR y comunicaciones inalámbricas [7], con el tiempo evoluciono para convertirse en lo que hoy se conoce como proyecto RedHack [8]. Sin embargo, actualmente es una plataforma con pocos usuarios y un soporte casi nulo.

A nivel *hardware*, existen numerosos proyectos de desarrollo que varían en precio, capacidades de procesamiento ofrecidas, frecuencias de trabajo y calidad. A continuación se mencionan algunos de estos proyectos *hardware* así como algunas de sus características más sobresalientes:

HackRF one: Surge como un proyecto de *hardwar*e abierto, esto significa que tanto diagramas como firmware de los radios se encuentran abiertos a la comunidad en un repositorio especializado. Esencialmente, es un radio SDR que puede realizar conversiones A/D y D/A a una tasa muestreo de 2 hasta 20 millones de muestras por segundo, 8 bits por muestra, una etapa de radiofrecuencia que permite trabajar con señales desde 1 MHz hasta 6 GHz, lo cual permite la construcción de una gran variedad de sistemas de comunicaciones, tales como radio FM, GSM, Bluetooth, por citar algunos [9].

Principalmente el dispositivo es operado usando el sistema operativo Linux Ubuntu, bajo el *software* GNU Radio Companion, con el objetivo de capturar, analizar, y transmitir frecuencias de radio generadas desde otros dispositivos de *hardware* [9], aunque algunos usuarios han desarrollado los drivers requeridos para su manejo con Matlab pero sin ser aceptados de manera oficial.

BladeRF: Surge a partir de un proyecto totalmente abierto con la finalidad de ofrecer un radio SDR de bajo costo. Se basa en un FPGA de alto desempeño que le permite ofrecer tasas de muestreo de hasta 40 millones de muestras por segundo, 12 bits por muestra, frecuencias desde los 300 MHz hasta los 3.8 GHz y es capaz de

soportar simultáneamente 2 canales full dúplex [10]. Cuenta con una gran comunidad de soporte que genera desde ejemplos hasta tutoriales para nuevos usuarios.

Ettus Research: Marca perteneciente a Nacional Instruments (NI), considerada como líder mundial de plataformas de SDR, cuenta con una extensa gama de radios SDR entre las que destaca la línea USRP (*Universal Software Radio Peripheral*), la cual es preferida por ingenieros, científicos y por estudiantes, con diversos fines como: desarrollo de algoritmos, exploración, creación de prototipos y el desarrollo de nuevas tecnologías inalámbricas [11].

Hablando de la línea USRP, está pensada para aplicaciones de RF abarcando frecuencias desde algunos Hz hasta los 6 GHz, incluyendo los sistemas de antenas múltiples o bien conocidos como MIMO. Las áreas en que son aplicables son: espacios en blanco, teléfonos móviles, seguridad pública, monitoreo de espectro, redes de radio, radio cognitiva, navegación por satélite y radio amateur [11].

NI y Ettus ofrecen una plataforma completa con la opción de reutilizar herramientas de *software* existentes para una programación simplificada en un flujo de diseño unificado, que se extiende del diseño hasta la implementación.

Los dispositivos mencionados anteriormente son los que se pueden identificar más fácilmente en el medio, pero al igual que pasa con los *softwares*, surgieron proyectos interesados con la creación de dispositivos *hardware* dedicados para SDR, entre los que se puede mencionar al proyecto KUAR (*Kansas University Agile Radio*) cuyo propósito fue la investigación de áreas de redes inalámbricas, acceso de espectro dinámico y radios cognitivas [12]. Otro fue la empresa FlexRadio, que en comparación del proyecto anterior, los dispositivos diseñados por esta empresa están contemplados para radioaficionados (banda civil), teniendo un funcionamiento simple y eficiente ofreciendo una comunicación muy estable [13].

Metodología No. 1: Creación de bloques para GNU Radio

Para crear un bloque nuevo en GNU Radio (conocido como *Out Of Tree*), se emplea un script conocido como *gr_modtool* preinstalada en Linux, que ayuda a la edición automática de *makefiles*, en otras palabras, ayuda a generar de manera automática una plantilla [14][15][16]. La metodología se muestra en la figura 2.

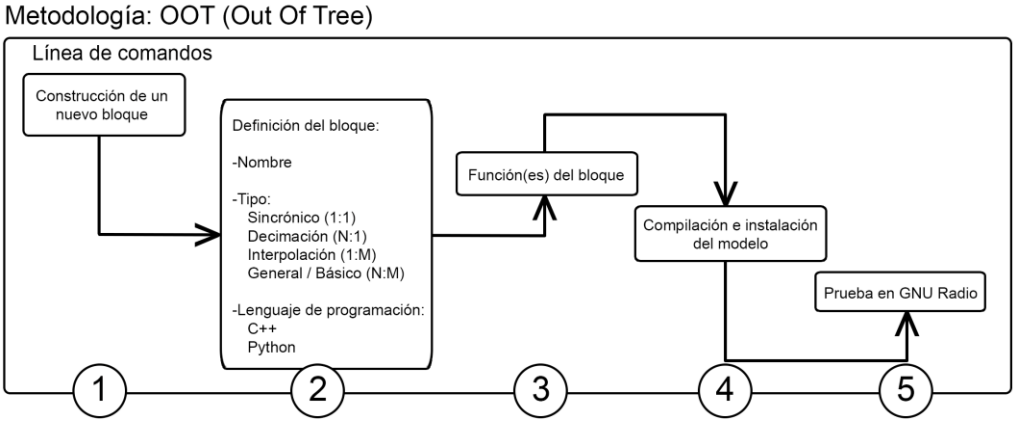


Figura 2. Metodología OOT (*Out Of Tree*)

Mediante la línea de comandos (terminal) se genera la estructura de un bloque nuevo, pero este no contara con ninguna función, servirá como una plantilla para que una vez avanzado el proceso de creación se le otorgué una funcionalidad, posteriormente se asigna un nombre de identificación, el tipo de información que será capaz de recibir y devolver, y como punto importante, de lo trabajado en línea de comandos se generaran archivos donde será programado el bloque [17], se dice que es importantes porque de esto depende la correcta función del bloque, por último se guarda, compila e instala en GNU Radio mediante línea de comandos, al finalizar el nuevo bloque se podrá encontrar en la biblioteca de bloques de GNU Radio con su respectivo nombre de identificación.

 ISSN 2007-8102

Como posible alternativa de facilitar el proceso de creación de bloques, la comunidad alrededor de GNU Radio ha intentado implementar herramientas externas, como: *Codeblocks* o *Sublime Tex*, ambas cuentan con una interfaz gráfica que hace más amigable la generación de código ya sea en Python o C++ para la creación de bloques funcionales.

Metodología No. 2: Creación de bloques para Matlab – Simulink

La metodologia para la creación de un bloque en Matlab-Simulink, es bastante simple y amigable, consistiendo en cargar un codigo a un bloque de funciones, esta se muestra mas a detalle en la figura 3.

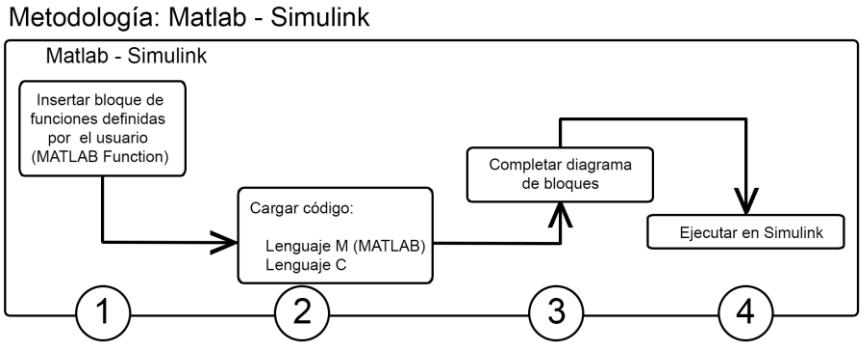


Figura 3. Metodología en Matlab-Simulink.

Dentro de la interfaz Simulink, se buscara en la librería de componentes el bloque llamado “MATLAB Function” en el apartado “definido por el usuario”, una vez insertado, se carga el código (lenguaje C o M), tomando en cuenta los elemenos de entrada y salida, al concluir con la programacion del bloque se guarda, para comprobar su funcionamiento se debe integrar a un diagrama de bloques (basta con agregar un bloque de entrada y salida) y ejecutar dicho diagrama.

Resultados y discusión

Para poder comparar los *Frameworks* GNU Radio y Matlab – Simulink, se realiza un multiplicador de señal, cuyo objetivo es simplemente multiplicar por un factor constante a una señal de entrada.

En ambos *Frameworks* el bloque multiplicador se integró a un diagrama de bloques con los mismos elementos y los mismos valores, como se muestra en la figura 4 y figura 5, a primera vista se asemejan bastante a nivel gráfico, pero es un panorama completamente diferente si hablamos del código que conforma al bloque creado, para el caso de GNU Radio su código en Python es considerablemente más grande que el usado en Matlab - Simulink bajo su lenguaje de programación M, pero en esencia se obtiene el mismo resultado.

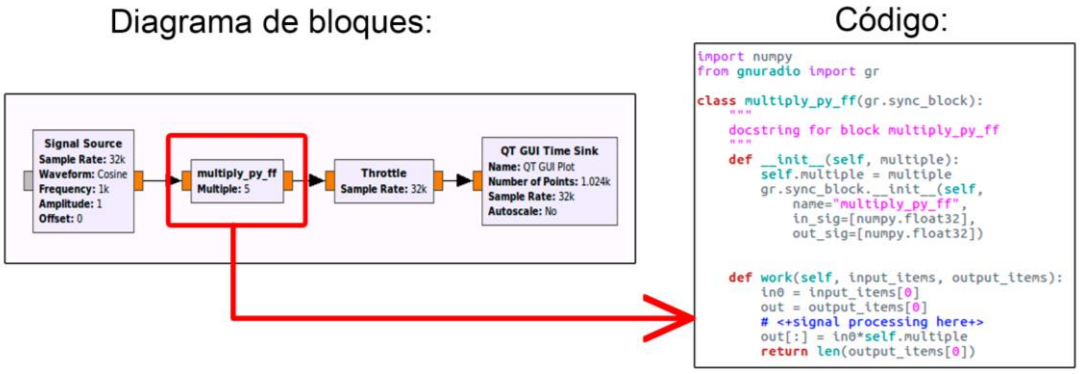


Figura 4. Diagrama de bloques realizado en GNU Radio con el respectivo código (Python) del bloque creado

 ISSN 2007-8102

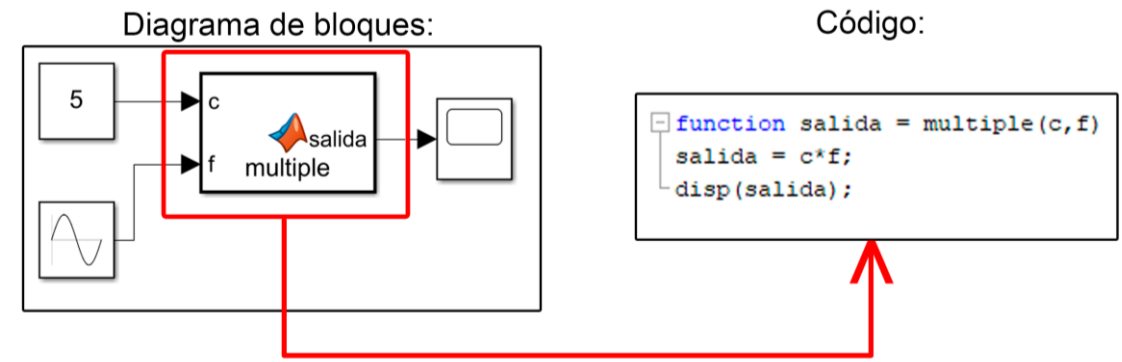


Figura 5. Diagrama de bloques realizado en Simulink con el respectivo código del bloque creado

Cuando se genera el código para cada bloque se toma un tiempo y dificultad distinta gracias a los lenguajes de programación utilizados (Python y M), sin importar que en esencia sean lo mismo el número de líneas de código es la principal diferencia, esto se debe a que para código generado en Python se importan librerías, definen constructores y establecen valores de entrada y salida dando así un mayor control en su entorno, en cambio para código generado en lenguaje M basta con recibir valores mediante una función para ser usados en variables y posteriormente efectuar su funcionamiento, por mencionar algunas diferencias entre lenguajes.

Como se mencionó con anterioridad, el diagrama de bloques en ambos *Frameworks* es muy similar así como su resultado, una vez ejecutados bajo los mismos parámetros dan resultados iguales, como se muestra en la figura 6, donde se grafica la salida del bloque creado.

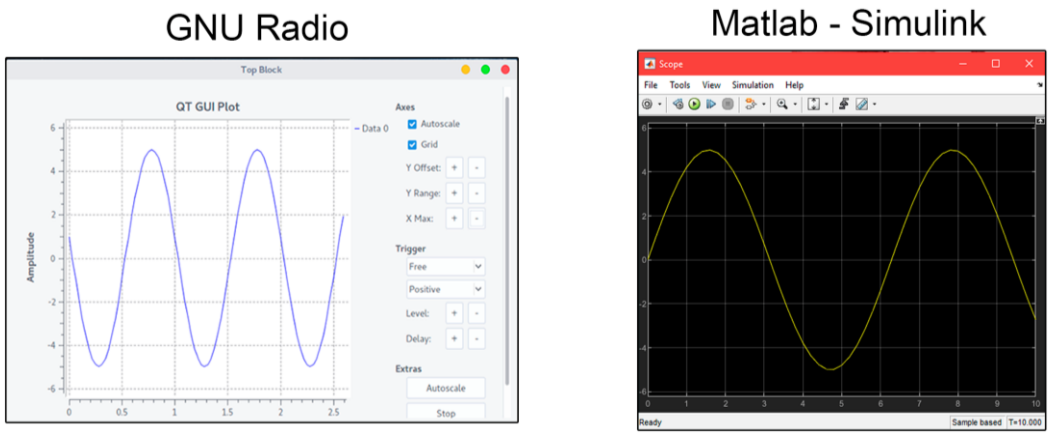


Figura 6. Resultados de ambos sistemas de bloques

En cuento a la aplicación de ambas metodologías, ambas cumplen con su cometido que es la creación de bloques para sus respectivos *Frameworks* OOT (*Out Of Tree*) para GNU Radio y Matlab – Simulink, pero claro está que hay factores decisivos que hacen a una más atractivas y efectiva que la otra.

En este caso, la metodología para Matlab-Simulink es mucho más fácil y rápida, sin embargo, la metodología OOT, a pesar del tiempo y que su realización no es tan atractiva, genera un bloque de mejor calidad y rendimiento además de las ventajas extras otorgadas por GNU Radio y Linux Ubuntu, que son completamente de uso libre, punto contrario para Matlab, donde se debe adquirir una licencia, la cual no es para nada accesible para todo público, la tabla 1 resume la diferente entre ambos *Frameworks*.

Tabla 1. Tabla comparativa entre GNU Radio y Matab-Simulink

	GNU Radio	**Matlab - Simulink**
Costo (Licencia)	GPL (General Public License o Licencia Publica General)	Licencia Standard: -Anual: USD 860 -Permanente: USD 2,150 Licencia Educación: -Anual: USD 250 -Permanente: USD 500
Complementos	Code blocks, Sublime Text 3	Ninguno, todo se encuentra en Matlab-Simulink
Interfaz	Grafica	Grafica
SDR's	La mayoría de los lanzados al mercado	Ettus research y otros como HackRF sin soporte oficial
Creación de bloques	Línea de comandos	Interfaz gráfica de Matlab-Simulink
S.O (Sistema Operativo)	Windows, Linux, Mac OS	Windows, Linux, Mac OS

Trabajo a futuro

Dentro del presente trabajo de investigación, se busca analizar el desempeño de diversos esquemas de codificación de canal, tales como los códigos polares, códigos LDPC y turbo códigos, bajo diversos modelos de ruido como el gaussiano, por ráfagas y ruido coloreado, típicos en canales inalámbricos, entre otros.

Conclusiones

La tecnología SDR es sin duda un parteaguas muy importante dentro de las comunicaciones digitales, existen diversos proyectos a nivel *hardware* y *software* que han permitido que tanto radioaficionados como investigadores tengan acceso a esta tecnología, abriendo con esto un abanico muy extenso de aplicaciones y ejemplos de uso.

En este sentido, GNU Radio es sin duda el entorno de desarrollo líder, contando con una comunidad muy extensa que genera aportes muy importantes, además de que GNU Radio soporta prácticamente todos los radios basados en SDR.

Matlab es sin duda otra plataforma de trabajo muy importante, que facilita mucho tanto la programación de módulos nuevos como el uso mismo de los radios empleando su conocida y popular herramienta Simulink; sin embargo, Matlab no es un *software* gratis, la licencia de uso tiene un alto costo asociado además de que Matlab soporta de manera nativa únicamente los productos de la marca Ettus. Existen algunos esfuerzos por parte de usuarios de la comunidad para lograr el uso de otros radios dentro de Matlab, sin embargo, no son soportados de manera oficial por Matlab.

Como recomendación general, GNU Radio trabajando bajo sistemas operativos basados en Linux es sin duda la recomendación para el desarrollo de trabajos dentro de SDR, la comunidad que da soporte al proyecto GNU Radio continuamente generan aportes y facilitan el trabajo. Aunque GNU Radio puede implementarse en otros sistemas operativos, su desempeño no es tan eficiente como lo es bajo sistemas Linux.

Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo SDR junto a GNU Radio se convierte en una alternativa flexible y accesible con el potencial de abrirse paso a distintas áreas, como en el área educativa proponiendo laboratorios de comunicaciones digitales a bajo costo con el fin de reforzar conocimientos esenciales para asignaturas

relacionadas a las telecomunicaciones, la prueba de antenas y algoritmos nuevos, en desarrollo o experimentales, concretar proyectos multidisciplinarios o si se piensa en grande hasta la implementación en esquemas de ciudades inteligentes, por mencionar algunos, considerando que aún existen áreas de aplicación viables para implementar esta tecnología.

Referencias

1. Machado, J. R. (2015). Software Defined Radio: Basic Principles and Applications. *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.)*, 24 (38), 81-82.
2. Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería – UNAM. (24 de mayo de 2019). Recuperado de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/894/4/A4.pdf.
3. Martínez, L., Urquiza D. A., Hernández E. & Torres J. (2016). COGNITIVE RADIO PLATFORMS: A SURVEY. *Revista Telem@tica*, 15 (1), 71-72.
4. Prieto R. M. (2017). Manual Básico GNU Radio. Recuperado de https://archive.org/details/ManualGnuRadio.
5. MathWorks. (s.f). Recuperado de https://www.mathworks.com/products/matlab.html.
6. Patil, H. N. & Ohatkar S. N. (2014). Design and Simulation of Software Defined Radio Using MATLAB SIMULINK. *2014 Eleventh International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN)*, 1-2.
7. BlackDuck. (s.f). Recuperado de https://www.openhub.net/p/ossie.
8. RedHawk. (s.f). Recuperado de https://redhawksdr.github.io/.
9. Leahy Center for Digital Investigation (LCDI). (2017). HackRF One.. Recuperado de https://www.champlain.edu/Documents/LCDI/HackRF%20One%20Tutorial_F2017%20-%20Report.docx.pdf.
10. Nuand. (s.f). Recuperado de https://www.nuand.com/bladerf-1/.
11. Ettus Research. (s.f). Recuperado de https://www.ettus.com/all-products/usrp-n320/.
12. Minden G. J., Evans J. B., Searl L. S., et al. (2007). *IEEE Communications Magazine*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/3199968_Cognitive_radios_for_dynamic_spectrum_acess_An_agile_radio_for_wireless_innovation.
13. FlexRadio. (s.f). Recuperado de https://www.flexradio.com/about-us/.
14. Rodríguez, I. (2015). Bloques de procesamiento de señal de GNU Radio en Python. Recuperado de http://viktorivan.github.io/gnuradio/dsp/sdr/out-of-tree/python/2015/11/02/bloques-de-procesamiento-de-senal-de-gnu-radio-en-python.html.
15. Domínguez, D. (2013). Construcción de Módulos y Bloques en GNU Radio Companion. Recuperado de http://eontool.github.io/blog/2013/08/20/construccion-de-modulos-y-bloques-en-gnu-radio-companion/.
16. WikiGNUradio. (20 de junio de 2019). Guided Tutorial GNU Radio in Python .Recuperado de https://wiki.gnuradio.org/index.php/Guided_Tutorial_GNU_Radio_in_Python#3.3._My_QPSK_Demodulator_for_Satellites.
17. Blossom, E. (2019). OutOfTreeModules .Recuperado de https://wiki.gnuradio.org/index.php/OutOfTreeModules#Tutorial_1:_Creating_an_out-of-tree_module.
18. MathWorks. (s.f). Create Custom Functionality Using MATLAB Function Block. Recuperado de https://www.mathworks.com/help/simulink/ug/creating-an-example-model-that-uses-a-matlab-function-block.html.

 ISSN 2007-8102

Nodes: Plataforma para la predicción de deserción escolar utilizando técnicas de inteligencia artificial

D. González Díaz[1], J. I. Picie Alcaraz[2], M. D. González Martínez [3], C. H. Hernández Jacome [4]*, E. Onofre Ruiz[5]
[1]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz,
Av. Universidad, No. 350, Dos caminos, 94910, Cuitláhuac, Veracruz, México.
daniel.gonzalez@utcv.edu.mx
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Uno de los principales problemas en los que se encuentra el sistema educativo en México es la deserción escolar, en el estado de Veracruz existe un índice del 14% de cinco millones de estudiantes que se matriculan en el nivel medio superior. Ante este fenómeno que incrementa año con año, la Secretaría de Educación Pública en el año 2018 se propuso disminuir dicho porcentaje, sin embargo, no se cuenta con alguna herramienta de apoyo para lograr ese objetivo. En este contexto, el presente proyecto hace énfasis en el estudio y análisis de la deserción escolar en la zona centro del Estado de Veracruz utilizando los servicios que proporciona Azure Machine Learning Studio para pruebas iniciales del comportamiento de los datos y elección del algoritmo para la implementación de una plataforma tecnológica que permita predecir el porcentaje de deserción que posee un estudiante al ser matriculado en el nivel medio superior.

***Palabras clave**: machine learning, deserción, media superior, árbol de decisión.*

Abstract

One of the main problems in the educational system in Mexico is the School Drop-out. In the State of Veracruz, there are 14% of five million students who are enrolled in High School, and they do not end up in their studies. This phenomenon is increasing every year. In 2018, the Ministry Public Education proposed to reduce this percentage, however, there were not sufficient tools to achieve the goal. In this context, this project makes emphasis on the study and the analysis of school drop-outs in the Central Zones of the State of Veracruz by using the services provided by Azure Machine Learning Studio for behaviors initial tests in order to implement a technological platform that helps to predict the percentage of school drop-outs of students enrolled in High School.

***Key words**: machine learning, school drop-out, high school, decision tree.*

Introducción

La Inteligencia Artificial permite aprender, tomar decisiones y formarse una idea determinada de la realidad, actualmente la inteligencia artificial es un campo extraordinariamente amplio y multidisciplinario, pero sobre todo complejo, pues supone un severo esfuerzo por entender la complejidad de los diversos comportamientos en los seres vivos en términos de procesos de información, mediante un extenso conjunto de técnicas, métodos y algoritmos que con base en investigaciones abren un mundo de posibilidades para poder implementarla en distintas áreas; una de las técnicas más empleadas de la inteligencia artificial es el aprendizaje automático (Machine Learning), pues se encarga de que las computadoras realicen acciones sin la necesidad de ser programadas explícitamente, es decir, a través de proporcionar datos a los algoritmos correspondientes, se es posible guiar decisiones u obtener predicciones; sin duda, la inteligencia artificial es un área en la que hay muchos hechos pero hay mucho más por hacer (Alfonso Galipienso, Cazorla Quevedo, Colomina Pardo, Escolano Ruiz, & Lozano Ortega, 2003).

El INEE (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación) en México, reporta que tan solo en el ciclo 2014-2015, cerca de 700.000 alumnos dejaron las escuelas. En primaria supone apenas un 0,6% y en secundaria representa un 4,4%, según los datos federales. Sin embargo, la tasa de deserción escolar representa un 14,4% de un total de cinco millones de estudiantes que se matriculan cada año en el nivel media superior en México. Este es el porcentaje más alto de abandono respecto a los otros grados de estudio, éste no es un acontecimiento espontáneo, es más bien el resultado de un proceso complejo que en muchas ocasiones tiene antecedentes en

 ISSN 2007-8102

etapas tempranas de la trayectoria educativa y deriva en una decisión (no estrictamente voluntaria) influenciada por preferencias, expectativas y restricciones que enfrentan los jóvenes, como la falta de apoyos familiares, escolares y comunitarios. En dicho proceso se entretejen factores de índole individual, social, económica y cultural que se refuerzan simultáneamente y se agravan con el tiempo.
Veracruz es uno de los estados del país de mayor inasistencia entre los alumnos de entre 15 y 17 años, donde las autoridades realizan un esfuerzo para solventar este fenómeno asignando metas por parte de la subsecretaría de EMS (Educación Media Superior); una de las cuales es reducir a 9% la tasa de deserción escolar en el bachillerato en el 2018. El resultado esperado de la ejecución de este proyecto es que las Instituciones Educativas de nivel Medio Superior (IEMS) puedan acceder a la plataforma tecnológica mediante una capa de servicios, que puede ser utilizada e integrada a las aplicaciones de control escolar utilizadas por las Instituciones Educativas de nivel Medio Superior (IEMS), permitiendo interactuar con los modelos de predicción y determinar si un candidato es propenso a deserción escolar a fin de brindar el apoyo necesario a tiempo.

Metodología

La implementación de la metodología de trabajo SCRUM en el proyecto NODES fue utilizada para la gestión y desarrollo del proyecto, controlando las iteraciones y flujos de trabajo en cuanto a tiempo y entregables (Rubin, 2015). Incluye junto con la descripción de este ciclo de vida iterativo e incremental para el proyecto, los artefactos o documentos con los que se gestionan las tareas de adquisición y suministro: requisitos, monitorización y seguimiento del avance, así como las responsabilidades y compromisos de los participantes en el proyecto.
El propósito del uso de SCRUM es la distribución de trabajo y control de entregables e iteraciones en el desarrollo del sistema ya que el desarrollo ágil es más útil para el desarrollo de productos personalizados (A. Srivastava, 2017). El alcance de SCRUM para NODES es la descripción del proceso de desarrollo del sistema en cuanto al tiempo establecido, además la generación de entregables que contribuyen a la integración y funcionalidad del sistema respecto al análisis de historias de usuario denotadas en la pila de artefactos.

Incepción

Se ha identificado la necesidad de contar con una herramienta tecnológica que implemente técnicas de inteligencia artificial para identificar estudiantes con mayor riesgo de abandonar sus estudios, a fin de brindarles el apoyo necesario a tiempo y coadyuvar en la meta de reducción del porcentaje de deserción escolar. Tras evaluar las diferentes variables que envuelven a los estudiantes desertores que los identifican entre sí, algunas de estas variables son: el género, el código postal, la edad, si cuenta con una capacidad diferente, si pertenece a un grupo étnico, nivel de estudios del padre/tutor y número de personas que viven con él. En la imagen 1, se observa la distribución de los datos en los cuales el color rojo representa quienes desertaron de la escuela en contra los que concluyeron sus estudios en color azul, se observa que las dos clases están perfectamente definidas.

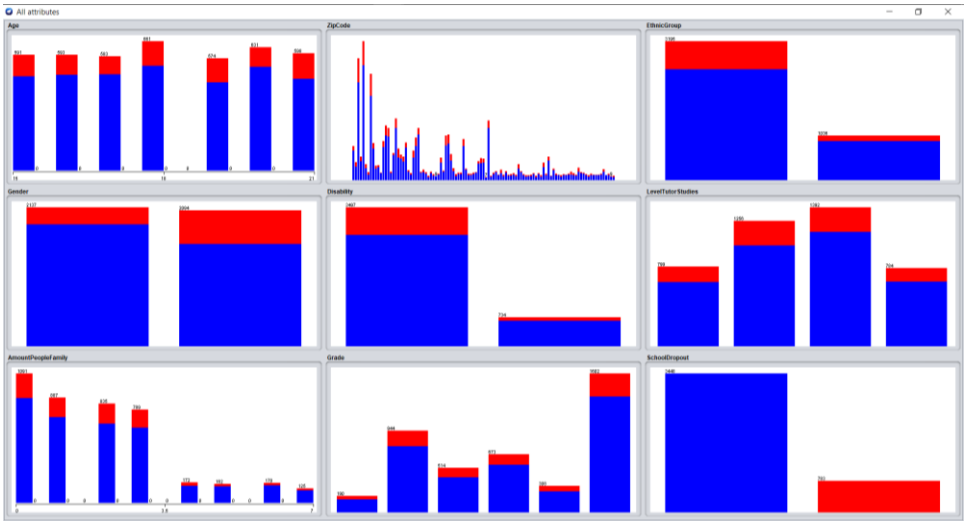


Imagen 1 Distribución de datos en WEKA
Fuente: WEKA 3.8

 ISSN 2007-8102

Elaboración

Con respecto a la selección del modelo de predicción de inteligencia artificial "*Two Class Boosted Decision Tree"* (Árbol de decisión impulsado de dos clases) es un algoritmo de clasificación que se asemeja a la estructura de un árbol, donde tiene comienzo en una raíz y se despliega en ramas, también llamados nodos, que se interrelacionan formando patrones (Microsoft, 2019). Este algoritmo solo tiene dos resultados por ello es llamado de dos clases, la respuesta esperada en un SI o NO tomando como media el valor de 0.55 entre 0 y 1. La elección de este algoritmo es porque muestra una precisión aceptable, necesaria para el funcionamiento que realiza NODES, tiempos de entrenamiento moderados y el uso de linealidad permitiendo, a través del estudio de diversas condiciones de las variables, la optimización de la función objetivo. Actualmente existe una variedad de algoritmos de clasificación que emergen cada año, la mayoría de ellos descuidan el hecho de que el rendimiento de los clasificadores inducidos depende en gran medida de los datos como indica (Rodrigo C. Barros, Márcio P. Basgalupp, & André CPLF, 2012), los datos con los que cuenta NODES son cuantitativos permitiendo la clasificación en diferentes patrones.

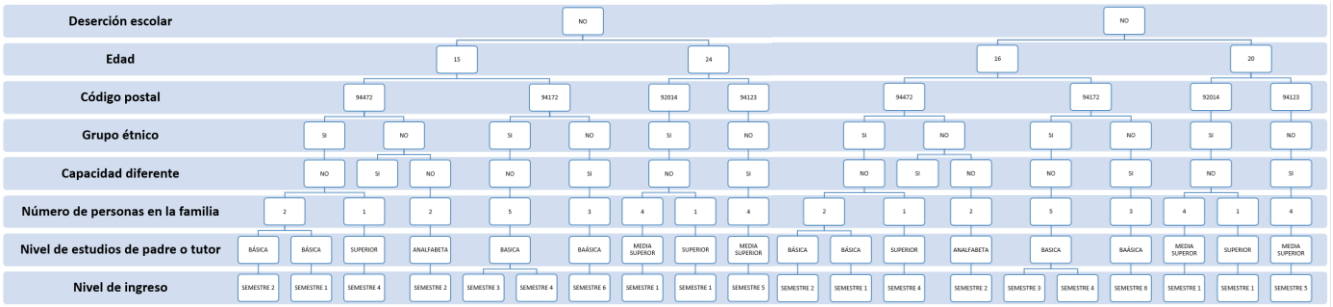


Imagen 2 Diagrama de árbol de decisión de dos clases de NODES
Fuente: Diagrama realizado para NODES

La imagen 2, se interpreta que el **NIVEL 1** está el campo de "deserción escolar" y en ella está el resultado del alumno, es por ello que algoritmo "*Two Class Boosted Decision Tree"* (Árbol de decisión impulsado de dos clases) al ser los únicos posibles valores SI y NO, el valor que el modelo debe predecir. En el **NIVEL 2** se encuentra la edad, donde es una variante numérica entre 15 y los 24 años, esta variable nos permite prescindir si el alumno se encuentra en rezago educativo, este sucede cuando el alumno repite algún año escolar o toma años sabáticos. El **NIVEL 3** es el código postal que identifica la zona donde vive el estudiante, de esta manera agrupamos a los estudiantes según su posición geográfica. El **NIVEL 4** corresponde si el estudiante pertenece a un grupo étnico, actualmente, en los municipios indígenas, el número de alumnos en Educación Media Superior (EMS) representa la menor proporción (12.4%) considerando, además, que el número de planteles ubicados en esos territorios es bajo cuenta con una capacidad diferente (Voces del compromiso, 2017). La capacidad diferente se encuentra en el **Nivel 5**, se evalúa si el alumno tiene una capacidad diferente. El **NIVEL 6** se considera al número de personas que comparten la dependencia económica del padre de familia o tutor, la intención es saber a gran escala la disposición económica en conjunto con el **NIVEL 7** que es el nivel de estudios del tutor considerando si es analfabeta, básica, media superior o superior.
(Rouse, 2017) Señala que, el aprendizaje automático permite que las computadoras aprendan de datos y experiencias y actúen sin ser programadas explícitamente. Desarrolle aplicaciones de Inteligencia Artificial (**IA**) que detectan, procesan y actúan sobre la información, aumentando las capacidades humanas, incrementando la velocidad y la eficiencia, y ayudándole a lograr más. El uso del *Servicio de Azure Machine Learning* ofrece diferentes servicios para experimentar e implementar diferentes algoritmos que abarca al área de Inteligencia Artificial, eso enfocado al estudio de los datos especialmente, debido a que Nodes busca brindar opciones que, mediante métodos estadísticos y probabilísticos.

Construcción

La arquitectura de NODES funciona con base en la tecnología de la Nube. En esta desprenden diferentes componentes tales como base de datos, servicios como API (Application Programming Interface, Interfaz de programación de aplicaciones) y servicios externos mediante la conexión a internet. En la imagen 3 se describe la arquitectura dentro de Nodes la cual se compone de:

 ISSN 2007-8102

- **Base de datos**: se almacena la información de los estudiantes, es llamada también base de datos experta, ya que el algoritmo se alimenta de ella para calcular las probabilidades de cada patrón que detecta y, de esta forma, estimar en que patrón se colocan los nuevos datos agregados.
- **Algoritmo de Inteligencia Artificial:** existen diferentes programas que apoyan en la utilización de algoritmos sin necesidad de programarlos de nuevo. Estas herramientas simplifican el trabajo de desarrollo, por ejemplo, los utilizados en este proyecto como Azure Machine Learning Studio y WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*, Entorno para Análisis del Conocimiento de la Universidad de Waikato).
- **Componentes de integración de servicios externos**: Para complementar la información e identificar al individuo en su macro y micro entorno utilizando dos servicios:
    - **Banco de indicadores de INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía)**: en México se realiza un censo a la población en la cual el cumulo de información realizan estudios de probabilidad y estadística la cual, según los indicadores por zona geográfica, edad, sexo, entre otros nos dan una proyección del estudiante.
    - **SIID (Servicios de información para interoperabilidad de Datos) Coneval**: El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social mide la pobreza en México y evalúa programas y políticas sociales del Gobierno Federal. De esta manera, se sabe el acceso a la educación, salud y servicios de primera necesidad en su comunidad.
- **Capa de servicios API REST (*Representational State Transfer*, Transferencia de Estado Representacional)**: es una interfaz entre sistemas que usa HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*, Protocolo de transferencia de hipertexto) para obtener datos o generar operaciones sobre esos datos en el formato JSON (*JavaScript Object Notation*, notación de objeto de JavaScript). De esta manera, es posible utilizar este servicio en diferentes plataformas.

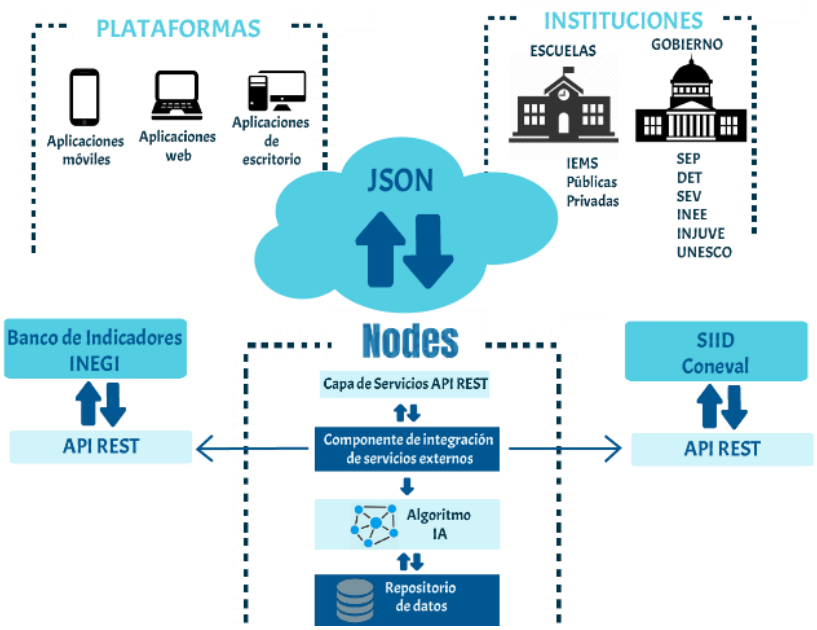


Imagen 3 Arquitectura de plataforma tecnológica.
Fuente: Arquitectura generada para Nodes

A continuación en la imagen 4, se muestra como cada cliente (las Instituciones de Educación Media Superior) consultan la información del estudiante para obtener el porcentaje y el dictamen, si es que el estudiante está en riesgo de deserción escolar, las consultas podrán de manera individual o cargando un archivo CSV (*comma-separated values*, Valores separados por comas) para consultar un número mayor de alumnos.

 ISSN 2007-8102

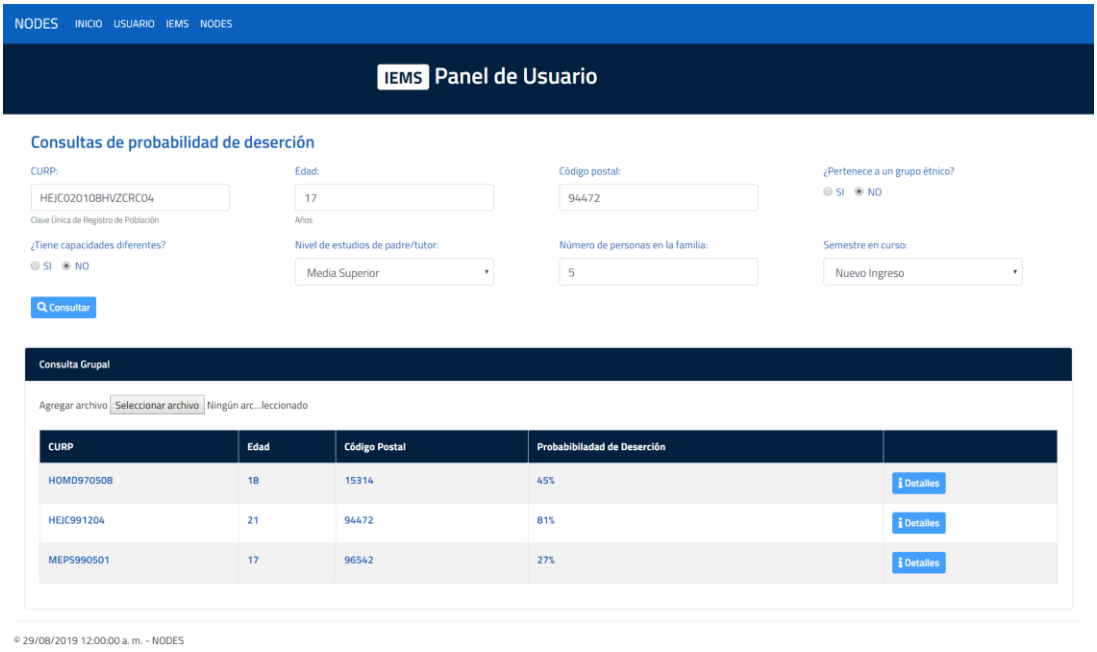


Imagen 4 Vista para el cliente para realizar las predicciones a Nodes
Fuente: Test generado para Nodes

Resultados y discusión

Resultados del modelo

El árbol generado del algoritmo se visualiza a continuación en la Imagen 5. En este se detalla el uso de *Two Class Boosted Decision Tree* (Árbol de decisión impulsado de dos clases) en el comienzo del diagrama, del mismo modo nuestra base de datos (Data Set) se encuentra en la parte superior del diagrama con el nombre "nodes_csv.csv", a continuación se realiza una distribución de Pareto (Split Data) y evaluación del modelo probabilístico generado (Train Model).

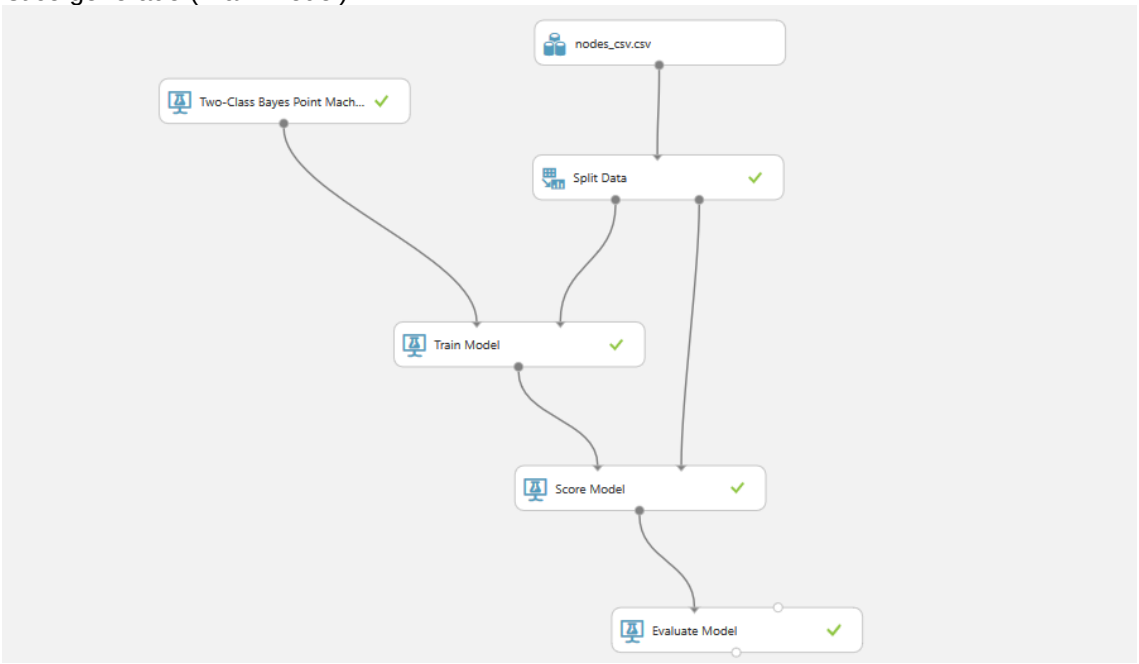


Imagen 5 Modelo probabilístico con base de datos, algoritmo árbol binario y evaluación de modelo
Fuente: Azure Machine Learning Studio

 ISSN 2007-8102

Implementación y administración

La implementación del modelo para producir predicciones se efectuará en la nube, y usar los modelos acelerados por hardware en los FPGA (Field-Programmable Gate Array, matriz de puertas programables), para obtener inferencias de pronta respuesta. Cuando el modelo está en producción, es necesario monitorear y determinar el rendimiento y la derivación de los datos, y volver a entrenar el modelo según sea necesario.

En la Imagen 6 se encuentra la arquitectura que se genera en *Azure Machine Learning* y en la cual consumimos desde servicio de NODES, de esta manera se divide el trabajo en partes, es decir infraestructura en la nube.

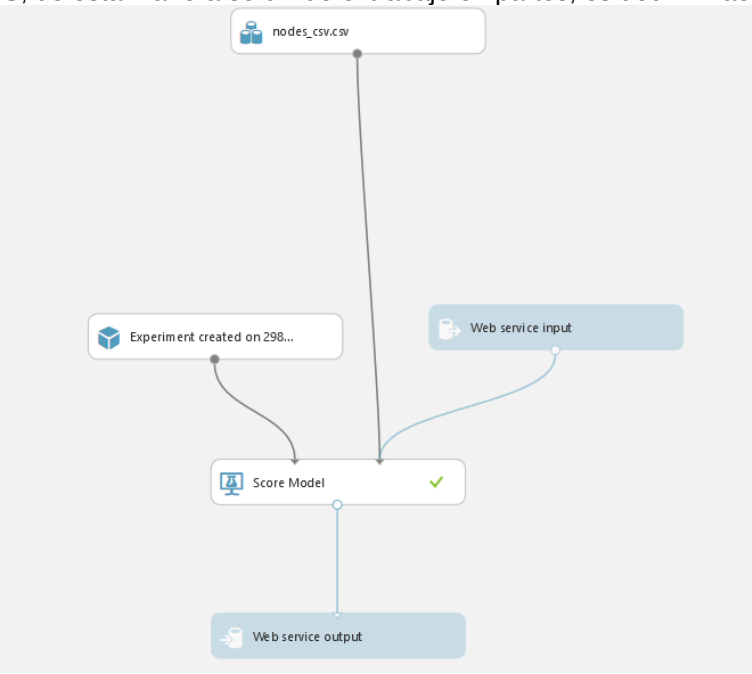


Imagen 6 Diagrama de interacción Web Service y modelo probabilístico
Fuente: Azure Machine Learning Studio

Descripción de resultados

La información obtenida marca una tendencia parabólica, en la siguiente gráfica (Imagen 7), se observa que tanto verdaderos positivos y falsos negativos van en tendencia proporcional, lo cual es bueno para el algoritmo.

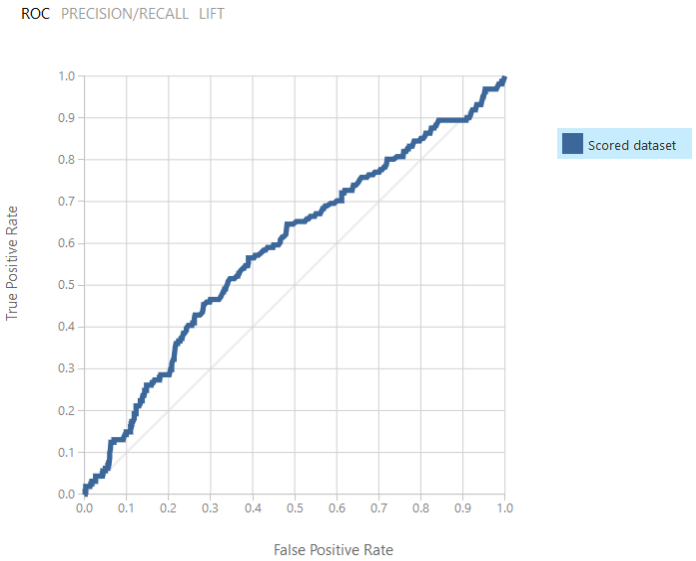


Imagen 7 Gráfica de tendencia de los datos respecto a verdaderos positivos y falsos negativos
Fuente: Azure Machine Learning Studio

 ISSN 2007-8102

En la siguiente tabla (Imagen 8) se aprecia la evaluación de resultado del algoritmo, en la primer columna se encuentran los valores ciertos, estos valores son los que predijo correctamente, es decir que aserto, en la siguiente columna se encuentran aquellos que predijo de manera incorrecta, es decir a los que no atino. A pesar de ser un gran número de valores verdaderos positivos y negativos el algoritmo cuenta con una presicion muy baja de 0.259.

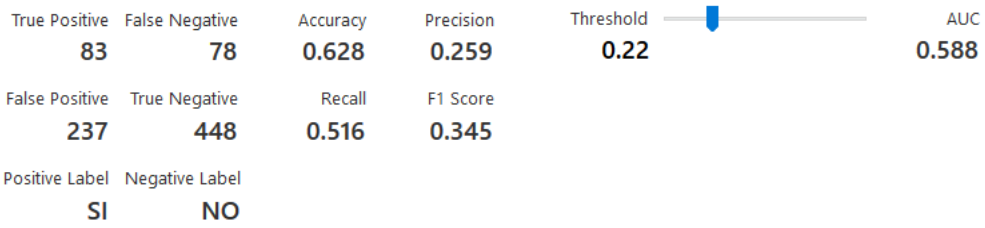


Imagen 8 Reporte de evaluación del modelo
Fuente: Azure Machine Learning Studio

Trabajo a futuro

A partir de las pruebas se identificaron áreas de oportunidad para el proyecto NODES el cual tiene ventajas de generación de ideas de una forma confiable y con resultados factibles al pertenecer al área de calidad educativa, atacando el fenómeno de deserción escolar que afecta a la sociedad en México y en el mundo. Es por ello por lo que el proyecto se puede adaptar en diferentes escenarios según su ámbito social, político y económico con la información necesaria gracias a la Inteligencia Artificial.
México ha tenido un magro desarrollo en materia de Inteligencia Artificial, por lo que tendría que implementar una estrategia híbrida a la brevedad (Arreola, 2018), por lo que es atractivo y funcional la dirección dada por Nodes, ofreciendo una ventaja competitiva al resolver las necesidades de la Instituciones de Educación Media Superior (IEMS), agregar otras variables para evaluar la condición de los estudiantes, crear modelos de mercado con base en el negocio de consultoría y ofrecer soluciones según el caso del estudiante (por ejemplo; ofrecer becas al cual postularse). Estas mejoras contribuyen en un marco de continuidad al aumento de la eficiencia y de la satisfacción del usuario y/o cliente del producto. La educación es una etapa elemental en la sociedad, es por ello que NODES se enfocó en un principio a la EMS (Educación Media Superior) por su gran porcentaje de deserción en México; la posibilidad de emerger en otros niveles educativos es factible, principalmente en el nivel universitario que se encuentra en segundo lugar de porcentaje de deserción escolar.

Conclusiones

Al concluir el desarrollo del proyecto, se realizó un análisis de los resultados expuestos por el algoritmo donde pueden surgir diferentes opciones para mejorar el proyecto realizado. Asimismo, se propone una línea de investigación de patrones detectados en el banco de información y realizar una investigación a fondo sobre el fenómeno de deserción por generación.
El desarrollo de esta plataforma para consulta de la información, ayuda a las EMS a conocer que probabilidad de deserción que tiene cada estudiante al ingresar al nuevo nivel de estudio, esto con la finalidad crear un plan de acción de cada uno de ellos y dar un seguimiento a cada uno de ellos, además aporta valor a la sociedad y ofrece una solución al creciente porcentaje de abandono escolar que ocurre en la EMS, problema que no solo ocurre en el nivel media superior sino en todos los niveles sufren de este fenómeno y que está acrecentando y amenaza a los estudiantes.

Agradecimientos

Estas líneas son dedicadas a familiares y amigos que de manera indirecta apoyan a cada uno de los autores de este proyecto, Carlos Heriberto Hernández Jacome quien colaboró con el desarrollo e implementación del modelo de inteligencia artificial, Josué Iván Picie Alcaraz encargado del desarrollo de la plataforma tecnológica. De igual forma al I.S.C. Daniel González Díaz quien brindo su conocimiento, asesoramiento y dirección del proyecto y al M.E.I. Eric Onofre Ruiz quién aporto sus conocimientos y brindó entrenamiento en el idioma inglés.

Agradecimiento al Centro de Investigación de Inteligencia Artificial por la iniciación con el Programa de Fomento a las Vocaciones en el Área de Inteligencia sobre esta rama de investigación.
En memoria de Dolores González Acuca, padre y apoyo de María Dolores González Martínez quien desarrolló la imagen y diseño del proyecto. Descanse en paz.

Referencias

A. Srivastava, S. B. (2017). SCRUM model for agile methodology,. *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, pp. 864-869.

Alfonso Galipienso, M. I., Cazorla Quevedo, M. Á., Colomina Pardo, O., Escolano Ruiz, F., & Lozano Ortega, M. Á. (2003). *Inteligencia Artificial.* Spain: Thomson Editores.

Arreola, J. (20 de 07 de 2018). *www.forbes.com.mx.* Obtenido de https://www.forbes.com.mx/mexico-puede-triunfar-en-inteligencia-artificial/

Baza, F. G. (2005). *Deserción escolar y desigualdd económica en México: Un análisis empírico para los niveles medio superior y superior.* D.F., Mexico. Obtenido de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/752/1121_2005_ESE_DOCTORADO_garcia_baza_florberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gladys, M. S. (2013). *Revista de Actualización Clínica Investiga.* Obtenido de Estudios de Correlacion: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2304-37682013000600006&script=sci_arttext

Hernández Sampieri, R. (2000). Diseños Exploravitas.

Hernández, E. A.-E. (1995). *lifeder*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010.* Ciudad de México: Gobierno Federal.

Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2018). *LA EDUCACIÓN OBLIGATORIA EN MEXICO: Informe 2018.* INEE, Ciudad de México. Obtenido de https://www.inee.edu.mx/portalweb/informe2018/04_informe/capitulo_020204.html

Microsoft. (16 de septiembre de 2018). *https://docs.microsoft.com*. Obtenido de https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/data/adonet/ef/overview

Microsoft. (2019). *Docs.microsoft.com*. Recuperado el 29 de septiembre de 2019, de https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/studio-module-reference/boosted-decision-tree-regression

Microsoft. (7 de marzo de 2019). *https://code.visualstudio.com*. Obtenido de https://code.visualstudio.com/docs/editor/whyvscode

Rodrigo C. Barros, Márcio P. Basgalupp, & André CPLF. (2012). Clus-DTI: improving decision-tree classification with a clustering-based decision-tree induction algorithm. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 351–362.

Rouse, M. (2017). *Inteligencia Artificial* . Obtenido de https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Inteligencia-artificial-o-AI

Rubin, K. S. (2015). *Essential Scrum.* Arbon, Michigan: Addison Wesley.

StarUML. (2017). *http://staruml.sourceforge.net/.* Obtenido de http://staruml.sourceforge.net/docs/developer-guide(en)/ch01.html

Universidad de Wakaito. (22 de enero de 2019). *www.cs.waikato.ac.nz*. Obtenido de https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/

Voces del compromiso. (14 de 08 de 2017). *compromisoporlaeducacion.mx.* Obtenido de http://compromisoporlaeducacion.mx/la-situacion-educativa-actual-de-la-poblacion-indigena-en-mexico/

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

ED01 **Percepción de la modalidad FIT (Modelo TEC21) del curso: Fotografía e Imagen Digital.** **2037**
Rodrigo Urcid Puga.

ED02 **Experiencia maya: Crecimiento del Ingeniero en México mediante la movilización, en un entorno lingüístico cultural.** **2044**
Sergio Enrique Pérez Alvarado, Juana Elda Portillo Tovar, María Jesús Maldonado Chavarría.

ED03 **Propuesta de implementación del modelo dual en el sector productivo.** **2052**
Dagoberto Nieto Martínez, José Palafox Guarnero.

ED04 **Modelo ADDIE para crear contenidos digitales para consolidar los fundamentos de programación mediante Cómputo Físico.** **2060**
Juan Riquelme Odi, Claudia Marina Vicario Solórzano, Teresa Guzmán Flores, Alexandro Escudero Nahón.

ED05 **Aplicación móvil para la administración y conectividad de tareas académicas en la Educación Superior.** **2068**
Gloria del Carmen Rendón Sustaita, Carlos Díaz Lara, N. Montenegro Herrera, E. Velacio Juárez, O. Tristán Orta.

ED06 **Valor predictivo del examen de admisión (EXANI-II), escuela y promedio de procedencia.** **2076**
Raúl Jiménez González, Leticia Flores Flores, Paloma Jiménez Flores.

ED07 **Difusión de las disciplinas STEM a niños y jóvenes en los Institutos Tecnológicos.** **2084**
Karla Alejandra Jiménez Martínez, María Elizabeth Guerrero Sánchez, Ernesto Ramírez García, Aimee Herrera Vázquez, Lourdes Yareli Solano Uscanga.

ED08 **Psicología positiva como herramienta en los cursos de Ciencias Básicas del ITSLP.** **2091**
María Magdalena Montsserrat Contreras Turrubiartes, José Francisco Ibarra Sánchez, Juan Guillermo Tellez Villalobos, Iram Razziel Contreras Turrubiartes.

ED09 **Educación Ambiental Universitaria, Caso de estudio Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.** **2097**
Alfonso Corte López, Rebeca Patricia Grajeda Grajeda, Carlos Jiménez García, Martha Elba González Luna, Miguel Ángel Espinoza Parrilla.

ED10 **Certificación en el estándar EC0772: Caso TecNM Campus Orizaba, Valle del Yaqui y La Laguna.** **2105**
Ena Erandy Díaz López, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Cinthia Yuriana García Cabanillas, Leonila Contreras Vázquez, Rigoberto Reyes Valenzuela.

ED11 **Aplicación del algoritmo selección de atributos en la identificación de factores que influyen en la deserción escolar universitaria.** **2113**
Argelia B. Urbina Nájera, Rocío G. Morales Salgado.

ED12 **La alfabetización académica: una revisión sistemática de la literatura.** **2120**
Yolanda Leticia Trujillo Andrade, José Andrés Castillo Hernández, Rosa María Flores Trejo.

ED13 **Desarrollo del proyecto educativo: NOVA Luz para la iluminación residencial.** **2127**
Angelita Dionicio Abrajan, Ángel Vicente Castro Ramírez, Beatriz Liliana Orduña Tenorio, Sergio Ricardo Zagal Barrera.

ED14 **Vinculación empresarial para mejorar desempeño profesional en estudiantes de Ingeniería Informática del Tecnológico de Teziutlán.** **2134**
Adriana Pérez López, Pedro Omar Silva Vásquez, Josué Mancilla Cerezo, Ana Cristina Palacios García.

ED15 **Conocimiento del tema Sistemas Integrados de Gestión en estudiantes próximos a realizar su Residencia Profesional.** **2142**
Enrique Antonio Rocha Altamira, María Elena Maceda Rodríguez, Lizbeth Vianney Zárate García, Josmar Malpica Hernández, Eduardo Nepomuceno Reyes.

ED16 **Inteligencias múltiples: estrategia para fortalecer la permanencia estudiantil de Ingeniería Informática del Tecnológico de Chilpancingo.** **2150**
Erika Oropeza Bruno, Gloria Muñoz Atilano, Toledo Rodríguez Corona, María de Lourdes Martínez Zamudio, Mario Hernández Hernández.

ED17 **Análisis de índices de reprobación en nomenclatura de compuestos químicos y uso de TICS.** **2158**
Maricela Guzmán Hernández.

ED18 **Causas de baja eficiencia terminal en carreras: Ing. Sistemas Computacionales e Informática, TecNM de SLP.** **2164**
María Guadalupe Hernández Sierra, Beatriz Oralia Ríos Velázquez, Dubelza Beatriz Oliva Garza, María Estela Vega Guerrero, Andrea Karina Cabral Mirafuentes.

ED19 **Flipped Classroom en educación a distancia como estrategia de enseñanza en álgebra lineal del ITSCH.** **2172**
Yesenia González Cruz, Elda Jacinto Martínez.

ED20 **Desarrollo de Habilidades de Programación Python mediante un a App.** **2180**
Eduardo Contreras Delgado, Isis Contreras González.

ED21 **Impacto de la asesoría entre iguales en índices de reprobación en el nivel medio superior.** **2186**
Alma Delia Hernández Vargas, Guadalupe Robles Calderón, Raúl Mora Reyes, Juan Antonio Reyes Martínez, Genaro Eduardo Romero Peralta.

ED22 **Marco conceptual de las Tecnologías de la Información en la Educación.** **2194**
Julia Patricia Melo Morín, Eric Álvarez Baltierra.

ED23 **Modelo Binomio Educativo ITCJ: Estrategia didáctica para minimizar los índices de reprobación en Ciencias Básicas.** **2200**
José Alanís Villaseñor, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Ena Erandy Díaz López, Miguel Velázquez Campos, Rigoberto Reyes Valenzuela.

ED24 **Ingeniería didáctica y modelo en cascada como metodología para desarrollar material educativo computarizado matemático.** **2207**
Gaspar Sánchez García, Anabel Jiménez Ortiz.

ED25 **Módulo Generador de código PHP para la herramienta SODRA a partir del intermediario XMI.** **2215**
Sendy Esthefany Cruz Sánchez, Silvestre Gustavo Peláez Camarena, María Antonieta Abud Figueroa.

ED26 **Modelo Dual: Experiencia de éxito en el TecNM Campus Teziutlán, App Dtooltek S.A de C. V.** **2223**
Guadalupe Robles Calderón, Naty Rodríguez Ventura, Alma Delia Hernández Vargas, Juan Antonio Reyes Martínez, Genaro Eduardo Romero Peralta.

ED27 **Estudio longitudinal de ética sobre ética Parte 2 en estudiantes del TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba.** **2231**
María Elena Zepahua Neri, Alejandra Aguilar Aquino, Aurora del Pilar Fuentes García, Alma Delia González Sánchez, V. Oficial Arias.

ED28 **Estrategias tutorales para disminuir la reprobación en la carrera de Sistemas Computacionales en el ITQ.** **2239**
Margarita Espinosa Arreola, María del Consuelo Frías Maldonado, María Elena Montes Almanza, María Luisa Montes Almanza, Norma Lucia Quintanar Servín.

ED29 **Estrés tecnológico en los estudiantes universitarios.** **2247**
Sergio Alberto Rosalio Piña Granja, Jashven de San Juan Escobedo Castro, Francisco Javier Segura Mojica Francisco Javier, Ángela Rebeca Garcés Rodríguez, María Eugenia Navarrete Sánchez.

ED30 **Expectativas de ingreso al Instituto Tecnológico de Chilpancingo-TECNM: Estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales.** **2257**
Erika Oropeza Bruno, Víctor Castro Chino, Paula Adriana Leyva Alarcón, Mauricio Córdoba Portillo, Mario Hernández Hernández.

ED31 **Deserción universitaria desde la percepción de los estudiantes de nuevo ingreso de Ingeniería Industrial.** **2262**
Liliana Fuentes Rosas, Aníbal Gaudencio López Cabrera, Lot Rojas Mora.

ED32 **Comparativo de la percepción de alumnos universitarios relativa al aprendizaje de sus asignaturas de programación.** **2270**
David Fragoso Porras, Claudia Zepeda Cortés, José Luis Carballido Carranza, Ana Patricia Cervantes Marqués, Hilda Castillo Zacatelco.

ED33 **Importancia de las habilidades blandas en el entorno laboral y educativo.** **2278**
Miriam Araceli Martínez Rodríguez, Claudia Ivone Canela Guzmán, Andy Elder Lucero Medina, Juanira Ortega Aranda, Sandy González Contreras.

ED34 **Hábitos de estudio y su relación con asignaturas de programación en el Tecnológico de Oaxaca.** **2284**
Reyna Valverde Jarquín, Dalia Silva Martínez, Anayansi Cristina Hernández Abrego, Otilia Pérez López, Elia Caballero Rafael.

ED35 **Aprendizaje Basado en Proyectos precursor de colaboración con la empresa comercializadora Keter S.A. de C.V.** **2291**
Raúl Mora Reyes, Naty Rodríguez Ventura, Alma Delia Hernández Vargas.

ED36 **Material Didáctico con un Pizarrón de Luz Multimedia.** **2299**
Adriana Nava Vega, Mitzi Jocelyn Reyes Cerón, Mario Alberto González Uribe, Cesar Eduardo Cea Montufar.

ED37 **Estudiantes de Derecho y su capacidad emprendedora.** **2305**
Belizario Antonio Pacheco, María Guadalupe Aguirre Alemán, Miguel Ángel Clara Zafra, María Teresa de la Luz Sainz Barajas, Juan José Chiñas Valencia.

ED38 **Implementación de Brigadas Mixtas en Hotel Alameda Suites para la Materia de Seguridad Ocupacional.** **2313**
Adela Morales Vásquez, Isaac Sánchez Anastacio, Claudia Velásquez Cortés, Hilda Saucedo Rivalcoba, Berenice Guevara Roque.

ED39 **Los posgrados en educación en Oaxaca, México.** **2321**
Dalia Silva Martínez, Genaro Caballero Mendoza, Reyna Valverde Jarquín.

ED40 **Percepción del nivel de bienestar en la comunidad estudiantil del Instituto Tecnológico de Orizaba.** **2329**
Víctor Manuel Contreras Cuburú, Elda Rosario Ruiz, Javier Contreras Ruiz, Víctor Manuel Contreras Beltrán.

ED41 **Estudio sobre las cualidades emprendedoras en docentes y alumnos de nivel superior.** **2336**
Francisca Hernández Ángel, Elizabeth Lizeth Mayer Granados, Carlos Alfredo Hernández Cerda.

ED42 **El uso de proyectos integradores para mejorar el rendimiento académico.** **2343**
María del Rosario Mayorga Escareño, Lina Ernestina Arias Hernández, Christian Castro Cháirez, José de Jesús Alba García.

ED43 **Diseño de estrategia para disminuir el tiempo de montaje de contenidos en aulas virtuales.** **2351**
Ivette Esperanza Corzas García.

ED44 **V de Gowin aplicada como estrategia heurística en el estudio del método científico.** **2359**
Alicia Jiménez Huerta, Alejandro Hernández Ortiz, Ángel Eduardo Márquez Ortega, María Belem Arce Vázquez.

ED45 **Validez y fiabilidad del instrumento de evaluación de desempeño docente en el TecnNM.** **2367**
Jorge Eduardo Borjas García, María Leonor Rosales Escobar, María Eugenia Navarrete Sánchez.

ED46 **Introspección a la educación financiera en estudiantes del ITSTB.** **2375**
María del Rocío Acevedo Serrano, Luis Mizraim Hernández Mendoza, Gabriel Sánchez Martínez.

ED47 **Implicaciones de la deserción escolar a nivel superior en Ingeniería en Sistemas e Informática.** **2383**
Elsa Ortega de Ávila, Blanca Verónica Alvarado de la Torre, María Guadalupe Balderrábano Saucedo, Carlos Antonio Martínez Cardona, Jorge Oliver Bautista Acosta.

ED48 **Prototipo de juguete para la enseñanza de lectoescritura braille.** **2391**
Dorian Rojas Balbuena, Miguel Ángel Limón Díaz, Matilde Sampayo Cárcamo, José Adrián Rangel Zamora, Walter Iván Esquinca García.

ED49 **Identificación de Dislexia: una oportunidad para estudiantes con bajo rendimiento académico en materias de programación.** **2397**
María Eugenia Carreón Romero, Laura Carreón Romero, Roberto Carlos Carreón Romero.

ED50 **Eficiencia terminal de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica en el TECNM/I.T. Ensenada en el periodo 2017 - 1 al 2018- 2.** **2404**
Margarita Cervantes Trujano, Yomara Sánchez Camacho, Elizabeth Romero Samaniego, Francisco Ramos Flores.

ED51 **Plataforma web de seguimiento al Programa Institucional de Tutorías para Tecnológicos de Estudios Superiores.** **2410**
Gabriela González Vázquez, Luis Alberto León Bañuelos, Araceli Guerrero Alonso, Jazmín Estanislao González.

ED52 **Influencia de arcos de movilidad en guante multisensorial empleado para la educación de personas sordas.** **2418**
Norma Angélica Álvarez Torres, Sara Torres Álvarez, Ignacio Javier Vázquez Cuevas, Paulina Violeta Prado Martínez, Juan Luis Coronado Palomares.

ED53 **Caracterización de la intención emprendedora de jóvenes universitarios.** **2426**
Zugaide Escamilla Salazar, Fidencio Ochoa Flores, Iván Nava González.

ED54 **Pertinencia Curricular con el Sector Laboral Regional de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables.** **2434**
Verónica Alida Romo García, Sara Torres Álvarez, Norma Angélica Álvarez Torres, Omar Velarde Anaya, Mario Balvanedo Rodríguez Arenas.

ED55 **Impulso del Desarrollo Local y Empresarial, un reto de la Práctica Educativa en Educación Superior.** **2442**
Maricela Villanueva Pimentel, Martin Tapia Salazar, Laura Adame Rodríguez.

ED56 **Prácticas Predominantes y Emergentes de la Ingeniería Industrial en México: El Ecosistema como determinante.** **2449**
Cesar Mesinas, Antonio Torres, Dulce Cons.

ED57 **Integración de Tecnología Educatuva para sensores ambientales, hacia ciudades inteligentes en escuelas de zonas urbanas.** **2457**
Alí Pérez Gómez, Janeth Jiménez Gómez, Patricia Guadalupe Gamboa Rodríguez.

Percepción de la modalidad FIT (Modelo TEC21) del curso: Fotografía e Imagen Digital

R. Urcid Puga[1]
[1]Escuela de Humanidades y Educación. Departamento Medios y Cultura Digital, Tecnológico de Monterrey, Atlixcáyotl #5718, Reserva Territorial Atlixcáyotl, C.P. 72453 Puebla, Pue. México. rurcid@tec.mx
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen
El siguiente artículo muestra los resultados del estudio aplicado al alumnado de diversos campus del Tecnológico de Monterrey que cursaron la materia Fotografía e Imagen Digital en modalidad FIT durante los semestres otoño 017 a primavera 019. El objetivo de este proyecto es conocer los niveles de aceptación o rechazo que se tienen de esta asignatura que tiene características muy peculiares. La metodología fue mixta, la parte cuantitativa fue con un instrumento en el que se midió la satisfacción hacia el curso y el profesor por parte del estudiantado.
En materia cualitativa, se realizaron entrevistas profundas al estudiantado, y se les solicitó un escrito en el que plasmaron sus ideas sobre el curso. Como resultado, el índice de aceptación hacia este curso ha incrementado con el paso del tiempo, y el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs), influye para que el estudiantado acepte esta clase de modalidades.
***Palabras clave:** Tec de Monterrey, universidad, estudiantes, flexibilidad.*

Abstract
The following article shows the results of the study applied to the students of different campuses of the Tecnológico de Monterrey that studied the subject Photography and Digital Image in FIT mode during the semesters autumn 017 to spring 019. The objective of this project is to know the levels of acceptance or rejection of this subject that has very peculiar characteristics. The methodology was mixed, the quantitative part was with an instrument in which satisfaction was measured towards the course and the teacher on the part of the student body.
In qualitative matters, in-depth interviews were conducted with the students, and they were asked to write a paper in which they expressed their ideas about the course. As a result, the acceptance rate towards this course has increased over time, and the use of Information and Communication Technologies (ICTs), influences the students to accept this kind of modalities.
***Key words:** Tec de Monterrey, university, students, flexibility*

Introducción
Con el paso de los años, el Tecnológico de Monterrey ha desarrollado nuevas metodologías para la impartición de clases, para ello se suele apoyar en diversas tecnologías y así ofrecer diversas modalidades de aprendizaje. Concretamente, desde el verano del 2013, esta universidad declara evolucionar hacia el Modelo Educativo TEC21, mismo que tiene por objetivo "preparar a los estudiantes con una formación integral, que les permita enfrentar los desafíos que demanda un mundo cambiante e incierto y asegurar la competitividad internacional de los egresados" (Modelo Educativo TEC21, 2018, pp. 5). Una de las modalidades educativas creadas para la impartición de cátedra es la sinergia entre lo Flexible, Interactivo con Tecnología, también conocida como cursos FIT. Esta metodología se diseña bajo un formato que combina la experiencia del profesorado con las ventajas de la tecnología a través de contenidos y actividades en una plataforma *web*. FIT enfatiza los siguientes elementos (Tecnológico de Monterrey, 2019):

- El estudiante decide el lugar donde toma las clases (los horarios pueden variar); no necesita acudir físicamente a un aula, para estar en las sesiones sólo debe "conectarse" por medio de una herramienta llamada *Zoom*, la cual puede ser utilizada con cualquier dispositivo.
- Estos cursos buscan que el estudiante aprenda de forma interactiva con el profesorado y con sus compañeros. Existen diversas formas de interacción: a) sesiones: clases dos veces a la semana, dentro de un horario previamente asignado; b) asesorías: en días y horarios establecidos, éstas pueden ser individuales o en equipo; c) reuniones programadas: por lo menos dos veces en el semestre el alumnado y el profesorado están en contacto para recibir retroalimentación, guía, y apoyo sobre el desempeño en el curso.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Creación de un curso FIT

Para entender la manera en la que un curso FIT es puesto en marcha, es importante mencionar que el proceso de diseño y ejecución de la asignatura tiene una metodología que consiste en un proceso que requiere la participación y colaboración tanto del profesorado involucrado, como de múltiples áreas del TEC de Monterrey; la dinámica es la siguiente (Modelo TEC 21):

1. Un grupo de profesores (de dos a cuatro) expertos en un tema es convocado de forma presencial o vía remota para asignarles el curso que han de crear y después impartir.
    a. Para la creación de la materia Fotografía e Imagen Digital (curso analizado en este proyecto), se tienen tres "Diseñadores", un profesor de campus Monterrey, otro de campus Santa Fe, y otro catedrático de campus Puebla. Además, por la propia demanda del curso, se tienen tres "Adoptadores", profesorado que imparte dicho curso en caso de que alguno de los creadores originales no pueda hacerlo. En este caso, se cuenta con una profesora de campus Toluca, otra catedrática de campus Monterrey y un profesor de campus Ciudad de México.
2. Durante el periodo de una semana el profesorado se reúne en un campus determinado y se crea el "esqueleto" de la materia; es decir, se define el temario, se calendarizan las sesiones, prácticas, exámenes y tareas, se establecen las actividades que el alumnado ha de realizar, el material de apoyo para el estudiantado, así como el tipo de evaluación que el curso tendrá. Como parte del nuevo modelo educativo, se declaran las competencias transversales y disciplinares, así como el reto que los estudiantes deben cumplir.
3. El curso que se desarrolla cuenta con la supervisión de una coordinadora y el apoyo de una diseñadora instruccional.
4. A partir de este momento, la creación del curso se divide en dos vertientes: la parte técnica, que consiste en el área de: innovación en modelos de enseñanza y aprendizaje, diseño y desarrollo multimedia, web y aplicación de proyecto, que tiene que ver exclusivamente con "llevar" la materia al portal CANVAS, la segunda parte tiene que ver con el seguimiento y correcciones a todas las cuestiones académicas que puedan presentarse, además de ajustar detalles propios de la plataforma
    a. Esta forma de trabajo continúa vía remota durante un promedio de cinco a seis meses.
5. Una vez que el curso queda diseñado en su totalidad en la plataforma CANVAS y listo para que el estudiantado pueda acceder a este, la materia se oferta de acuerdo con el Departamento al que pertenece, y una vez que el mínimo de alumnos está inscrito, quienes impartirán la clase tienen acceso a la plataforma y pueden impartirla sin problema.

Operación del curso FIT

La forma en la que se ofrece este curso consta de los siguientes pasos:

- La materia tiene una duración de 90 minutos y se imparte lunes y jueves de 8:30am a 10:00am.
- El profesor, por medio de la aplicación Zoom se "enlaza" a una liga (enlace al que el estudiantado también tiene acceso) previamente establecida. En este caso el catedrático se encuentra en campus Puebla.
- El alumnado, del mismo modo, se encuentre enlaza al curso a través de dicha iga.
- Una vez que ambas partes están *online*, la sesión procede de acuerdo con los lineamientos que el catedrático establece.
    - El alumnado, durante las sesiones, desarrolla diversas actividades; además, se establecen prácticas/tareas, que se entregan a través de la plataforma CANVAS; las segundas, están ordenadas mediante instrucciones y un calendario previo en dicha plataforma.

La idea de hacer este tipo de ejercicios es, por un lado, reforzar la práctica de la fotografía, y por otro, evitar el enfoque exclusivamente teórico. Una característica esencial, es el constante uso de las TICs; por ello, se utiliza una serie de plataformas y aplicaciones que no sólo facilitan la interacción entre el alumnado y el profesorado, sino que ayudan a romper las barreras geográficas y de comunicación. Para tener una idea más concreta de la función de cada una de las plataformas y herramientas tecnológicas empleadas, a continuación se explican:

- *Zoom.* Canal primario de comunicación entre estudiantes y profesorado. Es una aplicación que puede ser ejecutada desde cualquier dispositivo electrónico: computadora de escritorio, tableta, laptop o *Smartphone* (Zoom, 2019). A través de la herramienta se imparten las sesiones y asesorías en días y horarios establecidos; ésta, de ser posible, debe ser ejecutada con una cuenta *pro*, la cual permite grabar las reuniones y así tenerlas como respaldo.
- CANVAS. Consiste en un espacio virtual en el que se deposita todo el material que se utiliza para las clases, desde videos, hasta material de apoyo como lecturas, tutoriales, y aspectos que enriquecen el curso, como la opción de publicar las grabaciones de las sesiones, calendario. Tiene un sinnúmero de propiedades y ventajas que ayudan a que el curso sea mucho más ameno, como las tablas y gráficas de

calificaciones, mensajes directos; entre muchos otros elementos (CANVAS, 2019); la funcionalidad que permite esta aplicación es fundamental para que un curso, en modalidad FIT y/o presencial se pueda llevar a cabo. Del mismo modo puede ser utilizada en diversos dispositivos.

- Correo institucional. Herramienta de contacto fundamental que también reduce las barreras geográficas y acerca al profesorado y al alumnado. Es importante mencionar que si se decide utilizar este medio de comunicación debe ser a través de las cuentas oficiales del TEC de Monterrey.
- Remind. Esta aplicación es un servicio de mensajería instantánea que se estipula como el canal oficial de comunicación entre el educador y los educandos. Tiene dos características primordiales, la primera es que le permite al profesorado establecer horarios "de atención", y bajo esos lineamientos es que el alumnado puede o no, iniciar conversaciones. La segunda, consiste en que no es necesario compartir los números telefónicos ya que la cuenta se crea con el correo electrónico institucional (McDonnell, 2019). Cabe notar que quienes pertenezcan al curso en cuestión, deben ser "dados de alta" por el profesor o profesora, pues el grupo debe ser creado por éste y así mandar una invitación al alumnado.
- WhatsApp. Herramienta sumamente conocida que complementa los canales de comunicación entre el profesorado y el alumnado. Una de las grandes ventajas es que esta plataforma prácticamente todo usuario de *Smartphone* la tiene y está atento las 24 horas del día.
- Art 3D. Herramienta que modela, mediante realidad virtual, dos cámaras fotográficas (Nikon y Cannon); para utilizarla, es necesario descargar esta aplicación, y en CANVAS, dentro de la sección: "Recursos de Apoyo" se escanea el código según la marca de cámara que se tenga. Con ello, el estudiante, en su dispositivo (tableta o *Smartphone*), puede ver los distintos componentes de su equipo (Now Gaming, 2019)

Como ya se ha advertido, la materia en la cual se aplica este análisis es Fotografía e Imagen Digital, y por ende el uso de plataformas en las que el material visual pueda ser publicado es fundamental para crear una mayor diversidad; por ello, y para que el alumnado tenga flexibilidad para mostrar sus imágenes, se decide que pueden usar: Facebook, Instagram, Tumblr, Wix, Canva, Sway, Issuu; todas aceptan múltiples formatos de fotografías, pueden ser visualizadas por los usuarios en diferentes dispositivos y aceptan diversas plantillas y/o diseños para que se tenga un portafolio fotográfico más profesional.

Esta materia cuenta con una característica primaria que ayuda a tener un mejor proceso de aprendizaje, la cual consiste en hacer una visita personal al o a los campus donde se tenga mayor volumen de alumnos inscritos en la materia; además, se realiza un enlace con un especialista en fotografía; esto, con el fin de que el alumnado aprenda de los testimonios, experiencia y anécdotas de dicha persona.

De manera cuantitativa, el curso, tiene trece prácticas[1] mismas que consisten en crear un set de cuatro fotografías con el tema que se estudia en clase; dichos ejercicios son semanales y se suelen evaluar en clase los jueves. También se tienen la denominadas: "Actividades de CANVAS", las cuales se refieren a ejercicios que se enfocan en la autoevaluación que el estudiantado hace respecto al proceso de aprendizaje que tiene durante el curso.

El proyecto final que los estudiantes realizan consiste en un *photobook* publicado en cualquier red social que ellos decidan y el tema es libre; sin embargo, dicha entrega debe presentarse por medio de avances y una posterior asesoría en la que tanto el educador como el educando plantean diversas cuestiones fotográficas; para que se entregue un mejor trabajo, la idea es que se entreguen tres avances durante el semestre. Para tener un "termómetro" del aprendizaje, los alumnos realizan pequeños exámenes (5 reactivos) que resumen algunos temas que se tocan en clase.

Los ensayos, por su lado, se convierten en un instrumento para que el estudiante pueda plasmar la justificación del tema a fotografiar; dicho escrito debe desarrollarse en una cuartilla, aquí, responden el por qué decidieron hacer un álbum fotográfico del tema seleccionado; sus implicaciones, alcances y limitaciones. Finalmente, el semestre debe ir acompañado de dos "mini álbumes" en los que se realizan fotografías con las diferentes técnicas fotográficas estudiadas en clase.

Metodología

Sujetos de estudio

Se tuvieron un total de ochenta estudiantes distribuidos en los diferentes semestres de la siguiente forma: Otoño 2017: 16 mujeres y 6 hombres; b) Primavera 2018: 16 mujeres y 6 hombres; c) Otoño 2018: trece mujeres y tres

[1] Para el semestre de enero-mayo 019, tras un rediseño del curso, se decide reducir los entregables en la plataforma CANVAS y se tienen más actividades durante las clases.

hombres; d) Primavera 2019: doce mujeres y ocho hombres. Para tener una idea más precisa, se muestra una tabla con los datos más representativos de cada periodo en los que se ha impartido la clase:

Tabla 1.0. Datos generales de los cursos analizados.

Periodo	Total de estudiantes inscritos	Campus	Carreras	Sesiones por semestre
Agosto - Diciembre 017	22	Sta Fe, Ciudad de México, Morelia y Monterrey	Arquitectura, Mercadotecnia y Comunicación, Arte Digital, Comunicación y Medios Digitales, Publicidad y Comunicación de Mercados	28
Enero - Mayo 018	22	Monterrey, Cuernavaca e Hidalgo	Comunicación y Medios Digitales, Arquitectura, Administracion y Estrategias de Negocios, Negocios Internacionales, Publicidad y Medios, Diseño Industrial, Derecho, Derecho y Ciencias Políticas y Bionegocios	28
Agosto - Diciembre 018	16	Santa Fe, Ciudad Juárez, Chiapas, Hidalgo y Veracruz	Mercadotecnia y Comunicación, Comunicación y Medios Digitales, Innovación y Dirección de Negocios, Derecho, Administración y Estrategias de Negocios	28
Enero - Mayo 019	20	Monterrey, Santa Fe y Zacatecas	Publicación y Comunicación de Mercados, Ingeniero en Mecatrónica, Comunicación y Medios Digitales, Arte Digital, Mercadotecnia y Comunicación, Químico Administrador y Negocios	28

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, se tuvo un alumnado diversos campus, y las carreras suelen ser afines a los estudios creativos o de humanidades. Hay algunas excepciones de carreras enfocadas a las ingenierías y/o a los negocios, esto se debe a que a nivel académico, el curso: Fotografía e Imagen Digital también se ofrece como “tópico”, es decir está abierta a todas las escuelas que componen los estudios profesionales del TEC de Monterrey. También se puede notar que a lo largo de un periodo académico tienen 28 sesiones, esto considerando días festivos, semanas de asueto, temporada de éxamenes y retroalimentaciones parciales y finales.

Métodos de medición

Este proyecto cuenta con una metodología tanto cuantitativa como cualitativa. El instrumento cuantitativo, consiste en un cuestionario que el alumnado responde de manera digital en la plataforma oficial de la institución; la sección cualitativa se desarrolla a través de una entrevista profunda y un ensayo a manera de reflexión por parte de cada uno de los inscritos en el curso; con estas formas de medición, se puede tener un marco más concreto de cómo los estudiantes perciben el curso FIT, y también se obtiene una evaluación del desempeño del profesor.

Estudio cuantitativo

Para medir la satisfacción o incomodidad del estudiantado respecto al curso de Fotografía e Imagen Digital, se utiliza el instrumento de medición que el TEC de Monterrey establece como cuestionario oficial para conocer la percepción del alumnado respecto al desempeño del profesorado y la calidad del curso. Dicho proceso tiene el nombre de: Encuesta de Opinión a los Alumnos del Sistema, también denominado ECOA (Tec de Monterrey, 2014). Se tienen una escala del cero al diez, donde cero es “Pésimo” y diez es “Excepcional”. Las preguntas son:

1. ETMET. En cuanto a la metodología y actividades de aprendizaje me brindó explicaciones claras y precisas, medios y técnicas innovadoras o herramientas tecnológicas que facilitaron y apoyaron mi aprendizaje.
2. ETPRA. En cuanto a la comprensión de conceptos en términos de su aplicación en la práctica resolví casos, proyectos o problemas reales, realicé prácticas en laboratorios o talleres, visitas a empresas u organizaciones, o interactué con personas que trabajan aplicando los temas de la clase.
3. ETASE. En cuanto a la interacción con el profesor y la asesoría recibida durante el proceso de aprendizaje me apoyó para resolver dudas, el profesor estuvo disponible en medios y horarios previamente acordados, hubo un ambiente de aprendizaje respetuoso y abierto.
4. ETEVA. En cuanto al sistema de evaluación se utilizó un conjunto de herramientas que me dieron retroalimentación sobre mis fortalezas y debilidades en el curso con base en políticas y criterios establecidos oportunamente.
5. ETRET. En cuanto al nivel de reto intelectual me motivó y me exigió dar mi mayor esfuerzo y cumplir con calidad en beneficio de mi aprendizaje y mi crecimiento personal.

6. ETAPR. En cuanto a su papel como guía del aprendizaje me inspiró y demostró compromiso con mi aprendizaje, desarrollo y crecimiento integral.
7. ETREC. ¿Recomendarías a un amigo llevar clases con este profesor?
8. Comentarios de los alumnos.
9. ETMEJ. ¿Consideras al profesor como uno de los mejores maestros que has tenido?

Así, para tener un análisis más robusto y coincidir con la medición que oficialmente el TEC estipula, se utilizan estas preguntas como método de análisis cuantitativo para este proyecto.

Estudio cualitativo

Esta sección comprende dos aspectos antropológicos, el primero, consiste en una entrevista a profundidad que se tiene con cada estudiante; dicha charla se realiza por medio de la aplicación *Zoom.* En dicha sesión se pregunta lo siguiente:

1. Más allá de lo teórico, ¿con qué te deja el curso?
2. ¿Cuáles fueron los aspectos negativos y positivos de la clase FIT?
3. ¿Volverías a llevar cursos en modalidad FIT?
4. ¿Piensas que la materia de Fotografía e Imagen Digital debe ser impartida con esta modalidad?
5. ¿Te gustó la dinámica con la que se impartió esta materia?

Otra herramienta cualitativa que se utiliza es la del ensayo; en este sentido, se le solicita al alumnado que realice un texto en el que plasme, por un lado, experiencias y sentimientos en cuanto al desarrollo del curso, y por otro, la percepción del profesor que imparte las clases. La idea es tener un documento de una cuartilla aproximadamente en la se tenga un medio para expresar sus pensamientos; dicho texto es entregado la última semana del semestre.

Resultados y discusión

Como parte de la metodología mixta realizada se tienen dos vertientes de resultados, los cuantitativos y los cualitativos; en este sentido, los primeros consisten en las respuestas y calificaciones que el estudiantado brinda al curso a través de las ECOAS, mientras que los segundos se reflejan las percepciones que se tienen de la materia en modalidad FIT.

Resultados cuantitativos

Campus	Clave materia	Materia	Grupo	Alumnos Candidatos	Opiniones	% de Participación	ETMET			ETPRA			ETASE			ETEVA			ETRET			ETAPR			ETREC			ETMEJ		
							Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv
Campus Nacional	AV1000	Fotografía e imagen digital	803	19	18	94.74%	18	**8.39**	2.71	18	**8.61**	2.91	18	**8.78**	2.55	18	**9.00**	2.29	18	**8.44**	3.02	17	**8.88**	2.63	18	**8.39**	3.02	18	**72%**	0.45

Figura 1.0. Encuesta ECOA. Periodo: Semestral ago-dic 2017 Fuente: MiEspacio (2019).

Esta tabla, en forma de imagen, informa sobre las calificaciones que se le dieron a cada una de las preguntas por las cuales se compone el cuestionario de satisfacción relacionado con el curso: Fotografía e Imagen Digital en modalidad FIT. Como ya se menciono dicho instrumento contempla puntos muy específicos en cuanto a la forma de evaluar al curso y al profesorado. La escala, vale la pena recordar des de 0 a 10, donde la calificación mínima es cero; mientras que la máxima es diez. En este sentido, se puede observar que a cada pregunta tiene un promedio numérico de calificación de acuerdo con la respuesta de los estudiantes; cabe notar, que en el periodo evaluado se contó con el 94.74% de participación, lo cual significa que casi todos los y las estudiantes respondieron las ECOAS.

Así pues, se puede observar que al ser el primer semestre en el cual se imparte esta clase, se tiene una calificación promedio de 8.0 en la mayoría de los reactivos, lo cual hace pensar que aún hay áreas de oportunidad y aspectos que es interesante corregir para que la materia transcurra de mejor forma.

Campus	Clave materia	Materia	Grupo	Alumnos Candidatos	Opiniones	% de Participación	ETMET			ETPRA			ETASE			ETEVA			ETRET			ETAPR			ETREC			ETMEJ		
							Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv
Campus Nacional	AV1000	Fotografía e imagen digital	803	22	22	100.00%	22	**9.05**	1.36	22	**9.36**	1.26	22	**9.73**	0.69	22	**9.64**	0.57	22	**9.27**	1.09	22	**9.41**	1.34	22	**9.18**	2.15	22	**59%**	0.49

Figura 2.0. Encuesta ECOA. Periodo: Semestral ene-may 2018 Fuente: MiEspacio (2019).

Para el segundo semestre en el que se imparte el curso de Fotografía e Imagen Digital se tienen dos cambios fundamentales, el primero radica en que el 100% de la matrícula contestó esta encuesta; y el segundo es que las calificaciones que se le dan tanto al profesor como a la materia se incrementan de manera considerable. En este

sentido, el promedio que oscila en cada uno de los reactivos es de 9.0 o superior, lo cual indica que la modalidad FIT adquiere mayor aceptación y el profesor tiene mayor dominio del curso. La metodología, actividades, forma de evaluación y demás cuestiones que envuelven a esta materia son del agrado del estudiantado.

Campus	Clave materia	Materia	Grupo	Alumnos Candidatos	Opiniones	% de Participación	ETMET			ETPRA			ETASE			ETEVA			ETRET			ETAPR			ETREC			ETMEJ			ETDOM		
							Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv	Op	Prom	Desv
Campus Nacional	AV1000	Fotografía e imagen digital	802	2	1	50.00%	1	10.00	0.00	1	10.00	0.00	1	10.00	0.00	1	10.00	0.00	1	10.00	0.00	1	10.00	0.00	1	10.00	0.00	1	100%	0.00	1	10.00	0.00

Figura 3 Encuesta ECOA. Periodo: Semestral ago-dic 2018 Fuente: MiEspacio (2019).

Para el periodo de otoño 2018, que es la tercera vez que se impartió la materia en modalidad FIT, el aumento de calificación en cada uno de los reactivos es notable; en este sentido, se alcanza la máxima nota (10.0), es decir el curso llega al grado de excelencia. Sin embargo, debe mencionarse que sólo la mitad (50%) de los estudiantes participaron en la encuesta, lo cual hace que la muestra esté incompleta, pero aún así, los respondientes se encuentran satisfechos con el desarrollo de las sesiones y la dinámica que el profesor tiene.

Profesor	Alumnos		Partici-pación	01. MET			02. PRA			03. ASE			04. EVA			05. RET			06. APR			07. DOM			08. REC			11. MEJ		
	Candi-datos	Opina-ron		#Op	Prom	Desv	#Op	Prom	Desv	#Op	Prom	Desv	#Op	Prom	Desv	#Op	Prom	Desv	#Op	Prom	Desv	#Op	Prom	Desv	#Op	Prom	Desv	#Op	Prom	Desv
L01477836 - Rodrigo Urcid Puga	21	18	85.71%	18	9.50	0.96	18	9.56	0.96	18	9.61	1.16	18	9.39	0.89	18	9.00	1.45	18	9.56	0.76	18	9.39	0.83	18	9.56	0.76	18	0.61	0.49

Figura 4.0. Encuesta ECOA. Periodo: Semestral ene-may 2019 Fuente: MiEspacio (2019).

En esta figura se puede observar que en el último periodo en el que se impartió esta asignatura la aprobación del contenido del curso y la forma en la que se imparten las sesiones son del agrado de los estudiantes. Las calificaciones numéricas que se le otorgan tanto al profesor como al curso *per se*, son elevadas (superiores al 9.3), lo cual indica que el nivel de satisfacción hacia esta modalidad es alto, y, con el paso de los semestres este tipo de modalidad cada vez es mejor recibida por el estudiantado.

Finalmente, se debe destacar que los promedios acumulados del estudiantado en los diferentes semestres en los que se ha impartido la materia son elevados, a saber, las calificaciones en el periodo otoño 017 fue: 95; en primavera 018 fue 92; para otoño del 018 el grupo alcanzó el 96; mientras que en primavera del 019 se tuvo un promedio total de 90. Lo anterior, al menos de forma numérica, indica que el alumnado tiene cierto grado de compromiso para con el curso y logra un desempeño estable.

Resultados cualitativos

Para esta metodología se utilizaron dos herramientas: las entrevistas profundas y el ensayo; así, y de forma resumida y parafraseada se presentan las ideas principales obtenias del estudiantado tanto en las charlas como en el texto solicitado. El estudiantado acepta que el conocimiento sobre diversos temas derivados de la fotografía ha aumentado. Además, comentan que es una experiencia interesante el que se tengan este tipo de dinámicas educativas y que están de acuerdo con la forma en que se imparte el curso. Informan que el profesor cuenta con las herramientas necesarias para desarrollar la clase, y que el conocimiento que lo precede es ideal.

Sin embargo, coinciden en que lo ideal es que se realicen más visitas a los campus, informan que el contacto humano y la cercanía personal es importante y que, si bien se cuenta con una serie de bondades tecnológicas para tener una comunicación idónea, lo mejor sería tener algo presencial en este tipo de cursos.

Por otra parte, agradecen la flexibilidad que tiene el profesor para impartir las clases, notan entendimiento de parte del catedrático para que el estudiantado recuerde que no está en un salón de clases y que no se trata de un curso tradicional, afirma que el poder fumar, comer, estar en pijama, y demás bondades ayudan a tener sesiones mucho más interesantes y libres.

Pero también hay opiniones divididas en cuanto a la pertinencia y preferencia de estudiar cursos en modalidad FIT, el estudiantado, se muestra un tanto dividido en cuanto a las opiniones, ya que aseguran que si la materia es impartida del mismo modo, es decir con altos niveles de flexibilidad y con dinámicas de visitas, prácticas constantes e incluso actividades en grupo, sí lo volverían a hacer; sin embargo, comentan que también se tienen experiencias (propias o comentadas por otros compañeros) previas en las que hay múltiples barreras de comunicación y entendimiento entre educadores y educandos.

Otro de los puntos negativos que los estudiantes hacen notar es que el estar en un salón de clases ayuda a la interacción entre colegas, sin embargo, este tipo de cursos, al no ser presencial, omite esta relación personal que pudiera presentarse; sin embargo, reconocen que gracias a este tipo de cursos pueden conocer y relacionarse de una u otra forma con colegas de otros campus.

Finalmente, tanto en el ensayo como en las entrevistas profundas, el estudiantado asegura que la dinámica de la clase es la ideal, y que el haber diseñado esta materia a nivel de taller y no con miras exclusivamente teóricas ayuda a incrementar los niveles de involucramiento y se tenga mayor interés por participar y dar a conocer su

material fotográfico; además, comentan que el utilizar diversas TICs ayuda de forma considerable tanto para exponer sus ideas de forma visual, como para romper las barreras geográficas.

Trabajo a futuro

Este proyecto pretende ser un "termómetro" para conocer cuál es el rumbo que pueden tener los cursos FIT, los niveles de percepción y contexto en el que se desarrollan o debieran cambiar. Sin embargo, sólo el estudio se centra en una sola materia; por ello, una forma de incrementar este conocimiento sería al comparar diversas materias con esta modalidad, ya sea de la misma escuela o de diferentes. Además, no sólo se podría hacer un análisis de los cursos, sino que sería prudente hacer una correlación entre aspectos similares y contrarios que pudieran tener entre sí. Finalmente, un trabajo que pudiera complementar este tipo de análisis pudiera ser el comparar la misma materia, es decir, cuáles son las diferencias entre las sesiones presenciales y las clases *online.*

Conclusiones

El curso de Fotografía e Imagen Digital en modalidad FIT presenta varios aspectos positivos y negativos. En este sentido, la interacción personal significa uno de los puntos débiles; sin embargo, la flexibilidad y el uso de las TICs se convierte en uno de los elementos que más favorece a la materia. Por otro lado, cuando se imparten clases en esta modalidad por primera vez, las calificaciones del alumnado hacia el curso y el profesorado no suelen ser elevadas, se tienen muchas dudas y las observaciones se centran en la forma que las clases van a desarrollarse. Así, y de acuerdo con todo lo examinado, si el profesorado quiere tener éxito y se quiere alcanzar el impacto deseado, lo ideal es que quien imparta las sesiones tenga una mentalidad flexible, se olvide de las clases de forma tradicional y opte por un pensamiento disruptivo, estratégico y que logre no sólo captar la atención del alumnado, sino que logre crear sesiones dinámicas, con mucha comunicación y constante interacción.

Referencias

- Canvas (2019). *What is Canvas?* Recuperado de: https://canvas.instructure.com/courses/842352/pages/what-is-canvas
- CursosFIT - Tecnológico de Monterrey. (2019). Cursos *Fit.* Recuperado de: http://cursosfit.itesm.mx
- Mc Donnell, E. (2019). *What is* Remind? Recuperado de: https://help.remind.com/hc/en-us/articles/201342445-What-is-Remind-
- Modelo Educativo TEC21-Tecnológico de Monterrey. (2018). *Manual Modelo TEC21.* Recuperado de: https://tec.mx/es/modelo-tec21
- Modelo Tec21. (2019). *Tecnológico de Monterrey: modelo educativo tec21. Recuperado de: https://tec.mx/es/modelo-tec21*
- Now Gaming. (2019). *Art 3D*. Recuperado de: https://appadvice.com/game/app/art3d/1319513111
- Tec de Monterrey. (2014). *Encuesta de Opinión a los Alumnos del Sistema.* Recuperado de: http://www.csf.itesm.mx/efectividad/ecoas.html
- Zoom. (2019). *Why Zoom.* Recuperado de: https://zoom.us/customer/all

"Experiencia maya: Crecimiento del Ingeniero en México mediante la movilización, en un entorno lingüístico cultural"

S. E. Pérez Alvarado[1], J.E. Portillo Tovar[2], M. J. Maldonado Chavarria[3]*
[1]Subdirección Académico, Instituto Tecnológico Superior de Cananea, Carretera Cananea–Agua Prieta Km. 82.5, C.P. 84620, Cananea, Sonora, México
[2]Subdirección Académico, Instituto Tecnológico Superior de Cananea, Carretera Cananea–Agua Prieta Km. 82.5, C.P. 84620, Cananea, Sonora, México
[3]Subdirección Académico, Instituto Tecnológico Superior de Cananea, Carretera Cananea–Agua Prieta Km. 82.5, C.P. 84620, Cananea, Sonora, México
sergio.perez@teccan.edu.mx
Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Del planteamiento del problema a resolver ¿Cómo beneficia al perfil profesional del egresado en Ingeniería, participar con otras instituciones educativas en una movilidad académica dentro en un entorno lingüístico-cultural? Se utiliza una metodología de tipo histórico descriptivo, tomando las acciones realizadas desde octubre de 2016 a diciembre de 2018. El análisis es cualitativo, hubo un acercamiento con la Universidad de Arizona, mediante convenios de colaboración que permite a los alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Cananea certificarse como Asesor Académico de Ingles y participar en un programa de movilidad estudiantil, con la Universidad de Quintana Roo enseñando ingles en diferentes niveles a alumnos de origen maya.

Después de analizar los resultados obtenidos, se deduce que, como alumnos y con la experiencia obtenida en la participación de este tipo de proyectos de intercambio estudiantil, demostrando el saber transmitir conocimiento, ya como egresado, tendrán mejores oportunidades de desempeñarse como un buen profesionista.

Palabras Clave

- ***Estadías Profesionales:*** *Es la participación de un grupo multidisciplinario, que asiste en periodo vacacional a buscar alternativas de solución a un problema en específico del sector productivo.*
- ***Movilidad Estudiantil:*** *Son las estancias que llevan a cabo uno o un grupo de estudiantes de una Institución educativa en otra por un determinado periodo de tiempo.*
- ***Consejo de Vinculación:*** *Relación de compromiso reciproco, que de manera voluntaria hacen los sectores: productivo, educativo, gubernamental o de servicio realiza con la institución.*
- ***Asesor Académico de Ingles:*** *Alumno certificado por centro especializado en la lengua, para impartir clases de inglés.*

Abstract

The approach of the problem to resolve how benefit to the professional profile of the graduate in engineering, participating with other educational institutions in academic mobility within a linguistic-cultural environment? Using a descriptive historical methodology, taking actions performed from October 2016 to December 2018. The analysis is qualitative, there was a rapprochement with the University of Arizona, through collaboration agreements allowing students from the Instituto Tecnológico Superior de Cananea certified as English academic advisor and participate in a program of student mobility, with the University of Quintana Roo teaching English at different levels to students of Mayan origin.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

After analyzing the obtained results, it is deduced, as students and with the experience gained in the participation of such projects student exchange, demonstrating know transmit knowledge, as a graduate, they will have better opportunities to serve as a good professional.

Key words

- ***Professional stays:*** *Is the participation of a multidisciplinary group, which assists in holiday period to seek alternative solutions to a problem in the productive sector specific.*
- ***Student mobility:*** *Are the rooms that carry out one or a group of students at one educational institution in another for a certain period of time.*
- ***Bonding advice:*** *Committed relationship reciprocal, who voluntarily make the sectors: productive, educational, governmental, or service performed with the institution.*
- ***English academic advisor:*** *Student Center specializing in language, certified to teach English.*

Introducción

La ciudad de Cananea, Sonora es una población que no rebasa los 33,000 habitantes (INEGI 2010, Sonora, p. 4), su actividad principal es la minería, ahí se encuentra establecida la mina más grande de México siendo el principal soporte económico de la comunidad.

El Instituto Tecnológico Superior de Cananea (ITSC), inicia operaciones en 1991 y en el año 2013 ya ofrecía cinco carreras profesionales captando a alumnos provenientes de los centros de educación media superior de la localidad y de la región, la institución se encuentra certificada en el Sistema de Gestión Ambiental bajo la Norma ISO 14001:2015 y en el Sistema de Calidad bajo la norma ISO 9001:2015 y cuatro de sus carreras se encuentran acreditadas por el Consejo de Acreditación de la enseñanza de la Ingeniería (CACEI), mientras que la carrera más nueva (Ingeniería en Minería), se encuentra en vías de lograr su acreditación, de la misma manera a adoptado el Nuevo Modelo Educativo propuesto por el Tecnológico Nacional de México (TecNM).

La vinculación que cuenta el ITSC con el sector productivo, así como con las instituciones educativas del estado de Sonora y algunas Universidades y Tecnológicos a nivel nacional, le permite con los resultados obtenidos con las instituciones anteriores, entablar relaciones con Universidades fuera del país como lo es la Universidad de Arizona.

Después de haber comprobado que la relación Empresa-Institución por medio de su Consejo de Vinculación, ha obtenido buenos resultados mediante sus Estadías Profesionales o la impartición de cursos técnicos a empleados de las empresas, ahora el siguiente paso al que el cuerpo directivo del ITSC se enfrenta, es el de buscar la movilización de sus alumnos y maestros en otras instituciones del mismo nivel educativo, extendiendo sus relaciones educativas de una manera más directa y de intercambio académico,

Pregunta de Investigación:

¿Cómo beneficia al perfil profesional del egresado en Ingeniería, participar con otras instituciones educativas en una movilidad académica dentro en un entorno lingüístico-cultural?

Por tal motivo el ITSC decide entablar relaciones con Universidades fuera del territorio nacional, quien además de contar con las buenas relaciones que se tienen con algunas Universidades a nivel nacional, busca de la oportunidad de participar en un proyecto de movilización o intercambio académico, cumpliendo los requisitos necesarios en mutuo acuerdo.

Objetivo General:

- Analizar los resultados obtenidos antes y después de la movilización estudiantil con la Universidad de Quintana Roo, para mejorar la calidad en el servicio de educación superior formando profesionistas competitivos, respondiendo a los retos que le demanda el sector productivo.

Objetivos específicos:

- Validar los resultados obtenidos en la movilidad estudiantil con la Universidad de Quintana Roo.
- Validar los resultados al participar como Asesores Académicos de Ingles.
- Medir las expectativas de solicitudes de participación en la movilización estudiantil para el siguiente ciclo escolar.

Justificación:

La importancia de realizar este trabajo de investigación está basada en conocer la importancia de la vinculación con otros centros educativos, en este caso el ITSC con la Universidad de Arizona (UA) y la Universidad de Quintana Roo (UQR), quienes fueron participes en el primer programa de movilidad estudiantil a nivel profesional que realizaba esta institución, fuera de las fronteras del estado de Sonora.

Haciendo uso de los convenios de colaboración, en una relación de ganar-ganar donde la utilidad sea el conocimiento obtenido del intercambio de ideas, cultura y lenguaje, sin olvidar que el mayor beneficio será la formación integral de los estudiantes de las diversas carreras de ingenierías y futuros profesionistas de México.

Las limitaciones que se cuentan para la realización de esta investigación será solamente la periodicidad, ya que es la primera ocasión en que se efectúa esta movilidad estudiantil y no hay comparación con otros resultados obtenidos.

Metodología

La metodología utilizada en este proyecto es del tipo histórico descriptivo, tomando en cuenta las acciones tomadas desde octubre de 2016, el análisis será enlazando los datos de las propuestas efectuadas y los resultados obtenidos, para determinar la existencia de beneficios, determinando los factores que contribuyeron a la obtención de los resultados finales.

Para esta investigación se tomó al ITSC como al universo de estudio, tomando en cuenta que es la primera vez que se realiza este tipo de movilidad de alumnos, se analizara el desarrollo de las actividades realizadas previamente, así como el comportamiento y crecimiento de los alumnos que intervinieron en este proyecto.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación fue necesario tomar en cuenta las bitácoras que realizaron los alumnos participantes en la movilidad estudiantil, de la misma manera se tomaron los sucesos que acontecieron en ese tiempo, de todo lo anterior expuesto se deriva la siguiente hipótesis misma que será aprobada o rechazada al obtener los resultados del análisis.

Hipótesis

“La movilidad estudiantil realizada por alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Cananea en el periodo agosto-diciembre de 2018, es una combinación de acciones tales como una vinculación efectiva con las Universidades de Arizona y Quintana Roo lo que garantiza un mayor crecimiento en los egresados de Ingeniería”.

Resultados y Discusión

 ISSN 2007-8102

Para el logro de esta investigación se está tomando como unidad al alumno en general sin importar su sexo ni la carrera de Ingeniería a la que pertenece y la vinculación con las Universidades de Arizona y Quintana Roo, para relacionar este número se acompañan de los acontecimientos ocurridos, desde que surgió el programa Asesores Académicos de Ingles propuesto por la Universidad de Arizona hasta la fecha, todo lo anterior se desplegaran de manera cronológica en base a las fechas en que sucedieron.

En octubre de 2016 inicio el primer acercamiento entre la Universidad de Arizona a través de la Dra. Nadia Álvarez Mexia, directora de la oficina de Iniciativas Latinoamericanas, y la Mtra. Ana María Peralta Diaz Coordinadora de Asuntos Internacionales y del Centro de Idiomas del Instituto Tecnológico Superior de Cananea, inician platicas concernientes a los beneficios que se pueden obtener el trabajar en relación a un punto común que es el idioma Ingles.

Para 2017 con la visión de un programa de colaboración entre ambas instituciones, quienes aprovechando la excelente relación que existe entre el Centro de Idiomas del ITSC y el Center of English as Second Language (CESL) de la UA (Figura 1), se propone al ITSC un programa de verano de investigación y programas cortos, un proyecto que lleva por nombre “Asesor Académico de Ingles”, en este mismo proyecto se encuentra inscrito la Universidad de Quintana Roo.



Figura 1. Firma de Convenio ITSC con CESL de UA.

En febrero de 2018 se lanza la convocatoria para que alumnos regulares del ITSC a partir del quinto semestre y con un 90% del conocimiento de inglés, puedan participar en un curso de capacitación impartida por un catedrático de CESL.

Un grupo compuesto de 17 estudiantes de diferentes carreras del ITSC atendió a esta convocatoria y durante cinco sábados (cuatro de junio y uno de julio de 2018) asistieron las instalaciones del ITSC a recibir un curso por el catedrático Andy Holloway de CESL, sumando un total de 40 horas donde se vieron temas muy importantes como lo muestra la Figura 2.



Figura 2. Contenido de curso por CESL. U de Arizona

Para concluir el grupo de alumnos asistió a las instalaciones de CESL de la UA en la ciudad de Tucson Arizona, el cual era necesario para obtener su certificado que les acredita como “Asesor Académico de Ingles” necesaria para impartir enseñanza del inglés como lengua extranjera TEFL/TESOL. Figura 3

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Alumnos del ITSC en CESL de la UA.

Con todos los elementos listos y para reafirmar los lazos de vinculación entre la Universidad de Arizona, Instituto Tecnológico Superior de Cananea y la Universidad de Quintana Roo se formaliza el programa de Movilidad Estudiantil, cuya primera edición se denomina “Experiencia Maya”, en donde contando con el aval de la Secretaria de Educación y Cultura (SEP) y el Tecnológico Nacional de México (TNM), se concreta iniciar en el periodo agosto-diciembre de 2018.

Con el compromiso adquirido se notifica a los alumnos acreditados como Asesores Académicos de Ingles acerca de su disponibilidad para cumplir con una estancia en la Universidad de Quintana Roo en la ciudad de Chetumal, de los diecisiete (17) alumnos disponibles fueron seleccionados solo nueve (9) de ellos, mismos que de inmediato iniciaron los preparativos de búsqueda de hospedaje, pasajes de avión, etc.

El grupo de estudiantes seleccionados del ITSC está conformado por 5 mujeres y 4 hombres, del 6º al 8º semestre de las siguientes carreras: Ingeniería Industrial, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Minería.

El 17 de agosto de 2018 la Universidad de Quintana Roo recibe a los estudiantes del ITSC quienes acompañados por la Mtra. Ana María Peralta Díaz (Figura 4), Coordinadora de Asuntos Internacionales y del Centro de Idiomas del ITSC, visitaron las oficinas de la Dirección General de Cooperación Académica y se reunieron con el equipo del CENEI, encabezado por el Mtro. Ever Canul Góngora, para conocer las instalaciones y a quienes los acompañarán durante su estancia.



Figura 4.- Recepción de alumnos del ITSC en la UQRoo.

Ese mismo día en un marco de este acercamiento, el 17 de agosto, se llevó a cabo la firma el Convenio General de Colaboración Académica y Cultural entre la Universidad de Quintana Roo representada por el Dr. Carlos Manuel Vázquez Álvarez, Coordinador de la Unidad Académica Cancún y la Dra. Lorena Careaga Viliesid, Directora General de Cooperación Académica y el Instituto Tecnológico Superior de Cananea del estado de Sonora representada por el Mtro. Ramón Enrique López Fuentes, Director General de dicho instituto, donde se acuerda llevar a cabo este programa

 ISSN 2007-8102

de movilidad estudiantil de Asesores Académicos de Ingles mismo que servirá para apoyar a un grupo de alumnos de origen maya, de ahí el nombre del proyecto “Experiencia Maya” (Figura 5).

Su primera actividad de los alumnos del ITSC dentro de las instalaciones de UQRoo fue conocer las expectativas del proyecto y agradeciendo la confianza que habían depositado en ellos.



Figura 5.- Firma de convenio ITSC y UQRoo.

El proyecto “Asesores Académicos de Ingles” estará vigente durante el semestre otoño 2018 que su principal función estará enfocada a brindar enseñanza del idioma inglés a estudiantes de origen maya, (Sala de prensa UQRoo 27-08-2018), además cursarán asignaturas en el Centro de Enseñanzas de Idiomas (CEI) de la UQRoo, así mismo participarán en las diversas actividades académicas y culturales que tendrán con otros alumnos de intercambio de Guadalajara, Oaxaca y de otros países como China, Brasil, Italia, Argentina y Colombia (Figura 6)



Figura 6.- Convivencia en Rally de alumnos de diferentes partes del mundo.

El proyecto se realizó en las siguientes etapas: Actividades de Aprendizaje. Examen de ubicación, Examen oral, reconocimiento de vocabulario (spelling), aplicación de inglés técnico con terminología hacia sus carreras y asesoramiento en pronunciación, anotaciones y correcciones a cada alumno al final de la clase, con instrucciones en lo que deben de trabajar, (Bitácora de actividades alumnos ITSC 2018), a cada uno de los alumnos del ITSC les fue asignado de dos a cinco alumnos de origen maya con diferentes niveles de inglés, desde el introductorio hasta el avanzado trabajando con horario y días establecidos para cada grupo (Figura 7)

Dentro de las funciones de su asesoría se vieron actividades como la diversificación de Técnicas de Evaluación: 10 palabras de vocabulario con pronunciación y significado. Realización de oraciones con esas palabras. Aplicación de verbs (verbos), adjectives (adjetivos), nouns (pronombres) (person (personas), place (lugar), thing (cosa), action (acción) and idea (idea)) acompañados de una variedad de ejemplos. Actividades de listening (escucha) mediante historias cortas, se resuelven dudas de la

historia que escucharon. Realización de un resumen de la historia para entregar. Se corrige comprehention y gramar (comprensión y gramática).



Figura 7.- Asesorando a Alumnos

El Programa de Asesorías en el idioma inglés es indispensable para mayor comprensión y en la Experiencia Maya no ha sido la excepción, se logró un impacto en su aprobación de los diferentes niveles asesorados, con el consecuente ascenso al nivel próximo que ha sido de 90 a 100% del total de los alumnos (quienes continuaron y concluyeron su Programa).

Una de las satisfacciones y orgullo obtenidos por los alumnos que participaron en el proyecto Asesores Académicos de Ingles, fue el de haber contribuido al avance y aprendizaje de sus asesorados, además del basto caudal de experiencias de vida que ahora enriquecen su acervo cultural.

De manera personal lograron su independencia personal y un gran sentido de confianza en sus propias cualidades y fortalezas, reconocimiento a los valores y las aptitudes de otras personas y culturas (regionales, nacionales e internacionales), a valorar la función eficiente y en ocasiones, personalizada de diversas autoridades de UQRoo e ITSC, sentir gratitud de tener el privilegio de contar con un hogar y una familia.

Trabajo a Futuro

Como fue la primera oportunidad que se tiene en este programa de movilidad estudiantil, se espera recabar más información en las siguientes participaciones en los años venideros.

Análisis comparativo

La participación de los alumnos era solamente en el entorno local, con posibilidades de compartir experiencias como asistentes a un congreso a la ciudad de Hermosillo, o asistir a estudiar inglés en Arizona en las vacaciones de verano, aquí cada uno de los estudiantes costeaba sus gastos de transporte, hospedaje y alimentación.

La apertura a esta nueva experiencia de movilidad estudiantil les sacude internamente, poniéndoles en la oportunidad de enfrentarse a comparar sus conocimientos y de la misma manera a transmitir y recibir de manera recíproca nuevas maneras de ser, pensar y sentir.

Para ello a los alumnos participantes en este proyecto se les entrevisto y esto fue su respuesta de manera general:

¿Cuál fue la principal motivación para participar en esta Movilidad estudiantil?

“En general, la principal Meta era aventurarse al conocimiento de otras culturas, horizontes lejanos y paradisíacos, interactuar con mexicanos distintos en costumbres y gastronomía. También se valoró

el enriquecimiento de la experiencia en hablar y enseñar inglés, como segundo (o tercer) idioma: Maya - Español - Inglés. Sin dejar de lado el crecimiento personal, al salir de la comodidad del hogar y el terruño, por el conocimiento del sureste mexicano".

¿Cuál era tu percepción general del Sureste mexicano (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas)? ¿Cuál era tu apreciación de la utilización del idioma inglés antes del Proyecto?

"Un universo distante y ajeno, con poca dimensión de sus valores e identidades. Esta experiencia fortaleció no solo los lazos institucionales, sino también los personales y culturales, pues les mostró a los alumnos y sus autoridades el potencial de una movilidad estudiantil que obtiene lo mejor de dos mundos".

"Pensar que el idioma Inglés es solo para el acercamiento al turismo y pequeñas transacciones es limitado y poco visionario. La ambición es integrarse a la globalización mundial y que Licenciados, Ingenieros, Contadores, Médicos puedan relacionarse con sus pares en cualquier nivel y latitud".

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en esta investigación se encuentra que la aceptación de los alumnos del ITSC a nivel nacional e internacional cumple con las expectativas respecto a su nivel de conocimiento técnico o como en este caso lingüístico, lo que responde a la pregunta de investigación generada al inicio de esta.

Por todo lo anterior se cumplen los objetivos propuestos en esta investigación, y el cumplir con la formación de profesionistas competitivos y aprovechando las oportunidades que se presentan en el desarrollo de cualidades, aptitudes y actitudes una alumna del ITSC despertó el interés de una cadena de negocios de Panamá, quien se encuentra ejerciendo su carrera de Ingeniería Industrial en ese país en la Logística y Optimización de Recursos de dicha empresa.

De la misma manera la hipótesis generada al inicio "La movilidad estudiantil realizada por alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Cananea en el periodo agosto-diciembre de 2018, es una combinación de acciones tales como una vinculación efectiva con las Universidades de Arizona y Quintana Roo lo que garantiza un mayor crecimiento en los egresados de Ingeniería" queda demostrada con los resultados obtenidos en su primer experiencia en la UQRoo, de la misma manera esto propicio que la UA firmara un convenio similar con esta Universidad el mes de diciembre de 2018, lo que permitirá fortalecer este proyecto y otros nuevos, encaminados a fomentar la internacionalización de la educación superior y la mejora de la calidad educativa en las tres instituciones participantes.

Por tal motivo debemos de recomendar este programa de movilidad estudiantil que ha logrado ampliar los horizontes profesionales de sus participantes.

Referencias

1. Bitácoras de alumnos de ITSC durante el proyecto de Asesores Académicos de Ingles durante el proyecto "Experiencia Maya" 2018
2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, (2010), Principales Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, Sonora, obtenido el 15 de diciembre de 2014 http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/son/26_principales_resultados_cpv2010.pdf
3. Universidad de Quintana Roo http://saladeprensa.uqroo.mx/noticias/4299-inicia-programa-asesores-academicos-de-ingles-dirigido-a-estudiantes-de-origen-maya/

Propuesta de implementación del modelo dual en el sector productivo

D. Nieto Martinez[1], J. Palafox Guarnero[2]. [1 y 2] Departamento de posgrados Universidad Interamericana para el Desarrollo Campus Tehuacan, Av. José Garci-Crespo 2421, San Nicolas Tetitzintla 75710 Tehuacán, Pue. dnieto@unid.mx, hibopx@hotmail.com

Área de participación: *Investigación Educativa*

Resumen

Este trabajo presenta una propuesta que coordina el modelo de formación dual, con las necesidades del sector productivo, en una dinámica ganar – ganar, que permite a los involucrados generar beneficios fiscales, reducir la tasa de desempleo y mejorar la productividad. Para este propósito se utilizó un modelo empírico, que empata las actividades de las instituciones de educación técnica de media superior y las instituciones de nivel superior, con las cámaras industriales, las instituciones de beneficencia privada y las autoridades en los tres niveles de gobierno. Los resultados obtenidos apuntan a señalar que la cooperación de las distintas instancias, mejoran los resultados en productividad y empleabilidad de las empresas y de las instituciones de educación técnica y superior.

Palabras clave: *Modelo dual, empleabilidad, productividad.*

Abstract

This paper presents a proposal that coordinates the dual training model, with the needs of the productive sector, in a win-win dynamic, which allows those involved to generate tax benefits, reduce the unemployment rate and improve productivity. For this purpose, an empirical model was used, which matches the activities of technical education institutions and higher level institutions, with industrial chambers, public charities and authorities at the three levels of government. The results obtained point to the fact that the cooperation of the different instances improves the productivity and employability results of the companies and of the technical and higher education institutions.

Keywords: *Dual model, employability, productivity.*

Introducción

De acuerdo con la encuesta de escasez de talento de Manpower Group 2015, México se encuentra entre los 9 países con mayor dificultad para cubrir vacantes; ya que, el 34% de los jóvenes que buscan empleo en nuestro país no cuentan con las habilidades técnicas y blandas necesarias que buscan los empleadores. Esta postura del sector productivo contrasta con la percepción de los servicios educativos, que aseguran que sus egresados tienen la preparación idónea para insertarse en el mercado laboral.

Por otra parte, la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2017, (ENOE), señala que en la mayoría de los países las ocupaciones con mayor demanda no existían hace 10 años; y que aproximadamente el 65% de los niños que inicien la primaria este año, terminarán trabajando en puestos que hoy no existen. La encuesta apunta a que se perderán 5 millones de trabajos como los conocemos actualmente y se crearán 2.1 millones de nuevos puestos de trabajo; así mismo, se señala que esto está siendo provocado, en parte, por los cambios en la dinámica del trabajo que incluye, entre otros, horarios flexibles, trabajos a distancia, diversidad de género, transformación de la cultura de los entornos laborales y un mayor énfasis, en el conocimiento basado en la ingeniería, la matemática y la informática.

En este contexto Caro y Zapata (2016), indican que existe una brecha entre lo que oferta el sistema educativo a nivel técnico medio y medio superior, y lo que demanda el sector productivo del país, pese a que, el reglamento interior de la Secretaría de Educación Pública faculta a estos sistemas de educación, a impulsar las reformas curriculares necesarias para adecuarse a las demandas de la industria. En el caso del Colegio Nacional de

Educación Profesional Técnica (CONALEP), posee la flexibilidad para adaptar sus mapas curriculares a las demandas laborales de cada estado y región; y, por otra parte, los Centros de Capacitación Para el Trabajo (CECATI), tienen la facultad de re-capacitar a los trabajadores de acuerdo a las necesidades del mercado laboral, aprovechando sus habilidades como trabajadores en activo. Así mismo, las autoras señalan, a manera de ejemplo, que el estado de Tlaxcala ocupa el quinto lugar en rezago productivo en el país, donde solo el 46% de los jóvenes ingresan al bachillerato; y de este porcentaje, el 54% ingresan a un bachillerato tecnológico o técnico. Esto coloca al estado en la dirección correcta; pero ¿qué carreras se enseñan en el estado? ¿qué habilidades están aprendiendo los jóvenes en Tlaxcala para enfrentar el cambiante mercado laboral?

De acuerdo con la Agenda Estatal de Innovación (AEI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el estado posee cinco sectores estratégicos de inversión, el químico, el automotriz, el sustentable, el textil y el turístico, sin embargo, de los nueve programas que imparte el CONALEP, solo dos están alineados a los sectores estratégicos de inversión, y en el caso del CECATI, solo uno de los cursos que imparte, está vinculado a la agenda estatal de innovación; según se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Oferta educativa CONALEP, CECATI en el estado de Tlaxcala.

Sector estratégico	Nichos futuros	Oferta CONALEP	Oferta CECATI
Químico	Bioderivados / Resinas de PVC para alimentos y aplicaciones medicas/ Tensoactivos biodegradables/ Recubrimientos y pinturas	No hay Oferta disponible	No hay Oferta disponible
Automotriz	Pinturas robotizadas / Resinas plásticas / Producción de autopartes plásticas / Producción de carrocerías y remolques	1. Tecnico en electromecánica industrial 2. Tecnico en mantenimiento de sistemas automáticos	1. Mecánica automotriz
Textil	Impermeables, bactericidas y “Outdoor”13 / Telas para interiores y asientos automotrices y reciclado de materiales textiles	No hay Oferta disponible	No hay Oferta disponible
Sustentable	Productos derivados maguey / Biorremediacion de suelo y agua/ Plantas de tratamiento de aguas	No hay Oferta disponible	No hay Oferta disponible
Turístico	Turismo de: Aventura y ecoturismo/ Historia, cultura y tradición/ Negocios	No hay Oferta disponible	No hay Oferta disponible

Fuente: IMCO con datos de CONALEP, 2016 y CECATI, 2016.

Lo anteriormente descrito, es una muestra de la falta de coordinación que existe entre el sistema de educación y el sector productivo del país. Este planteamiento sirve de base para exponer lo que se está haciendo en otros países; en particular el caso de Alemania, donde se utiliza el sistema de aprendizaje dual. De acuerdo con Morales M. (2014), el modelo dual, tiene sus orígenes en los gremios de artesanos de la edad media y se fundamenta en la idea de aprender haciendo bajo la supervisión de un maestro artesano. En Alemania el sistema dual se fue transformando durante los siglos XIX y XX para terminar como una combinación del ámbito educativo con el productivo, transformándose, y modernizándose, después de la Segunda Guerra Mundial, acoplándose a una política corporativista con el fin de servir a la economía y socializar con los jóvenes, dándoles seguridad y motivándolos a aprender y lograr sus aspiraciones profesionales. La estructura del modelo dual alemán se basa en un enfoque de formación nacional concertado en un marco legal que data de 1969. El modelo, está vinculado, a una larga tradición de cooperación entre empresarios, sindicatos y gobierno, para formar de manera organizada nuevos trabajadores en la empresa, garantizando, al mismo tiempo, la adquisición de una formación básica en la escuela. De este hecho surge su denominación “dual”. El sistema dual alemán está administrado por el Instituto Federal de Educación y Formación Profesional, que actúa como órgano de Consejo del Ministerio de Educación y Ciencia. Las cámaras de comercio, industria y artes son las responsables a nivel regional y local de coordinar la formación en el empleo con los gobiernos estatales y regionales y los actores sociales participan en todas las funciones básicas del sistema. Las características principales del sistema se muestran en la tabla 2.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2 Características del modelo de formación dual

Características	Modelo dual	Características	Modelo dual
Financiamiento	Mixto, los recursos proceden del sector productivo y del sistema educativo.	**Tipos de docente en el centro educativo**	Dos tipologías de docente: los llamados *maestros prácticos,* encargados de enseñanzas más vinculadas con la propia cualificación, y los docentes teóricos, a cargo de la instrucción más generalista.
Estructura de la enseñanza	Es un período de tres años, aunque en determinados casos puede ser de dos, el aprendiz pasa un tercio de la formación en la escuela profesional y dos tercios en la empresa	**Plan de capacitación por parte de la empresa**	Cada empresa está obligada a elaborar un *Plan de Capacitación General* con todos los puntos relativos al desarrollo formativo de los aprendices. En compañías de gran tamaño se elabora además un *Plan de Formación por alumno*.
Forma de acceso al sistema	Las empresas ofertan públicamente sus plazas de aprendices, los interesados/as deben optar de forma similar a si pretendieran acceder a un puesto de trabajo ordinario envío del currículum vitae, realización de entrevistas personales, superación de pruebas de aptitud específicas.	**Espacio destinado al aprendizaje en el centro de trabajo**	En factorías de más de 50 trabajadores se cuenta con aulas y talleres para desarrollar el plan formativo. En ausencia de este tipo de instalaciones, el lugar de formación lo configura el propio espacio de trabajo. En ambos casos el aprendiz será asignado a un trabajador (Maestro guía).Es obligatorio que este personal posea los conocimientos pedagógicos necesarios para desarrollar procesos formativos, al igual que el profesorado de los centros educativos, se les exige un *certificado de idoneidad*
Manejo del tiempo de estudio	De la totalidad del tiempo que el aprendiz pasa en la Escuela, un 60% se dedica a conocimientos específicos de la profesión y el 40% restante a contenidos de carácter interdisciplinar asociados a economía, sociedad, política, aspectos jurídicos y lenguas extranjeras.	**Forma de evaluar el aprendizaje**	Al finalizar la formación dual se realizan pruebas por parte de las Cámaras de Comercio. La estructura de exigencia se establece sobre una normativa estándar cuya variación es posible atendiendo las particularidades de regiones o sectores económicos; y están orientadas a certificar a nivel nacional la calificación profesional alcanzada por el aprendiz; mientras que los conocimientos generales adquiridos en los centros formativos se evalúan según el rendimiento obtenido en el mismo.

Fuente: Rego L, Barreira E, y Rial A. Revista Española de Educación Comparada (2015).

Con base en lo referido por Caro y Zapata (2016), aunado a la síntesis de las características del modelo dual de Morales M. (2014), y de Rego L, Barreira E, y Rial A. (2015); la finalidad de este artículo es proponer, un procedimiento que permita la ejecución del modelo dual para un sector productivo en específico; tomando como base la currícula de los programas de estudios a nivel técnico o bien a nivel universitario, dentro de las condiciones actuales del sistema productivo del país, buscando condiciones de equidad para las partes involucradas.

Metodología

Participantes

Los involucrados en este procedimiento fueron, un CONALEP, la Universidad Interamericana para el Desarrollo Campus Tehuacán, la Cámara de la Industria del Vestido, el Ayuntamiento de Tehuacán, Puebla, el Sistema Nacional de Empleo (SNE) y una institución de beneficencia privada.

Diseño

La presente investigación se realizó mediante un estudio exploratorio de corte transversal, donde el tipo de muestreo fue no probabilístico de tipo intencional toda vez que la selección de la muestra no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Dicha investigación fue aplicada a los participantes del sector educativo y productivo del municipio de Tehuacán Puebla.

Tabla 3. Ficha técnica de investigación 1

Rubro	Información
Ámbito Geográfico:	Tehuacán (Puebla)
Población:	Participantes del sector educativo y productivo
Sujetos	CONALEP, UNID, cámara de la Industria del Vestido, Ayuntamiento de Tehuacán, Puebla, SNE, institución de beneficencia privada.
Recolección de información:	Encuestas
Tipo de muestreo:	No probabilístico de tipo intencional
Período:	Octubre Noviembre 2018.
Tamaño de la muestra	**7**

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Ficha técnica de investigación egresados

Rubro	Información
Ámbito Geográfico:	Zona noroeste, occidental y centro sur del país
Población:	Alumnos de universidades privadas
Sujetos	Egresados a nivel licenciatura
Recolección de información:	Encuestas
Tipo de muestreo:	No probabilístico de tipo intencional
Período:	Noviembre del 2015
Tamaño de la muestra	581

Procedimiento

La investigación se realizó en dos ámbitos: en el primero, los participantes fueron: CONALEP, UNID, la Cámara de la Industria del Vestido, el Ayuntamiento, el Sistema Nacional de Empleo y una institución de beneficencia privada. Todos ubicados en la zona geográfica de Tehuacán Puebla, mismos que participaron en reuniones donde se propuso el tema de la vinculación de la industria con el sector educativo a partir del modelo de formación dual.

El segundo ámbito se manejó a través del método de entrevista, misma que se realizó con el coordinador de vinculación de la Universidad Interamericana para el Desarrollo, Campus Tehuacán, quien nos compartió la experiencia de los egresados del sistema educativo UNID de ambos sexos a noviembre del 2015. En dicho reporte

institucional, se informa sobre el nivel de satisfacción con respecto a la formación recibida y la correspondencia, entre el contenido teórico de las materias y su utilidad a la hora de solicitar un empleo.

Resultados y discusión

El resultado de las reuniones con los participantes del primer ámbito es la tabla 5, que muestra las necesidades de los involucrados y como éstas, se pueden resolver a través del modelo de formación dual.

Tabla 5. Propuesta de implementación del modelo dual

Participante	Necesidades	Problemática	Propuesta dual
Cámara de la industria del vestido	Se requiere personal a nivel de mandos medios	Los egresados de las escuelas poseen capacidades técnicas pero adolecen de habilidades de liderazgo	Cada empresa está obligada a elaborar un Plan de Capacitación General con todos los puntos relativos al desarrollo formativo de los aprendices.
Empresas de la industria del vestido	Una figura legal que les permita aceptar aprendices sin generar un pasivo laboral	Las ley del trabajo no contemplan este tipo de relación laboral	El Sistema Nacional de Empleo puede aportar la figura legal que permita emplear a los aprendices mientras se capacitan en las empresas
Empresas de la industria del vestido	Se requiere hacer deducible el pago a los aprendices	No existe la figura legal en la ley del trabajo para hacer deducible los pagos	A través de una institución de beneficencia pública se puede efectuar el pago haciéndolo deducible
Empresas de la industria del vestido	Las empresas requieren un perfil especifico de trabajador en sus áreas productivas	Actualmente el sector educativo no posee programas de estudios acordes a las necesidades de la industria	Las empresas proveen de las instalaciones técnicas y los Maestros necesarios para los procesos formativos que requieren
Alumnos que egresan de los bachilleratos técnicos	Un esquema que les permita seguir capacitándose en un contexto que les asegure empleo al egresar de su preparación académica	Existe un vacío entre lo aprendido y lo requerido por el sector productivo	Las empresas elaboran planes de capacitación acordes a sus necesidades
Alumnos que egresan de los bachilleratos técnicos	La necesidad de asegurar un puesto de trabajo al finalizar sus estudios	Es posible que al finalizar su formación dual en una empresa en específico esta no sea donde se desea laborar	Al finalizar la formación dual se realizan pruebas por parte de las Cámaras de Comercio. La estructura de exigencia se establece sobre una normativa estándar cuya variación es posible atendiendo las particularidades de regiones o sectores económicos; y están orientadas a certificar a nivel nacional la calificación profesional alcanzada por el aprendiz; esto permite que el recién egresado tenga una formación estandarizada que le permita obtener empleo en otras industrias del ramo.

Fuente: elaboración propia con base en la información recabada

Para el segundo ámbito, se presenta información relacionada con el nivel de insatisfacción percibida por los egresados, en relación a la formación recibida y estatus laboral.

 ISSN 2007-8102

En la figura 1 se muestran los resultados: Los egresados que no laboran, son los que presentan los índices más altos de insatisfacción con respecto a la formación recibida; el área que presenta mayor problema son las ciencias naturales, exactas y de computación. Así mismo las cifras más bajas de insatisfacción para los que si laboran se ubican en ingeniería, artes y humanidades.

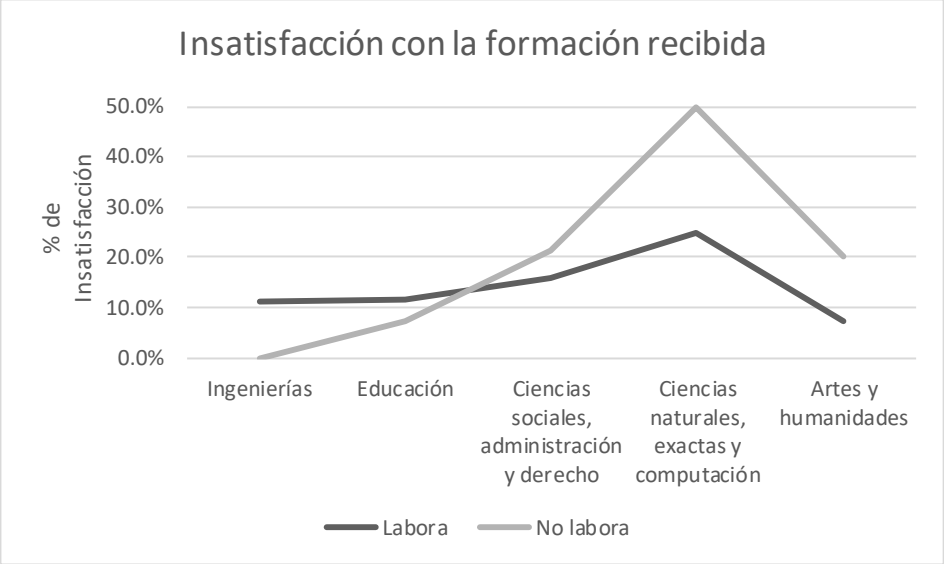


Figura 1 Insatisfacción percibida por estatus laboral
Fuente: Universidad Interamericana para el Desarrollo, Seguimiento a Egresados Informe 2015

La figura 2 muestra la falta de preparación percibida por los recién egresados de acuerdo a su área de formación académica. Destacan las áreas de ciencias sociales, administración y derecho como las que presentan los índices más altos de insatisfacción.



Figura 2 Falta de preparación por área de formación
Fuente: Universidad Interamericana para el Desarrollo, Seguimiento a Egresados Informe 2015

 ISSN 2007-8102

Por último la figura 3, muestra, la opinión de los recien egresados, sobre la falta de desarrollo de habilidades blandas[1] en su instrucción.

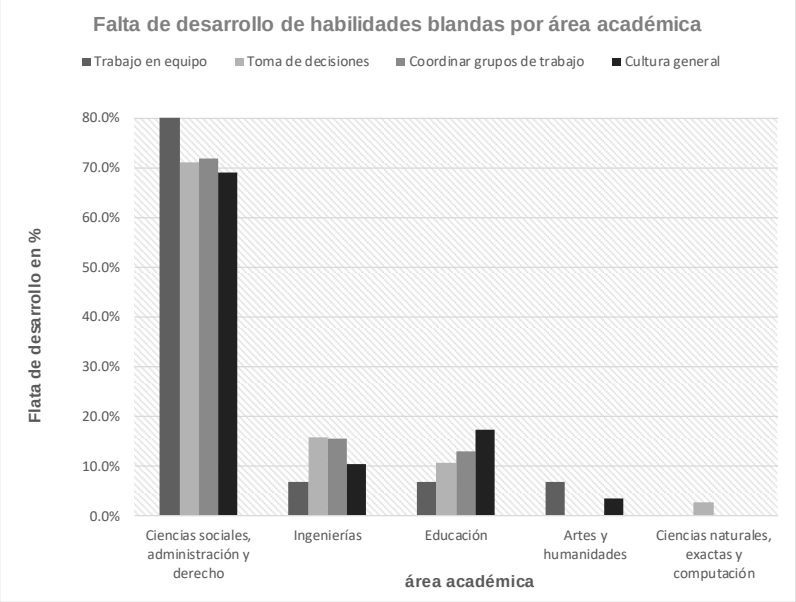


Figura 3 Falta de desarrollo de habilidades blandas por área académica
Fuente: Universidad Interamericana para el Desarrollo, Seguimiento a Egresados Informe 2015

Trabajos a futuro

Lo investigado, puede ser utilizado por las cámaras industriales, gobiernos municipales, estatales y federales como apoyo para incentivar y desarrollar industrias y la formación de clústeres de acuerdo a una región en particular.

Para actualizar y mejorar los planes de estudios ofrecidos por instituciones de educación media superior y universidades en el afán de cerrar la brecha entre lo aprendido y lo requerido por la industria.

Como apoyo en la estandarización de programas de estudio para industrias específicas.

Desarrollo de nuevos mecanismos de financiamiento para los estudiantes donde se involucren asociaciones civiles y el Sistema Nacional del Empleo, quienes pueden fomentar la empleabilidad y las prestaciones salariales, desde los últimos ciclos escolares de la licenciatura.

Conclusiones

De acuerdo con lo investigado se puede concluir que aunque el gobierno mexicano ha realizado un esfuerzo coordinado para integrar la educación al sistema productivo, existe una brecha muy marcada, como señalan las investigadoras del IMCO Caro y Zapata (2016) al señalar el caso Tlaxcala, donde de los 5 sectores estratégicos de la Agenda Estatal de Innovación solo en uno existe participación académica por parte del estado, o el caso de Tehuacán, Puebla donde la industria del vestido adolece de mandos medios que posean las habilidades técnicas y habilidades blandas necesarias para dirigir su operación. En este sentido, el modelo de formación dual consigue Mitigar estas discrepancias a través de una estructura donde los empresarios, las cámaras empresariales y el gobierno, participan de forma organizada en la formación de nuevos trabajadores para las empresas, Garantizando, al mismo tiempo, la adquisición de una formación básica de educación. En Alemania esto se consigue a través del Instituto Federal de Educación y Formación Profesional, que actúa como un órgano del Consejo del Ministerio de Educación y Ciencia para integrar al Ministerio de Educación y Ciencia, con las cámaras

[1] Son las actitudes, los atributos profesionales, la inteligencia social y la inteligencia emocional, que facultan a las personas para moverse por su entorno, trabajar bien con otros, realizar un buen desempeño que se complementan con las habilidades duras, para conseguir un objetivo. Whitmore, P., Fry, J. "Soft Skills: Definition, Behavioral Model Analysis, Training Procedures. Professional Paper 3-74.", Research Report.

de comercio, la industria y las artes haciéndolas responsables a nivel regional y local, quienes coordinan la formación en el empleo y la estandarización de los conocimientos adquiridos a partir de las necesidades particulares de una región o de una industria[2].

Que el modelo de formación dual que aquí se propone, está dirigido en particular para la industria del vestido de la ciudad de Tehuacán Puebla y busca la regionalización y la estandarización en la capacitación y en la formación profesional de los estudiantes, con el propósito de mejorar la empleabilidad en el sector textil y el involucramiento de las cámaras industriales y los empresarios de la región.

Que la información proporcionada por el área de vinculación, apunta a señalar que los recién egresados perciben carencias en su formación, principalmente en la enseñanza de habilidades técnicas y habilidades blandas. Esto se pone de manifiesto, con la opinión de Manpower group, que señala la dificultad de las empresas en reclutar personal capacitado.

Todo esto nos lleva a concluir que la propuesta planteada, puede ayudar a reducir las discrepancias entre lo aprendido y lo requerido por el mercado laboral, además la formación dual permite la estandarización de la instrucción, la especialización para áreas específicas de la industria y ayuda a mejorar la productividad y la empleabilidad de los recién egresados; pero, la falta de un Instituto Federal de Educación y Formación Profesional como el alemán, la falta de cultura y una tradición de confianza en el modelo de formación dual, son los principales obstáculos para alcanzar el éxito deseado.

Referencias

1. Araya, L. (2008), La formación dual y su fundamentación curricular [versión electrónica]. Revista Educación 32 (1), 45-61.
2. Arnold, R. (2001), Formación Profesional. Nuevas tendencias y perspectivas [versión electrónica]. Organización Internacional del Trabajo, (2001), 23-33.
3. Caro M., Zapata A. (2016). Hay Vacantes y Falta de Capital Humano, La Brecha entre el Sistema Educativo y los Sectores Productivos en los 10 Estados más Rezagados de México. En Un Puente entre dos Méxicos (200 - 210). México, D.F.: Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.
4. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. (2016). Resultados de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. 12 de marzo 2017, INEGI Sitio web: www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2017/enoe_ie/enoe_ie2.
5. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México, D.F.: McGraw-Hill Educación.
6. Labarca G. (2001) La Formación para el trabajo ¿pública o privada? [versión electrónica]. Organización Internacional del Trabajo (Cinterfor/OIT) 2001, pp. 7-22.
7. Lauterbach, U., Lanzerdof, U. (1997) El sistema dual de formación profesional en Alemania: Funcionamiento y situación actual. [versión electrónica]. Revista Interuniversitaria de Formación Profesional, 30 (1997), 51-65.
8. Morales, M. (2014) Sistema de aprendizaje dual: ¿una respuesta a la empleabilidad de los jóvenes? [versión electrónica]. Revista Latinoamericana de Derecho Social Núm. 19, julio-diciembre de 2014, pp. 87-110.
9. Rego, L., Barreira, E., Rial, A. (2015). Formación profesional dual: comparativa entre el sistema alemán y el incipiente modelo español [versión electrónica]. Revista Española de Educación Comparada, 25 (2015), 149-166.
10. Universidad Interamericana para el Desarrollo. (2015), Seguimiento a Egresados Informe 2015 (pp. 38, 39, 40) Tlalnepantla Edo. De México: Coordinación de evaluación.
11. Whitmore, P., Fry, J. (1974), "Soft Skills: Definition, Behavioral Model Analysis, Training Procedures. Professional Paper 3-74.", Research Report ERIC Number: ED158043, 48pp.

[2] Morales M. (2015) Sistema de aprendizaje dual p. 91-92

Modelo ADDIE para crear contenidos digitales para consolidar los fundamentos de programación mediante Cómputo Físico

J. Riquelme Odi[1], C. M. Vicario Solórzano[2], T. Guzmán Flores[3], A. Escudero-Nahón[4]*
[1]Facultad de Informática, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias S/N, Campus Juriquilla, C.P. 76230, Juriquilla Querétaro, México
[2]Laboratorio de Informática Educativa, SEPI UPIICSA IPN, Calle TE 950 Col. Granjas México, C.P. 08400, Alcaldía de Iztacalco, CDMX, México
[3]Facultad de Informática, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias S/N, Campus Juriquilla, C.P. 76230, Juriquilla Querétaro, México
[4]Facultad de Informática, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias S/N, Campus Juriquilla, C.P. 76230, Juriquilla Querétaro, México
**juan.riquelme.odi@hotmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La enseñanza de la programación es una actividad difícil por la necesidad de comprender diferentes elementos de las Ciencias Computacionales, lenguajes de programación y el pensamiento lógico-computacional. Para resolver esto existen diferentes metodologías y enfoques, siendo uno de estos el Cómputo Físico, que busca combinar elementos físicos (electrónicos) y componentes virtuales, obteniendo resultados significativos en la enseñanza de la programación, disciplinas STEM y otras áreas de las Ciencias Computacionales. Esta investigación muestra resultados de la implementación del Cómputo Físico para demostrar la consolidación del conocimiento en los estudiantes sobre los fundamentos de programación, así como la medición de percepciones de la estrategia implementada mediante el modelo ADDIE sobre el proceso de instrucción y contenidos digitales. Se utilizó la tarjeta BBC Micro:Bit, como herramienta tecnológica y se generaron contenidos digitales mediante el modelo ADDIE para ofrecer un proceso de instrucción presencial y en línea en un contexto universitario.

***Palabras clave**: Cómputo Físico, Modelo ADDIE, Ciencias Computacionales, BBC Micro:Bit.*

Abstract

The teaching of applications programming is a difficult activity due to the need to understand different elements of Computer Sciences, programming languages and a logical way of think. To solve this situation there are different methodologies and approaches. one of these known as Physical Computing that seeks to combine physical elements (electronic) with virtual components, obtaining significant results in the teaching of applications programming, STEM disciplines and other areas of computer sciences. This research shows the results of the implementation of Physical Computing to consolidate knowledge in students about the fundamentals of applications programming, as well as the measurement of perceptions of the strategy implemented through the ADDIE model on the process of instruction and digital content creation. The BBC Micro:Bit card was used as a technological tool and digital content was generated through the ADDIE model to offer a face-to-face and online instruction process in a university context.

***Key words**: Physical Computing, ADDIE Model, Computer Sciences, BBC Micro:Bit.*

Introducción

La enseñanza de los fundamentos de la programación es una actividad difícil y compleja de llevarse a cabo por varios factores que son característicos de las Ciencias Computacionales que van desde el aprendizaje de la semántica y la sintaxis de un lenguaje de programación específico hasta el aprendizaje de elementos abstractos característicos de la programación de aplicaciones, siendo situaciones que dificultan el aprendizaje efectivo de la programación de aplicaciones. Para resolver este problema se debe considerar tanto un factor tecnológico y computacional para su correcta enseñanza, así como una manera efectiva de brindar el proceso de instrucción

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

siendo precisamente esta combinación de tecnología y educación lo que permite resolver esta problemática de una manera efectiva y apropiada.

El Cómputo Físico como enfoque didáctico.

Para auxiliar el proceso de la enseñanza de las Ciencias Computacionales, incluyendo la enseñanza de los fundamentos de la programación, existen actualmente varios alcances, métodos, técnicas y metodologías, las cuales enfatizan la necesidad de adquirir estos conocimientos esenciales en su utilización en el campo educativo y en la práctica profesional para reducir la dificultad intrínseca de un aprendizaje efectivo de la programación. Uno de estos enfoques es conocido como el Cómputo Físico, el cual tiene el objetivo de que los individuos logren una interacción física con la computadora y que el equipo de cómputo no sea visto como algo cerrado, permitiendo la manipulación del hardware de la computadora [Igoe, 2004]. Además se busca la interrelación y manipulación del hardware y el software para generar una interacción con el mundo real y no limitarse únicamente a un entorno virtual [Tyncan, 2016].

El Cómputo Físico utiliza el aprendizaje basado en el Construccionismo desde la perspectiva de Seymour Papert mediante un marco de aprendizaje robusto para lograr que el aprendiz sea capaz de construir un objeto tangible y que pueda ser compartido y evaluado por sus pares a través de una interacción del mundo real [Blikstein, 2015] además de identificar una relación con los temas y conceptos de STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y matemáticas) ya que es posible crear objetivos vinculados directamente con estos tópicos sin la necesidad de tener una gran experiencia tecnológica previa, relacionando esto no solo con áreas de las Ciencias Computacionales sino también con otras ciencias y tópicos [Blikstein, 2015]. Actualmente hay varios dispositivos del Cómputo Físico como son las tarjetas Arduino, las minicomputadoras Raspberry Pi y la tarjeta BBC Micro:Bit cada una con sus propias características. Estas herramientas han demostrado ser exitosas en la enseñanza como lo muestran los estudios de Rubio y col., [2013], Schulz y Pinkwart [2015] así como las investigaciones de Przybylla y Romeike [2014]. Actualmente hay un dispositivo de reciente creación que ha demostrado resultados favorables en la enseñanza de las Ciencias Computacionales y el desarrollo de aplicaciones, el cual es conocido como la tarjeta BBC Micro:Bit. Este dispositivo tiene un origen en Reino Unido en el año 2015 para motivar a los niños y adolescentes con temas relacionados a la creatividad, utilizando tecnologías digitales para desarrollar habilidades en ciencias, tecnología e ingeniería además de disminuir la falta de interés en estudiar temas relacionados con las Ciencias Computacionales [Sentance y col., 2017]. La tarjeta ha sido utilizada exitosamente en procesos instruccionales, tal como lo demuestran las investigaciones de Charlton y Poslad [2016], Sentance y col., [2017], y la de Carlborg y Tyrén [2017] obteniendo resultados y percepciones positivas con aspectos tales como la facilidad de uso, motivación, creatividad y la posibilidad de utilizar el dispositivo en otras áreas además de las Ciencias Computacionales.

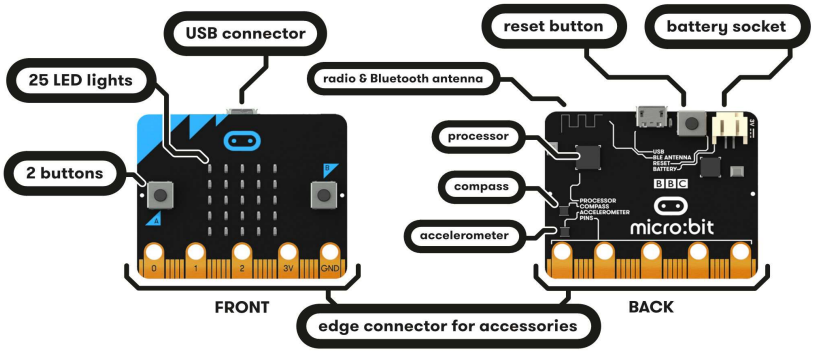


Figura 1. La tarjeta BBC Micro:Bit [Micro:bit Educational Foundation, 2016-2019].

La tarjeta es además una herramienta tecnológica completa que dispone de varios componentes para facilitar su programación, ya que cuenta con un display frontal para salida de datos, dos botones para entradas, terminales generales de entrada-salida, terminales análogas así como una serie de sensores integrados (acelerómetro, compás, temperatura, sensor de luz) y mecanismos de comunicación vía radiofrecuencia y Bluetooth.

El modelo ADDIE para diseño instruccional.

Además de un enfoque tecnológico para la enseñanza de los fundamentos de programación se requiere un factor pedagógico y de enseñanza durante un proceso de instrucción en conjunto con la generación de contenidos para ser utilizados precisamente durante este proceso y uno de estos modelos es conocido con el nombre de ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) el cual sigue un patrón lineal-secuencial para el cumplimiento de estos objetivos [Tobón, 2007]. Este modelo ADDIE sigue una secuencia de actividades que permiten definir las necesidades del proceso de instrucción, el diseño y construcción de dichas actividades y se finaliza con un producto terminado que cubre todas las características requeridas para el proceso de instrucción [Arshavskiy, 2014]. El modelo ADDIE ha sido utilizado exitosamente en proceso de enseñanza combinados y en línea conforme lo manifiestan las investigaciones de Estrada y col., [2013], Loor [2013] así como la investigación de Nautaa y col., [2016] con resultados exitosos en la implementación de contenidos digitales en cursos en línea y combinados mediante la obtención de percepciones positivas de parte de los participantes y una asimilación correcta de los contenidos en el proceso de instrucción. Las fases esenciales del modelo ADDIE incluyen el Análisis (identificación de objetivos por alcanzar, contenidos por incluirse y resultados esperados del material), Diseño (especificar la forma de implementar el seminario y los contenidos digitales), Desarrollo (generación de materiales a utilizarse en la instrucción), Implementación (el contenido generado se da al público para su utilización) y la Evaluación (evaluar la eficacia del seminario, el cumplimiento de objetivos y el grado de aprendizaje en los participantes).



Figura 2. Las fases del modelo ADDIE [adaptado de Arshavskiy, 2014].

El sistema multimodal de educación utilizado en la Universidad Autónoma de Querétaro, específicamente en la dirección de Educación a distancia, está basado en el modelo ADDIE para la generación de contenidos digitales, así como para el mismo proceso de instrucción con los contenidos generados, con esto se asegura que el uso de este modelo cubra los requerimientos indispensables, ya sea para un modelo de enseñanza en línea, o bien, un modelo combinado [Guzmán, 2016].

Metodología

Para demostrar que hubo un incremento en el conocimiento de los estudiantes con temas vinculados con los fundamentos de la programación, así como demostrar la efectividad de los materiales creados siguiendo el modelo ADDIE a través del Sistema Multimodal de Educación de la Universidad Autónoma de Querétaro, todo ello mediante el uso de la tarjeta BBC Micro:Bit se aplicó un seminario a estudiantes de nivel universitario, con temas relacionados a los fundamentos de la programación.

Contexto.

Esta investigación fue llevada a cabo a través de un caso de estudio con estudiantes de 3er. semestre de la carrera de Ingeniería en Automatización en la Universidad Autónoma de Querétaro, específicamente con la asignatura de “Programación Avanzada” donde se estudian contenidos relacionados con lenguajes de programación con el propósito de desarrollar aplicaciones computacionales para la programación de microcontroladores electrónicos. Además de esto, los estudiantes requieren conocimiento específico de lenguajes de programación de nivel bajo e intermedio (lenguajes C y C++), debido a que se efectúa la programación de los microcontroladores mediante el uso de estos lenguajes para ser utilizados después como mecanismos de recuperación de señales analógicas y digitales, comunicarse con otros dispositivos, así como comunicarse con el equipo de cómputo para compartir los datos y señales procesados previamente con los microcontroladores. En

total hubo 17 participantes con 14 hombres y 3 mujeres, además 14 participantes tenían conocimientos previos de programación y 3 participantes no sabían programar. Algunos participantes conocían los Lenguajes de Programación C++, Python, Java y PHP.

Proceso de intervención.

La investigación fue aplicada a través de un seminario implementado con una duración de 9 horas, vinculando cada una de las unidades del seminario con las dos primeras unidades de la asignatura de "Programación Avanzada" (unidad 1: introducción a la programación en C++, unidad 2: programación orientada a objetos) impartida en el 3er Semestre de la carrera de Ingeniería en Automatización en la Facultad de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Querétaro. La vinculación de estas dos unidades sirvió como un análisis inicial del conocimiento requerido por los estudiantes [Universidad Autónoma de Querétaro, 2017] lo cual conllevó a generar nueve unidades en el seminario que cubrieran los requerimientos de conocimientos para los estudiantes, siendo las unidades del seminario las que se especifican a continuación: Unidad 1.- Introducción a la tarjeta BBC Micro:Bit, Unidad 2.- Estructuras de decisión, Unidad 3.- Estructuras de iteración, Unidad 4.- Sensores con la tarjeta BBC Micro:Bit, Unidad 5.- Introducción a Python con la tarjeta BBC Micro:Bit, Unidad 6.- Programación orientada a objetos e interconexiones, Unidad 7.- Radiofrecuencia con la tarjeta BBC Micro:Bit, Unidad 8.- Proyectos derivados con la tarjeta BBC Micro:Bit y Unidad 9.- Proyecto final con la tarjeta BBC Micro:Bit. Los contenidos de cada una de las unidades del seminario fueron obtenidos de diferentes fuentes relacionadas con los fundamentos de la programación [Zapata, 2013; Pressman, 2010; Norton, 2006; Aguilar, 2008], de fuentes relacionadas con el Cómputo Físico [O'Sullivan e Igoe, 2004; Platt, 2009], así como de fuentes relacionadas con la tarjeta BBC Micro:Bit [Halfacree, 2018; Monk, 2018]. El proceso de desarrollo de los contenidos digitales fue seguido utilizando el modelo ADDIE siguiendo las guías de Arshavskiy [Arshavskiy, 2014] así como el modelo del Sistema Multimodal de Educación de la Universidad Autónoma de Querétaro [Guzmán, 2016] ubicando los contenidos en la plataforma de la Dirección de Educación a Distancia de la misma Universidad. El seminario tuvo una duración de tres semanas, presentando tres unidades por semana, y los estudiantes tenían la posibilidad de acceder a los contenidos de todas las unidades a través de la plataforma en línea.

Componentes metodológicos.

Esta investigación ocupó una metodología cuantitativa para el análisis de la información así como para la explicación del fenómeno desde su propia perspectiva utilizando Investigación Basada en el Diseño para obtener un producto tecnológico específicamente un producto tecnopedagógico concretado mediante la instanciación del seminario para la enseñanza de los fundamentos de la programación [Hevner y col., 2004]. Para los contenidos digitales se ocupó el modelo ADDIE en cada una de sus fases, se realizaron actividades con cada una de las células de trabajo que componen a la Dirección de Educación a Distancia para la generación de contenidos digitales que fueron ubicados en la plataforma en línea, y que cada una de las células efectuó con respecto a las fases del modelo ADDIE respecto a la generación de contenidos digitales, considerando un trabajo lineal-secuencial además de obtener retroalimentación en cada fase para efectuar las correcciones pertinentes [Guzmán, 2016]. El trabajo que realizó cada una de las células de la Dirección de Educación a Distancia fue el siguiente:

1. Célula didáctica.- Realización de actividades vinculadas con apoyar a los profesores en la generación de contenidos digitales, aseguramiento de la calidad en los contenidos, diseño de la estructura general de los contenidos y del mismo seminario (fases ADDIE de análisis, diseño y evaluación).
2. Célula multimedia.- Realización de actividades relacionadas en analizar los requerimientos multimedia, diseñar y producir los materiales multimedia (fases ADDIE de diseño y desarrollo).
3. Célula de producción.- Realización de actividades enfocadas en desarrollar contenidos digitales, las estructuras de cada curso y verificar su operación (fases ADDIE de diseño, desarrollo e implementación).

El objetivo de esta investigación es doble, ya que se busca primero identificar si el uso del Cómputo Físico, mediante un producto tecno-pedagógico, utilizando la tarjeta BBC Micro:Bit permitió a los estudiantes consolidar los conocimientos de los fundamentos de la programación, y segundo identificar el uso del modelo ADDIE, mediante el uso de la metodología del Sistema Multimodal de Educación de la Universidad Autónoma de Querétaro, lo que permitió generar contenidos digitales para implementarse en un seminario, así como verificar la percepción de los participantes con respecto al seminario en general, así como la percepción que tuvieron los

estudiantes con los contenidos digitales identificando también el proceso de instrucción del seminario tanto en las sesiones presenciales y en el acceso al contenido en línea.

Instrumentos de recolección de datos y contenidos.

Los primeros instrumentos generados en esta investigación fueron los cuestionarios pretest y postest como mecanismos de verificación del conocimiento adquirido por los estudiantes, los cuales fueron construidos con contenidos teóricos retomados de Zapata [2013], Norton [2006], Rubio y col., [2013], y Aguilar [2008] considerando contenidos básicos de los fundamentos de la programación incluyendo estructuras secuenciales, estructuras de decisión, estructuras de iteración, variables y constantes, operadores, programación orientada a objetos y componentes electrónicos. El pretest fue aplicado antes del inicio del seminario y el postest al finalizar el seminario. Además se aplicó un cuestionario con escalamiento Likert para obtener la percepción del semanario, de los contenidos teóricos enseñados y la forma en la cual los materiales digitales ubicados en la plataforma en línea fueron percibidos. Para este escalamiento Likert se adaptaron los reactivos del instrumento de Rubio y col., [2013] y se consideraron para los reactivos escalas que iban desde el valor 5 (completamente de acuerdo) hasta el valor de 1 (completamente en desacuerdo), incluyendo categorías en este instrumento tales como fundamentos de la programación, componentes electrónicos, entornos de programación y la percepción misma del seminario. El cuestionario Likert fue aplicado al finalizar el seminario. Los contenidos digitales generados estuvieron disponibles para los estudiantes en su estudio durante las sesiones presenciales, así como para su acceso en cualquier momento mediante el ingreso a la plataforma digital, teniendo como propósito que los estudiantes tuvieran acceso a estos contenidos en cualquier momento para poder llevar a cabo las sesiones teniendo los contenidos previamente, o bien, para su posterior estudio en caso de que desearan analizar a mayor detalle los contenidos posteriormente. Los contenidos digitales fueron ubicados en el Sistema de Gestión del Aprendizaje (plataforma digital) de la Universidad Autónoma de Querétaro, y dichos contenidos incluían una sección de contenidos teóricos de los fundamentos de la programación, contenidos relacionados con los componentes electrónicos a utilizarse durante las sesiones, así como actividades propuestas para su ejecución por los estudiantes. Además se incluyeron secciones de comunicación como mecanismo para la resolución de las dudas que pudieran surgir durante el acceso a los contenidos digitales.

Resultados y discusión

Los instrumentos fueron aplicados a un total de 17 participantes, los cuales obtuvieron un puntaje inicial de 63.65 puntos en el pretest y un puntaje de 74.81 puntos en el postest (ocupando una escala de 0 a 100 puntos) indicando con esto que hubo un incremento de 11.16 puntos con respecto a los contenidos consolidados por los estudiantes, demostrando que para este caso en particular el uso de la estrategia es efectiva para la enseñanza de los fundamentos de la programación debido al incremento en los resultados obtenidos.

Tabla 1. Puntajes obtenidos en el pretest y en el postest.

Categorías de los instrumentos	Puntaje pretest	Puntaje postest
A. Estructuras secuenciales	95.58 puntos	94.11 puntos
B. Estructuras de decisión	63.52 puntos	67.05 puntos
C. Estructuras de iteración	48.52 puntos	52.94 puntos
D. Tipos de datos	84.87 puntos	89.07 puntos
E. Variables y constantes	51.47 puntos	76.47 puntos
F. Operadores	50.58 puntos	78.82 puntos
G. Programación orientada a objetos	55.55 puntos	50.00 puntos
H. Componentes electrónicos	60.78 puntos	78.43 puntos

De las ocho categorías contempladas en el instrumento hubo seis categorías que demostraron un incremento en el conocimiento consolidado por los estudiantes, y dos de ellas tuvieron un incremento significativo con respecto a los resultados entre el pretest y el postest. Teniendo la categoría de “Variables y Constantes” un incremento del 25% y la categoría de operadores un incremento del 28.24%. El pretest y el postest fueron validados a través del Alfa de Cronbach obteniendo un valor de 0.7131, así como mediante la aplicación de la prueba KR-20 obteniendo un valor de 0.7315 en el instrumento. Para confirmar la afirmación de que hubo un incremento en el conocimiento de los estudiantes se aplicó la prueba T de Student, en la cual considerando un intervalo de confianza del 95%

 ISSN 2007-8102

se obtuvo un valor de 0.001140 verificando la hipótesis de que si hubo un incremento en el conocimiento de los estudiantes ya que como fue mencionado anteriormente hubo una diferencia positiva de 11.16 puntos entre el pretest y el postest.

El escalamiento Likert fue aplicado al finalizar el seminario al total de los 17 participantes que fueron sujeto de estudio. El instrumento analizó la percepción de los participantes con respecto a los contenidos del seminario, actividades propuestas, el uso de la tarjeta BBC Micro:Bit y la forma en la que el seminario fue aplicado en la plataforma en línea. Los promedios obtenidos en este instrumento son los siguientes:

Tabla 2. Puntajes obtenidos en el escalamiento Likert.

Categorías del escalamiento Likert	Promedio de puntaje obtenido
A. Programación de aplicaciones	4.37 puntos
B. Componentes electrónicos	4.28 puntos
C. Tarjeta BBC Micro:Bit	4.36 puntos
D. Entornos de desarrollo	3.74 puntos
E. Percepción del seminario	4.25 puntos

En los resultados se aprecian promedios positivos en la percepción de los estudiantes, ya que el valor máximo de la escala era 5 (completamente de acuerdo). De las cinco categorías consideradas en el instrumento hubo cuatro de ellas que tuvieron un promedio superior al valor de 4 identificando con esto que la percepción general del seminario, su contenido y las estrategias utilizadas tuvieron una percepción positiva y con ello que los medios utilizados en este seminario son los adecuados. Además conviene destacar que la tarjeta BBC Micro:Bit fue un factor positivo como herramienta tecnológica ya que también la percepción de esta herramienta fue positiva. Cabe destacar que la última categoría del instrumento (percepción del seminario) incluía preguntas específicas sobre el seminario, sus materiales, así como la modalidad de enseñanza, obteniendo resultados positivos en las respuestas identificando con esto una percepción positiva sobre el seminario. Las preguntas relacionadas con los contenidos digitales y la forma de enseñanza mostraron también una tendencia positiva en los promedios obtenidos en las respuestas, ya que los valores fueron cercanos al valor de 4 (de acuerdo).

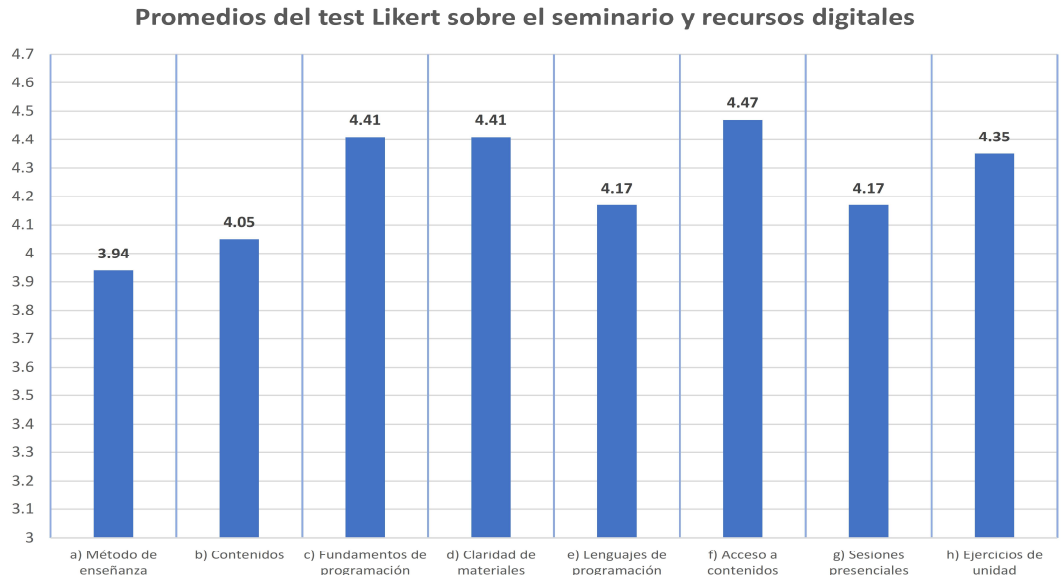


Figura 3. Promedios de los puntajes del escalamiento Likert sobre el seminario y los contenidos digitales.

La escala Likert fue validada con el Alfa de Cronbach para su confiabilidad, obteniendo un valor de 0.941 en la prueba aplicada a este instrumento. Cabe destacar que el uso de este instrumento permitió identificar una percepción positiva de los estudiantes sobre los contenidos incluidos en el seminario, y la forma de enseñanza combinando sesiones presenciales con contenido digital para su posterior acceso, además de inferir que la

enseñanza de la programación es una actividad que aunque generalmente está encasillada a su enseñanza de forma presencial puede ser llevada a cabo mediante sesiones presenciales utilizando contenidos digitales permitiendo a los participantes adquirir conocimientos fuera del aula, demostrando la efectividad del modelo ADDIE para generar contenidos en un proceso de diseño instruccional.

Trabajo a futuro

Se tiene planeado implementar este seminario en otras universidades, instituciones y facultades para confirmar la consistencia de los resultados obtenidos, pero realizando un proceso de ajuste tanto en los materiales generados así como en los contenidos del seminario, enfocándose en el uso del Cómputo Físico para la enseñanza de las Ciencias Computacionales, así como con respecto a los fundamentos de la programación. Cabe destacar que el objetivo de esta investigación era identificar la consolidación de los conocimientos de los fundamentos de la programación, faltaría al menos una aplicación posterior que incluyera el objetivo de enseñar estos conocimientos a quienes no tuvieran los conocimientos previos. Además, este seminario será retroalimentado para su mejora continua para corregir el mismo en aplicaciones posteriores siguiendo el proceso del modelo ADDIE con respecto a la última fase (evaluación) siguiendo un esquema iterativo-incremental para la mejora continua de este mismo producto tecnopedagógico en aplicaciones posteriores.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que el uso del modelo ADDIE para crear contenidos digitales para la enseñanza de los fundamentos de la programación permiten obtener contenidos correctos y apropiados desde la perspectiva de los participantes del seminario debido a los resultados obtenidos en los instrumentos utilizados. Casi todas las categorías del escalamiento Likert demuestran que hubo un promedio positivo, identificando que para este caso en particular el uso de contenidos generados para el seminario, la forma de enseñar, la elección de la tarjeta BBC Micro:Bit y el seminario generado fueron correctos como estrategia en general para la enseñanza de los fundamentos de la programación.

Además de esto, el resultado de los cuestionarios pretest y postest aplicados demostraron un incremento en los puntajes de los participantes asegurando con esto que para el caso en concreto de aplicación del seminario hubo un incremento del conocimiento de las Ciencias Computacionales y la programación de aplicaciones, desde el incremento en el puntaje general de todos los conceptos enseñados, así como de las categorías específicas indicadas, es posible observar como algunos temas de difícil enseñanza como lo son “variables y constantes” y el tema de “operadores” tuvieron un incremento significativo a pesar de la dificultad de comprender estos temas por lo abstracto que pueden ser en su misma concepción. Además el uso del Cómputo Físico quedó demostrado como un enfoque adecuado para la enseñanza de contenidos relacionados con los fundamentos de la programación, facilitando a los estudiantes la asimilación de conceptos y teorías que pueden ser difíciles de comprender, ya que los estudiantes fueron capaces de armar componentes electrónicos y de programarlos directamente de una forma sencilla. El uso del Cómputo Físico en conjunto con la tarjeta BBC Micro:Bit permite enseñar de una manera amigable los conceptos de la programación de aplicaciones y de las Ciencias Computacionales debido a la facilitad de programación del dispositivo, en conjunto con la facilidad de uso del entorno de desarrollo disponible para su programación, la facilidad del proceso de asimilación de los fundamentos de la programación en los participantes sin tener la necesidad de disponer de un conocimiento avanzado de electrónica o programación, obteniendo productos únicos y originales con un gran valor intrínseco para los participantes y que promueven el trabajo colaborativo y la capacidad de evaluación por sus mismos compañeros en sus productos obtenidos.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo prestado para llevar a cabo esta investigación y por la adquisición de los dispositivos utilizados en las implementaciones prácticas. También se agradece el apoyo financiero de la Red LaTE México con número de proyecto 294219 en dicho Consejo y con clave SIP-2018-RE / 048 en el Instituto Politécnico Nacional el cual permitió realizar esta contribución en conjunto. Por último se agradece al M. Moisés Agustín Martínez Hernández de la Universidad Autónoma de Querétaro por las facilidades prestadas en la aplicación del seminario.

Referencias

1. Aguilar, L. (2008). Fundamentos de programación : algoritmos, estructuras de datos y objetos. España: McGraw-Hill/Interamericana.
2. Arshavskiy, M. (2014). Diseño Instruccional para Aprendizaje En Línea Guía Esencial Para La Creación De Cursos Exitosos De Educación En Línea. Charleston, South Carolina: Createspace Independent Pub.
3. Blikstein, P. (2015). Computationally Enhanced Toolkits for Children: Historical Review and a Framework for Future Design. *Foundations and Trends in Human–Computer Interaction*, 9(1), 1–68. https://doi.org/10.1561/1100000057
4. Carlborg, N. and Tyrén, M. (2017). Introducing micro : bit in Swedish primary schools. Chalmers University of Technology.
5. Charlton, P. and Poslad, S. (2016). A sharable wearable maker community IoT application. *Proceedings - 12th International Conference on Intelligent Environments, IE 2016*, 16–23. https://doi.org/10.1109/IE.2016.12
6. Estrada, R.; Mendoza, R.; Peraza, J. F.; Tostado, M. I. and Quirino, L. G. (2013). Assessment of university students in a Blended-Learning model using ADDIE instructional design. *In Proceedings of ICERI2013 Conference* (pp. 4381–4389).
7. Guzmán, T. (2016). Sistema Multimodal de Educación. Recuperado el 20 de enero de 2019, de https://www.uaq.mx/docsgrales/informatica/Sistema-Multimodal-de-educacion-UAQ.pdf
8. Halfacree, G. (2018). The official BBC Micro:bit user guide. Indianapolis, Ind: John Wiley and Sons, Inc.
9. Hevner, A. R.; March, S. T., Park, J., and Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. https://doi.org/10.2307/25148869
10. Igoe, T. (2004). What Is Physical Computing? Recuperado el 9 de marzo de 2017, de http://www.tigoe.com/blog/what-is-physical-computing/
11. Loor, K. (2013). Mejoramiento del trabajo autónomo de los estudiantes de la carrera licenciatura en inglés de la Universidad Estatal Península de Santa Elena a través del curso Reading and Writing I con la modalidad Blended Learning 2012-2013 experiencia pedagógica. *Revista ciencias pedagógicas e innovación*, 1(3).
12. Micro:bit Educational Foundation (2016-2018). Explore the many features of the micro:bit! Recuperado el 12 de junio de 2019, de https://microbit.org/guide/features/
13. Monk, S. (2018). Programming the BBC micro:bit Getting Started with Micropython. New York: Mc Graw Hill Education.
14. Nautaa, J. M.; Platenkampb, J. and Hettingaa, M. (2016). Development and Evaluation of a Blended Learning Course. *eLmL 2016 The Eight International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning*. 1-3.
15. Norton, P. (2006). Introducción a la computación (6a ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill.
16. O'Sullivan, D., and Igoe, T. (2004). Physical computing : sensing and controlling the physical world with computers. Boston: Thomson.
17. Platt, C. (2009). Make: electronics : learning by discovery. California: O'Reilly.
18. Pressman, R. (2010). Ingeniería del software: un enfoque práctico (7a ed.). México: McGraw-Hill.
19. Przybylla, M., and Romeike, R. (2014). Physical Computing and Its Scope--Towards a Constructionist Computer Science Curriculum with Physical Computing. *Informatics in Education*, 13(2), 241–254. https://doi.org/10.15388/infedu.2014.05
20. Rubio, M. A.; Mañoso, C. and Pérez, Á. (2013). Using arduino to enhance computer programming courses in science and engineering. *In Proceedings of EDULEARN13 conference* (pp. 1–3).
21. Schulz, S., and Pinkwart, N. (2015). Physical computing in stem education. *In Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 134–135).
22. Sentance, S.; Waite, J.; Hodges, S.; MacLeod, E. and Yeomans, L. (2017). "Creating Cool Stuff". *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '17*, (March), 531–536. https://doi.org/10.1145/3017680.3017749
23. Tobón, M. I. (2007). Diseño Instruccional en un entorno de aprendizaje abierto. Universidad tecnológica de Pereira, 1–114.
24. Tyncan (2016). Physical Computing. Recuperado el 27 de mayo de 2018, de http://www.tyncan.com/physical-computing
25. Universidad Autónoma de Querétaro (2017). Programación Avanzada. Recuperado el 23 de junio de 2018, de http://uaqedvirtual.uaq.mx/campusvirtual/ingenieria/pluginfile.php/15494/mod_resource/content/11/Programacion
26. Zapata, C. A. (2013). Fundamentos de programación, guía de autoenseñanza. Colombia: RA-MA Editorial.

Aplicación móvil para la administración y conectividad de tareas académicas en la Educación Superior

G. Rendón Sustaita[1], C. Díaz Lara [2], N. Montenegro Herrera[1], E. Velacio Juárez[1], O. Tristán Orta[1].*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, TNM/Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México
[2]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, TNM/Instituto Tecnológico de Iguala, Carr. Fed. Iguala Taxco, esq. Periférico Norte s/n, Col. Adolfo López Mateos, C.P. 40030, Iguala, Guerrero, México.
**gloria_rendon77@hotmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Organitec es una aplicación móvil para jóvenes universitarios, que permite organizar sus actividades académicas y les da la facilidad de buscar asesores cercanos, de acuerdo a su ubicación. Gracias a las conexiones con alumnos de otras universidades se genera un efecto de red con los usuarios que fortalecerán sus conocimientos y no tendrán límites para crear ideas innovadoras. De acuerdo al historial generado con el tiempo de estudios la aplicación destaca lo más importante, generando así una línea de tiempo verídica con sus actividades personales y así fortalecer un currículum que se podrá presentar a las empresas asegurando que la información es verdadera, generando así confianza con las personas de la empresa.

***Palabras clave**: Aplicación, Educación, Estudiantes, Universidades.*

Abstract

Organitec is a mobile application for young university students, which allows them to organize their academic activities and gives them the ability to seek close advisors, according to their location. Thanks to connections with students from other universities, a network effect is generated with users that will strengthen their knowledge and have no limits to create innovative ideas. According to the history generated with the time of studies the application highlights the most important, thus generating a true timeline with their personal activities and thus strengthening a curriculum that can be presented to companies ensuring that the information is true, thus generating trust, with the people of the company.

***Key words**: Application, Education, Students, Universities.*

Introducción

La educación superior constituye en la actualidad uno de los instrumentos principales con que cuentan los países en su intento de asegurar su desarrollo. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en la publicación de módulo de educación, capacitación y empleo del 2009, el 17.01% de jóvenes egresan de nivel medio superior de los cuales un 16.72% continúan su estudio a nivel superior y un 20.87% no terminan sus estudios por razones

personales (INEGI, 2009) Según la Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC), la realidad demográfica actual en los países de Latinoamérica cuenta con un número creciente de población joven, en edad de cursar estudios universitarios, esto ha llevado a las instituciones a buscar soluciones eficaces para los problemas relacionados con la educación, de este modo se ha identificado a la tecnología como una salida para ofrecer una formación completa y de calidad a la población universitaria creciente y sus demandas (RU & SC, 2015). La oportunidad identificada surgió en el Instituto Tecnológico de San Luis Potosí (ITSLP) con el coloquio de investigación multidisciplinaria en el 2016, en el cual nos menciona los principales problemas que tienen los estudiantes y la eficiencia terminal en sus estudios debido a una mala planificación de actividades y el no tener hábitos de estudio. Se obtuvo información de 14 generaciones destacando en ellas las principales causas que provocaron el abandono de estudios (Rosales, Navarrete y Córdova, 2017).

Metodología

De acuerdo al coloquio de investigación 2016 del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, menciona que la eficiencia terminal de los niveles educativos se ha convertido en un indicador de calidad de la educación para todos los agentes implicados en el proceso educativo, como lo son el gobierno, la sociedad y las instituciones educativas, lo anterior, permite establecer la importancia de evaluar la productividad de las Instituciones de Educación Superior. En ITSLP, la Eficiencia Terminal lograda en 2015 es de 33.47% contra la meta propuesta en el Sistema de Gestión de la Calidad de la institución, que es de 42% (SGC, 2015). De acuerdo con el Sistema Integral de Información, se obtuvo en bases de datos la deserción y egreso de 14 generaciones, de la cual se obtuvieron las causas que provocaron el abandono de los estudiantes: reprobación de materias, exámenes y cursos especiales. Con opinión de docentes y alumnos, coincide con la deserción, con 83% y 81%, los factores de reprobación, como no cumplir con tareas, falta de dedicación y problemas de asistencia a clase (Rosales, Navarrete y Córdova, 2017). De acuerdo a investigaciones basadas en psicología educativa, las mejores técnicas de estudio implican que la planificación de actividades es la segunda estrategia más efectiva de 10 establecidas, expandir los estudios a lo largo del tiempo y cuestionarse sobre el material antes de un examen son estrategias de aprendizaje altamente efectivas (Dunlosky, 2013). La universidad regional del sureste (URSE) establece la asesoría como una estrategia fundamental para ofrecer servicios educativos de gran calidad, correspondiente con la nueva visión de la educación superior establecida por ANUIES para 2020, en donde se establece que las instituciones de educación superior de México integrarán un vigoroso sistema de educación superior, que forme profesionales e investigadores de alto nivel, que generen y apliquen conocimientos, a partir de tareas que realizará con calidad, pertinencia, equidad y cantidad equiparables con los estándares internacionales, para potenciar la formación integral del estudiante en una visión humanista y responsable frente a las necesidades y oportunidades del desarrollo de México (ANUIES, 2000). La URSE también declara que la asesoría constituye un recurso para facilitar la adaptación del estudiante al ambiente escolar, mejorar sus habilidades de estudio y trabajo, abatir los índices de reprobación y rezago escolar, disminuir las tasas de abandono de estudios y mejorar la eficiencia terminal. Otra estrategia adoptada como salida para ofrecer formación ha sido la tecnología, Según la revista científica arbitrada RUSC, muchos países latinoamericanos, han optado por la tecnología como escape para mejorar la calidad educacional en el caso de México. Desde 2010 se tomaron medidas con la creación del Sistema Nacional de Educación a Distancia (SINED) como una iniciativa

 ISSN 2007-8102

impulsada por las universidades interesadas en fortalecer la educación por medio de la tecnología, RUSC y SINED están de acuerdo que los proyectos tecnológicos de educación merecen más difusión.

Proceso de uso de Organitec

El proceso de uso del proyecto Organitec se describe de la siguiente manera:



Figura 1. Aplicación Organitec



Figura 2. Registro

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Menú

Desarrollo de la aplicación

La aplicación fue propuesta por alumnos de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, los cuales decidieron trabajar con IONIC, CSS y HTML5 para el desarrollo. Se utilizó IONIC porque permite un desarrollo híbrido para exportar proyectos en distintas plataformas como lo son Android, IOS, Windows Phone entre otras, además de que IONIC es una herramienta gratuita y Open Source, para el desarrollo de aplicaciones híbridas basadas en HTML5, CSS y JS. Tiene alto rendimiento, la velocidad es gracias a la mínima manipulación del DOM con cero jQuery y con aceleraciones de transiciones por hardware. Tiene un diseño limpio, sencillo y funcional. Sobre todo permite trabajar con todos los dispositivos móviles actuales. Trabajar con HTML5 permite un nuevo concepto para la construcción de sitios web y aplicaciones en una era que combina dispositivos móviles, computación en la nube y trabajos en red. HTML5 da estándares para aspecto de la web y también un propósito claro para cada una de las tecnologías involucradas, permitiendo eliminar las barreras entre el sitio web y la aplicación (LibrosWeb, 2018). Ahora, CSS3, CSS no tiene nada que ver con HTML5, no es parte de la especificación y nunca lo fue. CSS es de hecho, un complemento desarrollado para superar las limitaciones y reduce la complejidad de HTML. CSS separa la estructura de la presentación, controla el aspecto gráfico del documento, indicando al navegador como se deben visualizar los elementos del documento HTML, por lo anterior permite separar el aspecto del contenido. CSS3 redujo el uso de código Javascript estandarizando las funciones, cubriendo además del diseño y el estilo web, la forma y movimiento, a través de presentarse en módulos, que permiten a la tecnología proveer una especificación estándar por cada aspecto involucrado en la presentación visual. Lo anterior convierte a CSS3 en una tecnología inédita comparada con versiones anteriores. Ahora, AngularJS, Javascript fue expandido en relación con portabilidad e integración, a la vez, interfaces de programación de aplicaciones (APIs) fueron incorporadas por defecto en cada navegador para asistir al lenguaje en funciones elementales. Estas nuevas APIs son interfaces para librerías incluidas en los navegadores. Lo anterior permite tener disponibles funciones a través de técnicas de programación sencillas y

 ISSN 2007-8102

estándares, expandiendo el alcance del lenguaje y facilitando la creación de programas útiles para la web. AngularJs fué elegido por separar las capas de presentación, lógica y componentes de la aplicación, permitió que la comunicación entre la aplicación y el servidor, se realice de forma transparente al usuario, logrando la sensación de nunca abandonar la página principal de la aplicación. La base de datos fue desarrollada en SQLite porque es software open source, su velocidad al realizar operaciones da mejor rendimiento, también permite una fácil configuración e instalación y soporta una gran variedad de sistemas operativos. Tiene baja probabilidad de corromper datos, su conectividad, velocidad y seguridad lo hacen altamente apropiado para acceder bases de datos en internet. Para la seguridad se decidió trabajar con MD5 y AES-256 Encryption. Se utilizó MD5 porque hoy en día se necesita tener la imposibilidad (computacional) de reconstruir la cadena original a partir del resultado, y también la imposibilidad de encontrar dos cadenas de texto que generen el mismo resultado (Mkyong 2010). MD5 permite utilizar el algoritmo para transmitir las contraseñas a través de medios inseguros. AES-256 Encryption es uno de los algoritmos de cifrado más utilizados y seguros actualmente, es de acceso público. El algoritmo permite en realizar varias sustituciones, permutaciones y transformaciones lineales, estas operaciones se repiten varias veces, durante esta repetición, una clave circular única se calcula a partir de la clave de cifrado y se incorpora en los cálculos, esto da un bloque de texto cifrado completamente diferente, ventaja sobre los cifrados de flujo tradicionales (CodeJobs, 2014).

Proceso de prueba de la aplicación en el TNM/ITSLP

Primero se realizó una petición a la dirección del Instituto para permitir ofrecer el uso de Organitec a los alumnos de las carreras de Industrial, Mecánica, Mecatrónica, Turismo, Sistemas Computacionales, Informática, Gestión Empresarial, Eléctrica, Electrónica y Administración durante el semestre agosto/diciembre de 2018. Una vez que fue autorizado con visto bueno por parte de dirección, se procedió a realizar visitas a salones para invitar personalmente a los estudiantes del instituto a conocer y utilizar Organitec, los resultados obtenidos fue de 206 alumnos interesados.

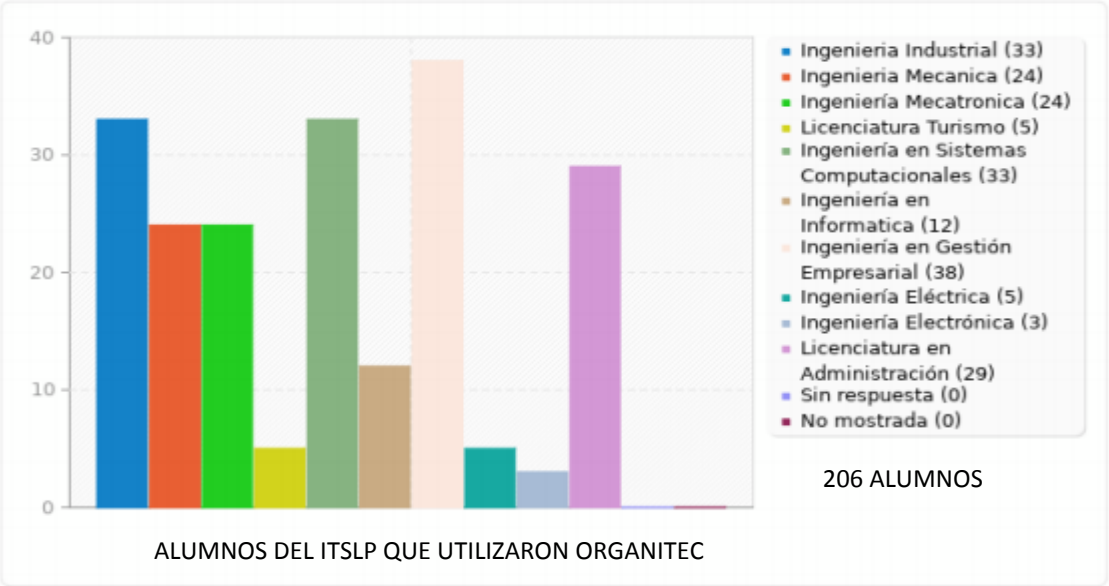


Figura 4. Alumnos por carrera interesados en utilizar Organitec

 ISSN 2007-8102

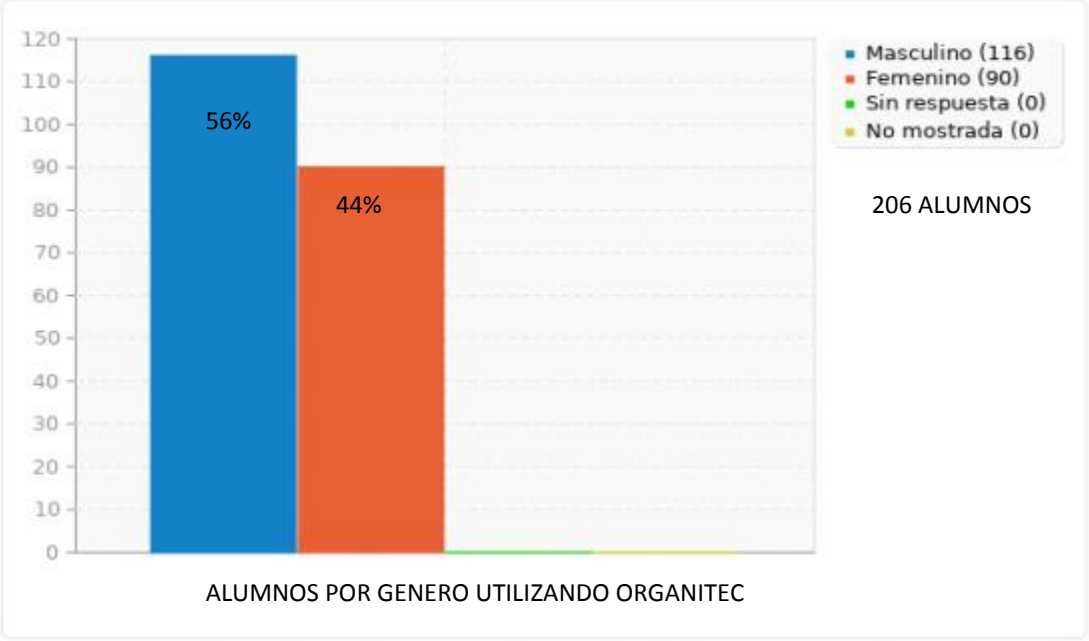


Figura 5. Alumnos por género interesados en seguir utilizando Organitec

Resultados y discusión

Efecto de la relación entre alumnos con la aplicación

Retomando que el objetivo de Organitec es permitir organizar las actividades académicas de los usuarios, así como dar la facilidad de buscar asesores cercanos, el resultado obtenido durante el periodo del semestre agosto/diciembre de 2018, fué que de los 206 estudiantes que utilizaron la aplicación, 184 establecieron que el objetivo de Organitec fue valido, porque el 89% de los estudiantes comentaron que logró mejorar su forma de organizarse, como se muestra en la figura 6.

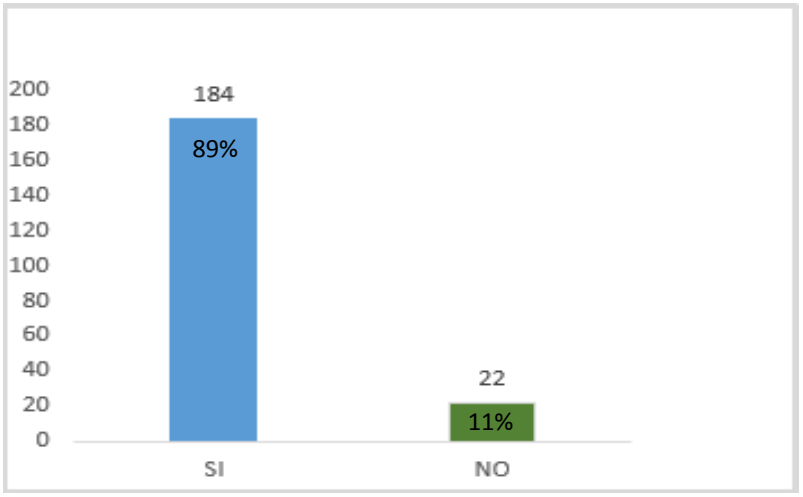


Figura 6. Alumnos que se consideraron organizados al utilizar Organitec

 ISSN 2007-8102

De los 206 estudiantes, el 66% comentó que permitió elevar la eficiencia en sus procesos académicos, generó hábitos de estudio, aumentando su productividad, se incentivó la práctica continua, fomentó el desarrollo académico entre los usuarios y permitió la formación integral entre los usuarios al permitir la relación entre diferentes áreas de estudio, como se muestra en la figura 7.

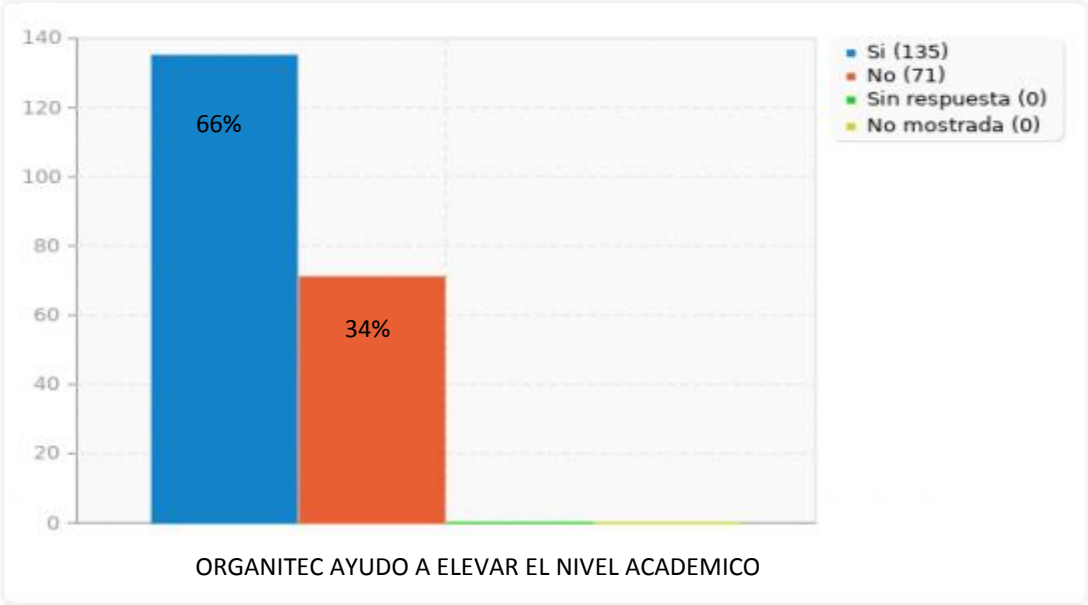


Figura 7. Alumnos que se consideraron aumento en su nivel académico al utilizar Organitec

De los 206 estudiantes, el 88% comentó que la seguiría utilizando durante el semestre enero/junio 2019 como se muestra en la figura 8.

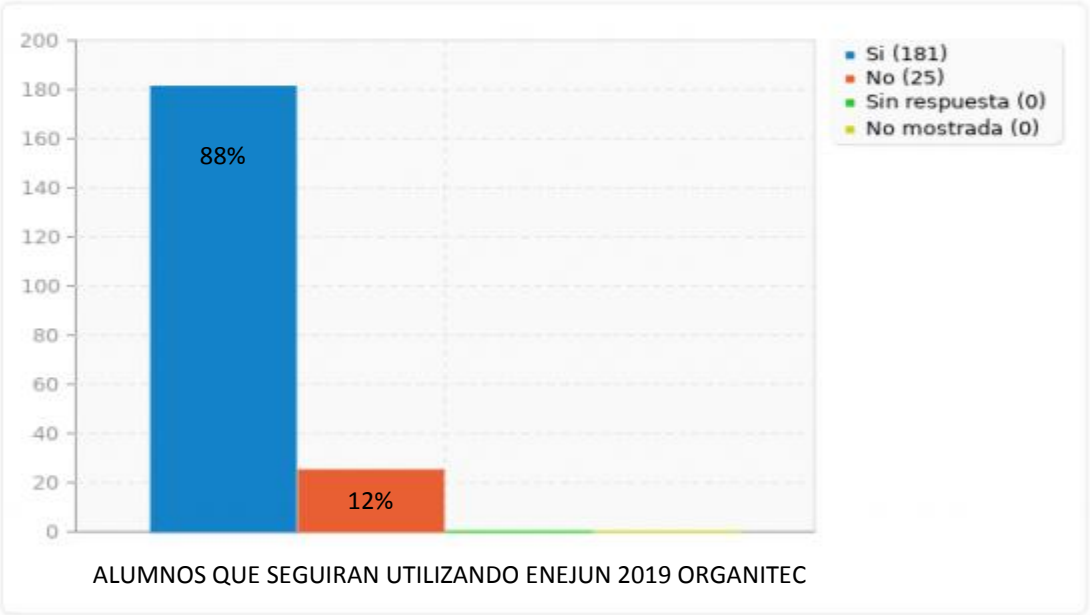


Figura 8. Alumnos que seguirán utilizando Organitec en el semestre ENERO/JUNIO 2019

Los datos anteriores, se lograron por utilizar una técnica de ramificación, al usar la ubicación del usuario para que éste pueda compartir sus pendientes con otros usuarios estudiantes, generando una red con beneficios académicos. Los resultados obtenidos afirman que la aplicación móvil les permitió organizar sus actividades de manera puntual y personalizada, siendo provechoso para mejorar el desempeño académico y adquirieron nuevos conocimientos que en ocasiones no les puede ofrecer su institución. El proyecto participó en ENEIT 2018 pasando a la etapa regional y con registro en INDAUTOR.

Trabajo a futuro

El proyecto se encuentra en fase de implementación dentro del TNM/ITSLP para que sea accesible para todos los estudiantes del instituto, también se está agregando un bloque, el cual se vería reflejado en la sección de búsqueda, para que los asesores o docentes tengan una comunicación directa con los usuarios. Así también se busca la comunicación con alumnos de otras instituciones de nivel superior en la ciudad de San Luis Potosí. Organitec se encuentra aun depurando la usabilidad de la aplicación, con el objetivo de mejorar aún más el rendimiento académico a los alumnos que así lo requieran.

Conclusiones

Organitec está diseñada para que sea considerada como una herramienta digital por parte de los estudiantes para generar la mejor planificación de actividades de acuerdo a las necesidades de cada usuario, se comprobó, que es una Aplicación Móvil que rompe con las barreras de comunicación y así incentiva a los alumnos a realizar una idea con apoyo de las carreras que el necesite, permitiendo una formación integral.

Referencias

1. ANUIES, (2000). “La Educación Superior en el Siglo XXI. Líneas estratégicas de desarrollo”. Disponible en: http://planeacion.uaemex.mx/InfBasCon/LaEducacionSuperiorenelSigloXXI.pdf.
2. CodeJobs. (2014). Disponible en: https://www.codejobs.biz/es/blog/2014/02/18/tiposde-cifrados-en-php-md5-sha1-y-salt.
3. Dunlosky, J., (2013). “Strengthening the Student Toolbox: Study Strategies to Boost Learning”. Disponible en: https://www.aft.org/sites/default/files/periodicals/dunlosky.pdf
4. INEGI. (2009). Censos Económicos 2009. Información general.
5. LibrosWeb. (2018). Disponible en: http://librosweb.es/libro/tdd/capitulo_1/modelo_en_cascada.html.
6. Mkyong. (2010). Disponible en: https://www.mkyong.com/java/java-sha-hashing-example.
7. Rosales, M., Navarrete M., Córdova B. (2017). Principales factores que afectan la eficiencia terminal en las carreras del ITSLP. CIM 2017.
8. RU & SC. (2015). International Journal of educational technology in higuer education. Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento. Vol. 12 Número 3.
9. SGC, (2015). “Sistema de Gestión de Calidad del ITSLP”. Disponible en: https://sites.google.com/site/sgcitslp/home

Valor predictivo del examen de admisión (EXANI-II), escuela y promedio de procedencia

R. Jiménez González[1], L. Flores Flores[1], P. L. Jiménez Flores[1]*
Departamento de Ciencias Económico Administrativa, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ensenada, Blvd. Tecnológico No. 150, Ex Ejido Chapultepec, C.P. 22780, Ensenada, B.C.
**rjimenezgonzalez@yahoo.com.mx*
Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Se analizó la correlación entre el promedio de bachillerato y el promedio del examen de admisión de1500 estudiantes de las últimas tres generaciones. La afinidad entre ambas variables (0.27) es débil, no hay suficiente evidencia estadística para asegurar que el resultado del examen estará acorde al promedio de procedencia. La modalidad de bachillerato no tiene influencia significativa. La variable más confiable para hacer estimaciones del desempeño del estudiante es el promedio de bachillerato, aunque la correlación al 1er semestre es débil (0.17) esta mejora al 3er y 5to (0.40 y 0.43) en cambio la correlación del EXANI II es 0.31, 0.39 y 0.39 para los mismos periodos. El modelo matemático que mejor se ajusta para realizar estimaciones aceptables del comportamiento futuro del estudiante es la ecuación de regresión lineal múltiple con tres variables independientes (modalidad de bachillerato, promedio de bachillerato y promedio del EXANI II).

***Palabras clave**: Procedencia. Exani-II. Éxito académico*

Abstract

The aim for this research is to see if there is a correlation between high school students grade point average and the average of the admissions exams. After analyzing 1500 high school students over the past three generations, the results showed that both variables have a weak correlation (0.27). There is not enough statistical evidence to ensure that the result of the test will be consistent with the high school grade point average. Although, high school modality has no significant influence, the most reliable variable for making estimates of the student's performance is the grade point average. Beginning with the first semester of high school, there is a weak correlation between both variables (0.17), this improves when entering the third and fifth semesters (0.40 and 0.43), by the other side, the correlation of the EXANI II is 0.31, 0.39 and 0.39 for the same periods. The mathematical model that best fits to make acceptable estimations of student's future behavior is the “multiple linear regression equation” with three independent variables (high school modality, high school point average and EXANI II average.

***Keywords**: Origin. Exani-II. Academic success*

Introducción

El Instituto Tecnológico de Ensenada (ITE) experimenta una creciente demanda en su matrícula de nuevo ingreso. Cuando se pretende que los estudiantes admitidos sean aquéllos con mayores probabilidades de éxito escolar, el principal mecanismo que nos permite seleccionar a quienes en teoría traen los mejores antecedentes académicos es el examen de admisión, más sin embargo los índices de deserción son alarmantes para el ITE (Jiménez, 2018) por lo que es de suma importancia redefinir los criterios de admisión. La investigación se realizó considerando los aspectos de escuela de procedencia, trayectoria escolar previa, resultado en el examen de admisión (EXANI II) y promedio que llevan los estudiantes en el ITE hasta el periodo de estudio (enero-junio de 2019)

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

El objetivo de esta investigación es determinar cuál de las variables (escuela de procedencia; promedio de procedencia y promedio de examen de admisión) tienen mayor validez predictiva y sea un buen estimador del éxito académico del estudiante, además analizar qué tipo de modalidad de bachillerato es el que más estudiantes aporta al ITE y si existen diferencias académicas significativas entre ellos.

La investigación se justifica en el hecho que a la fecha el ITE no cuenta con un estudio estadístico que indique si el resultado del examen de admisión (promedio obtenido) es realmente el factor más importante para seleccionar a los estudiantes como actualmente se hace o si se debe también considerar con un cierto valor porcentual el promedio de procedencia, por lo anterior resulta conveniente realizar estudios que identifiquen que variables tienen una mayor validez predictiva en el éxito académico del estudiante y que contribuya a garantizar una mayor objetividad en el proceso de selección.

El Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. (CENEVAL), es el responsable de aplicar el Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior (EXANI-II) el cual es un examen que proporciona información acerca del potencial que tienen los aspirantes para iniciar estudios de tipo superior. Es utilizado para apoyar los procesos de admisión en las instituciones de educación superior del país. Integra dos exámenes:
El EXANI-II Admisión es un instrumento que evalúa la aptitud académica, es decir, el potencial que tiene los aspirantes para iniciar estudios de nivel superior. Éste considera conocimientos y habilidades de las áreas de pensamiento matemático, pensamiento analítico, estructura de la lengua y comprensión lectora, que son consideradas como indicadores de tipo predictivo.
El EXANI-II Diagnóstico evalúa el logro académico, es decir el dominio en áreas disciplinares relacionadas con contenidos que cursaron en la educación media superior y que son fundamentales para iniciar estudios de tipo superior. Es un examen de diagnóstico y la institución tiene la opción de incluirlo o no en su proceso de admisión. Además, divide en cinco grupos de acuerdo al bachillerato de procedencia: 1 Bachillerato general; 2 Bachillerato tecnológico; 3 Profesional Técnico; 4 Bachillerato intercultural; 5 Bachillerato internacional y 6 Telebachillerato.

En el análisis de validez predictiva del EXANI II (Morales, Barrera y Garnett. 2007) reporta que el examen de Ceneval no es tan buen predictor del desempeño escolar (0.27 de correlación), ya que su predictibilidad es relativamente baja, sin embargo, al emplear el promedio de bachillerato y el puntaje de EXANI el grado de correlación es 0.38, lo que demuestra que la trayectoria escolar puede ser un buen indicador del éxito escolar al primer año en la universidad. Posteriormente, al correlacionar promedio de bachillerato y promedio del primer año se obtiene un coeficiente de 0.40 el cual es sustancialmente mayor.

Musayón (2003), en un estudio realizado en la Universidad de Lima, encontró una baja correlación directa, de escaso significado estadístico, entre el examen de admisión, basado en una prueba de conocimientos, y el aprovechamiento escolar; la investigadora concluye que la evaluación de conocimientos no permite efectuar un pronóstico adecuado del aprovechamiento académico de los alumnos. Segura, (1997), al realizar un estudio sobre la validez predictiva del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (ESCOBA) con 3,037 estudiantes de tiempo completo que ingresaron en 1994 a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), informan que ésta es menor en comparación con la correlación que hay entre los promedios de bachillerato y las calificaciones universitarias, tanto al primer semestre como después de un año.

Puede pensarse que el promedio de las calificaciones obtenidas por el estudiante en el ciclo de educación media superior (bachillerato o equivalente) podría ser un buen predictor del aprovechamiento escolar futuro de los estudiantes en el ámbito universitario. Morales et al., (2007) sugieren que en los estudios de predicción es razonable esperar correlaciones modestas, que van de 0.30 a 0.40. Arias (2006) reporta que la correlación entre el aprovechamiento escolar oficial universitario y el promedio de bachillerato, también oficial, fue de 0.592, se trata de una correlación más que aceptable. De igual forma reporta que el tipo de escuela de procedencia con mayor aprovechamiento en la carrera fue el bachillerato tecnológico o bivalente, mientras que el de menor aprovechamiento resultó el bachillerato propedéutico. Se sugiere que una combinación entre el promedio del ciclo escolar anterior y el examen de admisión es un mejor predictor, en vez de sólo este último (Armanet, Samaniego y Manzi, 2001). A no dudarlo, ciertos factores pueden intervenir en el aprovechamiento escolar, a saber: hábitos

de estudio, motivación, personalidad, expectativas, inteligencia, grado de estrés, ambiente familiar, cultura local y otros.
Soria (2014) determina que las principales variables que resultaron determinantes estadísticamente en el éxito de los estudiantes fueron, en primer lugar, las notas de enseñanza media, en segundo lugar, el puntaje obtenido en la Prueba de Aptitud Académica de Matemáticas y finalmente el número de años de desfase entre el año de egreso de la enseñanza media y el año de ingreso a la universidad.

Metodología

La presente investigación es de carácter diagnóstico por lo que se considera como un estudio de corte cuantitativo. Para el puntaje y calificación obtenida en el examen de admisión (EXANI-II), escuela y promedio de procedencia se analizaron los resultados del Ceneval proporcionados por el departamento de desarrollo académico incluyendo a 1500 solicitantes que aplicaron examen durante el 2016, 2017 y 2018 para todas las carreras que ofrece el ITE (tabla 1).

Tabla 1. Población de estudiantes utilizados para determinar el puntaje y calificación obtenida en el examen de admisión (EXANI II)

Carrera	Alumnos que aplicaron examen
Ing. en Gestión Empresarial	301
Lic. en Administración	83
Ing. Industrial	461
Ing. en Mecatrónica	189
Ing. Electromecánica	275
Ing. en Electrónica	52
Ing. en Sistemas Comp.	139
total	1500

Se aplicó estadística descriptiva para generalidades, para determinar la correlación entre el promedio de bachillerato y el promedio obtenido en el examen de admisión se aplicó el modelo de regresión lineal simple. Para determinar si el promedio obtenido en el examen de admisión tiene relación con el bachillerato de procedencia, se aplicó la prueba de Fisher de comparación de medias (diferencia mínima significativa) con un nivel de confianza del de 95%, de igual manera para determinar si hay diferencias significativas entre los bachilleratos de procedencia. Para determinar si el promedio obtenido en el examen de admisión está en relación con la carrera solicitada se utilizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) y prueba Fisher con 95% de confianza.

Para determinar cuál de las variables (examen de admisión o promedio de procedencia) tienen mayor validez predictiva en el éxito académico de los estudiantes del ITE, solo se consideraron 320 estudiantes de las carreras de Lic. en Administración., Ing. en Gestión Empresarial., Ing. en Mecatrónica y Ing. en Sistemas Computacionales (tabla 2), además de aplicar las herramientas estadísticas ya mencionadas, para realizar estimaciones de calificaciones de estudiantes se utilizó la ecuación de regresión lineal múltiple con tres variables independientes (modalidad de bachillerato, promedio de procedencia y calificación del examen de admisión). El software utilizado fue Minitab 18.

Tabla 2. Población sujeta de estudio al desempeño académico en el ITE

Carrera	Alumnos vigentes en agosto-diciembre de 2018 (Generación 2016, 2017 y 2018)
Lic. en Administración	36
Ing. en Gestión Empresarial	107
Ing. en Mecatrónica	104
Ing. en Sistemas Comp.	73
total	320

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

El Índice Ceneval (ICNE) y Promedio Ceneval (PCNE) correspondiente a cada una de las carreras que oferta el ITE durante el periodo de estudio que incluye a todos los solicitantes que aplicaron examen de admisión (EXANI-II) los años 2016, 2017 y 2018, se muestran en la tabla 3. Se observa que la carrera que obtiene el puntaje más alto es Electrónica y el puntaje más bajo le corresponde a Administración. Al aplicar la prueba de regresión lineal simple para determinar si existe correlación entre el promedio de bachillerato y el promedio obtenido en el examen de admisión, se observa que aunque existe ligera diferencia entre carreras, esta de manera general es débil $(r = 0.27)$ por lo que no hay suficiente evidencia para asegurar que de acuerdo a su promedio de procedencia será su calificación en el examen de admisión.

Tabla 3. Puntaje Ceneval, calificación en examen de admisión, promedio de bachillerato y correlación.

Carrera	ICNE	PCNE	Promedio de Bachillerato	Correlación entre promedio de bachillerato y resultado del EXANI- II
Electrónica	1038.95	56.48	8.46	0.36
Sistemas	1032.72	55.45	8.41	0.22
Mecatrónica	1031.19	55.2	8.38	0.29
Electromecánica	996.23	49.36	8.24	0.17
Industrial	984.78	47.46	8.26	0.28
Gestión Empresarial	977.79	46.29	8.25	0.18
Administración	949.46	41.57	8.0	0.39
ITE	1001.58	50.25	8.28	0.27

La prueba de comparación de medias de Fisher nos muestra que existen tres grupos que muestran una igualdad estadística entre sí de acuerdo a la calificación obtenida en el examen de admisión en el periodo de estudio. (figura 1 y tabla 4)

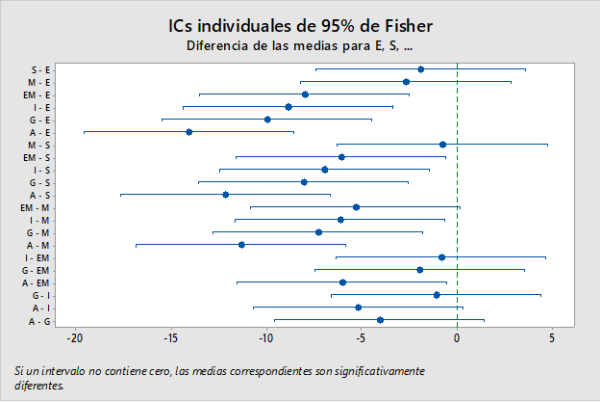


Figura 1. Igualdad de medias de acuerdo a la prueba de Fisher

Tabla 4. Grupos estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher

Grupo	Igualdad
1 (fuerte)	Electrónica = Sistemas = Mecatrónica
2 (fuerte)	Electromecánica = Industrial = Gestión
3 (moderada)	Administración = Gestión

De acuerdo al número de estudiantes que aporta cada una de las modalidades de bachillerato de procedencia, se observa que la que más aporta es el bachillerato tecnológico (2) y los menos provienen de la profesional técnica (3), (tabla 5). La calificación promedio obtenido en el examen de admisión durante el periodo de estudio de acuerdo al bachillerato de procedencia se observa que el más alto corresponde al bachillerato general (1), seguido del bachillerato tecnológico (2) por último el profesional técnico (3). De acuerdo al promedio de bachillerato de procedencia se aprecia que el más bajo corresponde al bachillerato general, seguido del tecnológico y el profesional técnico.

 ISSN 2007-8102

Tabla 5. Estudiantes por modalidad de procedencia, proporción, promedio en Exani-II y promedio de prepa

Modalidad de bachillerato	No. de alumnos	%	Promedio en examen de admisión	Promedio de bachillerato
1	465	31.27%	51.29	8.03
2	789	53.07%	50.4	8.40
3	233	15.66%	47.21	8.40

Para determinar si el promedio obtenido en el examen de admisión de acuerdo al bachillerato de procedencia es estadísticamente diferente, de acuerdo a la prueba de Fisher para comparación de medias con un nivel de confianza del de 95%, se comprueba que no importa de qué modalidad de Bachillerato provengan, la calificación que obtienen en el examen de admisión es estadísticamente igual entre los tres modelos (Figura 2). De acuerdo al promedio de procedencia la prueba de comparación de medias de nos muestra que el promedio que traen los estudiantes provenientes del Bachillerato general es estadísticamente diferente al de los del Bachillerato tecnológico y Profesional técnico el cual es igual entre ambos (figura 3)

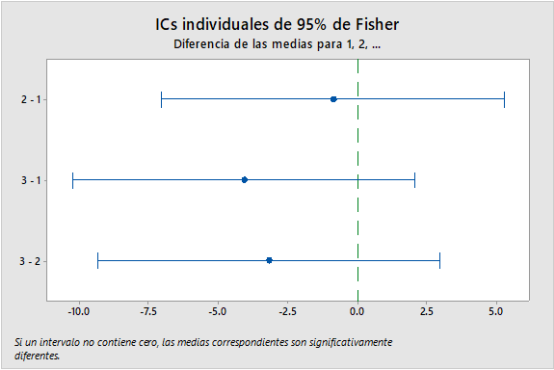


Figura 2. Comparación de medias de Fisher para resultado en Exani-II de acuerdo a la modalidad de procedencia

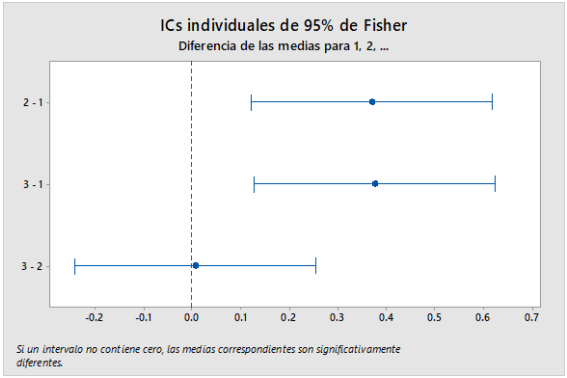


Figura 3. Comparación de medias de Fisher, para los promedios de bachillerato de procedencia

En lo concerniente al desempeño académico observado para los alumnos vigentes a la fecha y que ingresaron durante los periodos de 2016, 2017 y 2018 para las carreras de Ing. en Sistemas, Ing. en Mecatrónica, Ing. en Gestión Empresarial y la Lic. en Administración, observamos que la calificación promedio que mantienen hasta el momento en relación a modalidad de bachillerato de procedencia, promedio de bachillerato y promedio obtenido en el examen de admisión (EXANI-II) es ligeramente diferente entre las Ingenierías y la carrera de Administración (tabla 6). Se observa que para Administración aun y cuando el promedio de procedencia y el promedio obtenido en el examen de admisión son más bajos que para Ingenierías, el promedio que llevan en el ITE es ligeramente superior que estas.

Tabla 6. Calificación promedio que llevan los estudiantes de Ingeniería y administración en relación a la modalidad de bachillerato de procedencia

Modalidad de bachillerato	Ingeniería			Administración		
	Promedio de bachillerato	Promedio examen de admisión	Promedio que llevan en el ITE	Promedio de bachillerato	Promedio examen de admisión	Promedio que llevan en el ITE
1	8.32	57.43	75.23	7.81	36.08	77.83
2	8.54	55.5	77.94	8.2	43.39	83.28
3	8.62	52.09	73.7	7.82	47.04	75.58

En relación a la calificación obtenida en el examen de admisión, existen grupos de carreras que muestran igualdad entre sí (tabla 4) Mecatrónica-Sistemas y Gestión-Administración. En la tabla 7 se observa el promedio de calificaciones que hasta el momento llevan los estudiantes vigentes para ambos grupos en relación al promedio

de bachillerato, se aprecia que el promedio es más significativo para Gestión-Administración, refleja además una relación significativa con el promedio de procedencia.

Tabla 7. Calificación actual de alumnos vigentes en relación al promedio de bachillerato.

Promedio de bachillerato	Mecatrónica y Sistemas		Gestión Empresarial y Administración	
	Promedio que llevan en el ITE	Proporción de estudiantes	Promedio que llevan en el ITE	Proporción de estudiantes
6.0 - 6.9	-	-	-	-
7.0 - 7.9	67.8	19.40%	78.55	27.86%
8.0 - 8.9	70.9	43.47%	83.45	59.50%
9.0 - 10	79.45	37.03%	89.7	12.62%
	$\bar{X}$ =72.71	-	$\bar{X}$ = 83.9	-

Con relación al promedio obtenido en el examen de admisión para ambos grupos se muestran en la tabla 8. Se observa un contraste con los dos grupos pues mientras el primeo obtiene los promedios más altos en el examen de admisión (tabla 1) la calificación obtenida hasta el momento en el ITE es menor que lo que se esperaría, mientras que para el segundo grupo quienes obtienes las calificaciones más bajas en el examen de admisión estos manifiestan los promedios más altos hasta el momento en el ITE. Es evidente que para las carreras de Gestión Empresarial y Administración no existe una relación significativa entre la calificación obtenida en el examen de admisión con la calificación que llevan los estudiantes vigentes hasta el periodo de estudio.

Tabla 8. Calificación actual de alumnos vigentes en relación al promedio obtenido en el examen de admisión.

Promedio examen de admisión	Mecatrónica y Sistemas		Gestión Empresarial y Administración	
	Promedio que llevan en el ITE	Proporción de estudiantes	Promedio que llevan en el ITE	Proporción de estudiantes
20 – 29	-	-	76.68	19.02%
30 – 39	65.36	7.02%	82.8	26.47%
40 – 49	66.04	18.72%	82.39	23.73%
50 – 59	72.60	26.88%	83.66	14.61%
60 - 69	77.39	23.93%	88.79	7.61%
70 - 79	77.63	15.15%	93.19	6.68%
80 - 89	83.42	6.79%	95	1.87%
90 - 100	-	-	-	-
$\bar{X}$	73.74		86.07	

Para determinar la validez predictiva tanto del EXANI-II, y el promedio de bachillerato se realizó con base en el análisis estadístico de la relación entre dos variables, calificación obtenida en el examen de admisión y el promedio al primer, tercer y quinto semestre en el ITE. En la tabla 9 se observa que, aunque existen diferencias entre las carreras se puede generalizar que la correlación entre el promedio de bachillerato y el promedio observado al 1er semestre es débil (0.17), pero esta mejora significativamente en el 3er y 5to semestre (0.40 y 0.43) lo que es una correlación aceptable para realizar estimaciones. La correlación entre el EXANI-II y el promedio en el ITE excepto para el primer semestre (0.31), el ligeramente menor en el tercer y quinto semestre (0.39 y 0.39). podemos concluir que ambas variables son buenas predictores, pues tienen correlaciones muy similares.

Tabla 9. Correlación entre el promedio de bachillerato y el promedio del Exani–II con relación al promedio que llevan en el ITE.

	Correlación entre promedio de bachillerato y promedio en el ITE			$\bar{X}$	Correlación entre promedio del Exani-II y promedio en el ITE			$\bar{X}$
	1er sem.	3er sem.	5to sem.		1er sem.	3er sem.	5to sem.	
Sistemas	0.14	0.49	0.58	0.40	0.33	0.43	0.63	0.46
Mecatrónica	0.17	0.35	0.51	0.34	0.22	0.28	0.33	0.27
Gestión	0.24	0.37	0.28	0.30	0.38	0.42	0.31	0.37
Administración	0.13	0.42	0.36	0.30	0.32	0.46	0.31	0.36
$\bar{X}$	0.17	0.40	0.43		0.31	0.39	0.39	

Dado que cada programa académico es muy especial, un modelo matemático que nos ayuda a realizar estimaciones aceptables del comportamiento futuro del estudiante es la ecuación de regresión lineal múltiple con tres variables independientes (modalidad de bachillerato, promedio de bachillerato y promedio del EXANI II). En la tabla 10 se observan las ecuaciones correspondientes a cada programa académico y su correlación.

Tabla 10. Ecuación de Regresión lineal múltiple (con tres variables independientes) y coeficiente de correlación

	Ecuación de regresión lineal múltiple	
Sistemas	Y = -12.039 – 2.643(MOD-BACH) + 7.595(PROM-BACH) + 0.431(PROM-EXA)	0.52
Mecatrónica	Y = 10.051 + 0.214(MOD-BACH) + 5.806(PROM-BACH) +0.222(PROM-EXA)	0.34
Gestión	Y = 39.977 – 0.840(MOD-BACH) + 3.226 (PROM-BACH) + 0.2866(PROM-EXA)	0.40
Administración	Y = 26.241 – 0.631(MOD-BACH) + 6.051 (PROM-BACH) + 0.2033(PROM-EXA)	0.42

Conclusión

Las carreras de Electrónica, Sistemas y Mecatrónica son las que presentan los promedios más altos en el examen de admisión por encima de la media nacional lo cual nos indica que los alumnos de estas carreras presentan el mayor potencial académico. El coeficiente de correlación entre el promedio de bachillerato y el promedio obtenido en el examen de admisión es débil, por lo que no existe correlación fuerte entre ambas variables. La población estudiantil que aportan los diferentes modelos de bachillerato al ITE son el bachillerato tecnológico con un 53.07%, el bachillerato general con 31.27% y el profesional técnico con un 15.66%. El promedio obtenido en el examen de admisión de acuerdo al tipo de bachillerato de procedencia es estadísticamente igual. De acuerdo a la prueba de Fisher con un 95% de nivel de confianza se observa que la modalidad de bachillerato de procedencia no influye para su desempeño académico mostrado en el ITE. La calificación promedio que llevan los estudiantes hasta el momento manifiesta una mejor correspondencia a el promedio de procedencia que al promedio obtenido en el examen de admisión. El modelo matemático que nos ayuda a realizar estimaciones aceptables del comportamiento futuro del estudiante es la ecuación de regresión lineal múltiple con tres variables independientes (modalidad de bachillerato, promedio de bachillerato y promedio del EXANI-II) correspondientes a cada programa académico. La variable que muestra la mayor validez predictiva es el promedio de bachillerato, aunque la correlación al 1er semestre es débil (0.17), esta mejora significativamente en el 3er y 5to semestre (0.40 y 0.43), en cambio la observada para el EXANI-II, excepto para el primer semestre (0.31) es ligeramente menor en el tercer y quinto semestre (0.39 y 0.39). Al momento de seleccionar a los aspirantes a ingresar al ITE se sugiere que esté en relación a 50% promedio de procedencia y 50% examen de admisión.

Bibliografía

1. Arias, G. & Chávez, A. (2006). El aprovechamiento previo y la escuela de procedencia como predictores del aprovechamiento futuro: un caso. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, vol. 11, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 5-22 Consejo Nacional para la Enseñanza en Investigación en Psicología A.C. Xalapa, México
2. Armanet, P., Samaniego, A. & Manzi, J. (2001). Foro debate en la FECH: Posturas enfrentadas, notas de enseñanza media. *Portal Universidad Chile S. A.* Disponible en línea: http://www.universia.cl/
3. Jiménez, R., Carrillo, D.A., Granados, J.R., &. Romero, J.G.H. (2018). Deserción, Reprobación y Eficiencia Terminal del Instituto Tecnológico de Ensenada. *Journal CIM Vol. 6, Núm. 1 Coloquio de Investigación Multidisciplinaria 2018.*
4. Morales, R., Barrera, A, & Garnett, E. (2007) Validez predictiva y concurrente del EXANI ll, en la Universidad Autónoma del Estado de México. Congreso Nacional de Investigación Educativa
5. Musayón, 0., 2003). Relación entre el puntaje de ingreso y el rendimiento académico en el segundo año de las alumnas de Enfermería ingresantes entre los años 1994-1997 en una universidad peruana. Disponible en línea: http://www.unam.mx/udual/revista/22/relaenfermeria.htm (consultada el 16 de mayo de 2019).
6. Soria, k., & Zúñiga, S. (2014). Aspectos Determinantes del Éxito Académico de Estudiantes Universitarios. Formación Universitaria Vol. 7(5), 41-50 (2014)
7. Segura, T., Backhoff, E., Larrazolo, N., & Rosas, M. (1997). Validez predictiva del Examen de Habilidades y conocimientos Básicos (exhcoba). Revista Mexicana de Investigación Educativa, 2 (3)

Difusión de las disciplinas STEM a niños y jóvenes en los Institutos Tecnológicos

K. A. Jiménez Martínez[1], M.E. Guerrero Sánchez[1], E. Ramírez García[1], A. Herrera Vázquez[1,] L.Y. Solano Uscanga[1]*
[1] Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, Carretera Antigua Minatitlán-Coatzacoalcos Km. 16.5, Reserva Territorial, C.P. 96536, Coatzacoalcos, Veracruz, México
**isc.karlajimenez@gmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Se presenta una propuesta de creación de estrategias impulsadas por los Institutos Tecnológicos del Estado de Veracruz cuyo objetivo es la difusión de las disciplinas STEM en niños y jóvenes, diseñando cursos que fomenten el interés y gusto por áreas tales como programación, química, robótica, diseño digital entre otras. Actualmente existen iniciativas en la capital del estado, sin embargo, al contar con el apoyo y la infraestructura de los Institutos Tecnológicos se ampliaría la cobertura para permitir a un mayor número de estudiantes acceder a ésta capacitación.

***Palabras clave**: STEM, Desarrollo Sostenible, jóvenes.*

Abstract

A proposal of creation of strategies promoted by the Technological Institutes of the State of Veracruz is presented whose objective is the diffusion of the STEM disciplines in children and young people, designing courses that foment the interest for areas such as programming, chemistry, robotics, design digital among others. Currently there are initiatives in the state capital, however, having the support and infrastructure of the Technological Institutes would expand the coverage to allow a greater number of students to access this training.

***Key words**: STEM, Sustainable development, Young people.*

Introducción

La educación avanza vertiginosamente hacia el mundo digital y las nuevas tecnologías, de los libros y los apuntes se ha emigrado a las computadoras, dispositivos móviles, uso de redes sociales, plataformas colaborativas de aprendizaje y las tareas online. La comunicación con el profesor vía email o servicios de mensajería se ha tornado como parte de la rutina de retroalimentación, valores como la competencia digital, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, son incorporados en los conocimientos curriculares de todas las asignaturas.
El acrónimo STEM (de los vocablos *Science, Technology, Engineering y Mathematics*, en la lengua inglesa) empieza a utilizarse en la comunidad educativa en los años 90. Desde entonces, su uso se ha expandido continuamente hasta abarcar casi todo lo relacionado con estas áreas. “El término es muy popular y no existe una definición única ni universal para el mismo” (Vilorio, 2014 citado en Andrade, 2018). Los expertos generalmente coinciden en definir STEM como un campo de la actividad humana en donde convergen la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas para tratar de comprender cómo funciona el mundo natural y social o solucionar una meta en común (Andrade, 2018). De acuerdo a Visión STEM para México esta metodología de estudios se ha convertido en una tendencia mundial relacionada con el aprendizaje formal, no formal e informal. En la educación formal e informal, implica la inclusión en los planes y programas de estudio prácticas y proyectos que abordan la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas de manera interdisciplinaria, transdisciplinaria e integrada, con un enfoque vivencial y de aplicación de conocimientos para la resolución de problemas. Este enfoque busca formar en los individuos las habilidades clave que les permiten desenvolverse exitosamente como ciudadanos globales en el Siglo XXI, tales como el pensamiento creativo, reunir evidencias y hacer uso efectivo de la información y el trabajo colaborativo . Todos estos, aspectos esenciales para la innovación, el desarrollo sostenible y el bienestar social. Desde entonces, su implementación se ha convertido en uno de los objetivos más importantes de los sistemas educativos de países como los EE. UU., Reino Unido, Finlandia o los que conforman

la Unión Europea, y ahora en México, pero, más allá de estos planteamientos a futuro, y ciñéndose en el presente, la educación STEM es de suma importancia ya que promueve una cultura de pensamiento científico para la toma de decisiones del alumnado, lo que resulta muy útil tanto dentro como, fuera del aula, además permite la adquisición de una serie de conocimientos tecnológicos y científicos, aplicables a cualquier posible situación que pueda aparecer en el futuro, desde una perspectiva integrada. Otro aspecto relevante es que la integración del conocimiento permite una mayor conciencia de las relaciones entre las diferentes áreas del saber, asegurando un mayor grado de participación en los proyectos resultantes.

Desde un punto de vista global, la automatización tanto en los procesos productivos como de gestión y análisis de información es cada vez más universal e implica más actividades. A pesar de los altos índices de desempleo entre la población más joven, a nivel mundial la formación en estas áreas es escasa. Las empresas demandan de forma creciente y urgente profesionales formados en ciencia y tecnología para poder afrontar los nuevos retos, pero se encuentran con grandes dificultades a la hora de contratar estos perfiles, debido a que los sistemas educativos caminan más lento y la transformación de la educación no se produce al ritmo que exige la producción mundial. Se requiere que las personas aprendan a pensar de manera diferente. En este mundo digital el éxito no siempre requiere un título universitario, sino que depende en gran medida estar consciente de la necesidad de constante actualización y desarrollo de habilidades. Resulta imprescindible fomentar la curiosidad y las habilidades para que las personas aprendan a aprender por si solas, para permanecer vigentes durante largos periodos de sus carreras profesionales. Actualmente resulta muy importante ayudar a las personas a superarse y prepararse para el futuro en muy corto tiempo. Las nuevas tecnologías pueden ser caras y requerir personas con habilidades especiales, por lo que los empleadores aún están dudando en implementar la automatización y prescindir de los trabajadores (ManpowerGroup, 2018).

Para tratar de acortar esta distancia entre formación y necesidades productivas, las empresas están optando por capacitar a los nuevos empleados en las destrezas que se requieren de forma urgente o incluso pagando una formación externa. Los Gobiernos, por su parte, empiezan a colaborar con el sector empresarial y promueven políticas encaminadas a alentar una vocación científica o tecnológica en los más jóvenes. La urgencia de la educación STEM ha sido impulsada por el imperativo de la fuerza laboral y la necesidad de satisfacer una demanda creciente de empleos STEM, se trata de un enfoque de enseñanza interdisciplinar, relacionada con el contexto del mundo real.

Metodología

Revisión de antecedentes

Actualmente, no hay jóvenes que elijan carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés). Esto podría llevar a una escasez de talento para las empresas del sector. Alistair Cox, CEO de Hays, afirma que los padres, las instituciones educativas, las empresas y los gobiernos de todo el mundo deben focalizarse en este problema, y animar a más jóvenes a participar en las materias STEM. Los objetivos de la educación STEM, en todos los niveles de la educación, incluyen el desarrollo del interés científico de los estudiantes y su capacidad para resolver problemas auténticos con el objetivo de que el conocimiento de la ciencia se utilice para la comprensión del mundo actual. Además, los estudiantes podrán utilizar nuevas herramientas tecnológicas y entender cómo la tecnología afecta al mundo que les rodea, para darse cuenta de la importancia de la ingeniería en el mundo real y cómo están vinculados entre sí.

El INEGI menciona que el 78.22% de los estudiantes de 18 años en México, no está interesado en dedicarse a la ciencia. Por ello, es fundamental revertir estos indicadores, basándose en impulsar el movimiento STEM a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y asegurar un mercado laboral más preparado y equitativo. De acuerdo con Amina J. Mohammed, Vicesecretaria General de las Naciones Unidas *“Los ODS son mecanismos apropiados que permitirán a la población y a sus dirigentes de forma conjunta, participar en la búsqueda de consensos sociales y disminuir las brechas.”* El 25 de septiembre de 2015 más de 150 líderes mundiales asistieron a la Cumbre de las Naciones Unidas con el fin de aprobar la Agenda para el Desarrollo Sostenible. El documento final, titulado “Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, fue adoptado por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas. Dicho documento, incluye los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) cuyo principal enfoque es poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático sin que nadie quede atrás para el 2030. Según UNESCO (2012), la educación STEM es el sustento de la Agenda 2030 logrando proporcionar a través de estas asignaturas, los conocimientos, habilidades, aptitudes y conductas necesarias para crear sociedades inclusivas y sostenibles, de acuerdo con Irina Bokoya directora de la UNESCO *“La ciencia es el motor, el combustible y el acelerador del desarrollo sostenible: por lo que la ciencia debe estar presente en la formación de los ciudadanos de todas las sociedades.”*

 ISSN 2007-8102

Estas disciplinas no solo se posicionan como una oportunidad para jóvenes, también representa la atracción y retención de mejores talentos que aporten de manera positiva a las empresas que trabajan en el campo de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Para ello, contempla el planteamiento de situaciones de la vida real que pondrán en juego, además de conocimientos, los modos de pensamiento propios de cada disciplina, incluido también el pensamiento computacional más reciente, obteniendo como resultado el interés de los niños y jóvenes del Municipio de Coatzacoalcos sobre las disciplinas STEM que a su vez permitirán diseñar estrategias de vinculación entre el Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos y las instituciones de nivel básico y medio superior para difundir y promover estas disciplinas. Este hecho se espera que permee en la demanda de jóvenes interesados en estudiar carreras que contemplen estas disciplinas y de igual forma para los que no se decidan por continuar en esta área de formación, los dotes de habilidades y competencias necesarias para la resolución de problemas que son necesarias en cualquier profesión hoy en día.

Algunos ejemplos de carreras consideradas STEM:

Ciencia: Biotecnología, Medicina, Enfermería, Genética, Química o Física entre otras.
Tecnología: Sistemas Computacionales, Informática, Telecomunicaciones, Robótica, Software, etcétera.
Ingeniería: Ingeniería Naval, de Obras Públicas, Electrónica, Arquitectura.
Matemáticas: Matemáticas, Estadística, Economía, Análisis de Sistemas, Física.

Todas estas carreras se pueden decir que son las más conocidas por la sociedad, pero lo cierto es que en la actualidad están surgiendo nuevas disciplinas que intentan dar respuesta a las nuevas demandas de las empresas y la sociedad actual. Las nuevas titulaciones STEM están relacionadas con el tratamiento de los datos (Big Data), la realidad virtual y la realidad aumentada, el Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés), la Bioinformática, por mencionar algunas.

Hoy en día, México se enfrenta a la 4ta. Revolución Industrial, al igual que en el resto del mundo, y diversas investigaciones indican que los países de Latinoamérica aún no se han integrado de forma efectiva la Educación en STEM y que los jóvenes prefieren las Ciencias Sociales. Para ello, se observa claramente en la figura 1, cómo en México, existe una inclinación más fuerte hacia el estudio de las ciencias sociales que en carreras STEM en el grado de licenciaturas.

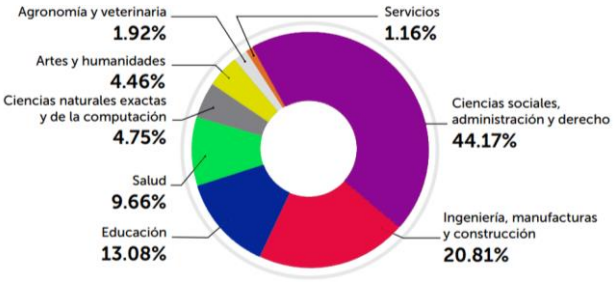


Figura 1 Distribución porcentual por campo de la Ciencia
grado Licenciatura (2016) CONACYT

Además, en México se requiere impulsar la elección de carreras en STEM y también la inclusión de más mujeres en éstas. De acuerdo con los Anuarios Estadísticos de Educación Superior de la ANUIES, 2016-2017, en las carreras de Educación en STEM, el porcentaje de hombres era del 58% mientras que el de las mujeres era del 42%. Esto repercute en la brecha salarial entre hombres y mujeres mexicanos, ya que de acuerdo al Observatorio Laboral de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social “se observa que las ingenierías pagan un 32% más, que las carreras en el área de educación, a su vez, las carreras del área físico-matemáticas pagan un 19% más, que el área de las Ciencias Sociales” (Gómez, 2018) Un comunicado del Senado de la República (2017) menciona que: Según el Anuario Estadístico de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, durante la década de 1990 el porcentaje de mujeres estudiando matemáticas incrementó pasando de 17.3% a 32.9%, en ingenierías de 15.7% a 23.6%, en biología de 20.8% a 49.7%, y en química de 42.6% a 52.3%.

 ISSN 2007-8102



Figura 2 Porcentaje de Hombres y Mujeres en carreras STEM (2017) ANUIES

Resultados y discusión

El instrumento de investigación utilizado en este proyecto es una encuesta, aplicada a una población de 332 alumnos entre 2do, 4to, y 6to semestre del Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz Plantel #68, con dirección en calle Barro Seco #453, Cd Olmeca, Coatzacoalcos, Ver.

Tabla 1. Población detallada. Fuente: Elaboración propia.

Semestre	Cantidad de Alumnos encuestados
2do.	**127**
4to.	**108**
6to.	**97**
TOTAL	332 alumnos

Por medio de la cual se pretende conocer los intereses vocacionales de alumnos próximos a egresar e iniciar una carrera universitaria, y así saber su inclinación por las distintas ramas de la ciencia. Los resultados que se muestran a continuación están basados en una muestra de 172 alumnos con un Nivel de confianza del 95% y un margen de error de 5%. Al aplicar la encuesta se obtuvieron los datos siguientes:
La edad de los encuestados radica entre los 16 y 17 años, con un porcentaje del 70.4%, seguido de jóvenes que ya son mayores de edad con el 29.6%.

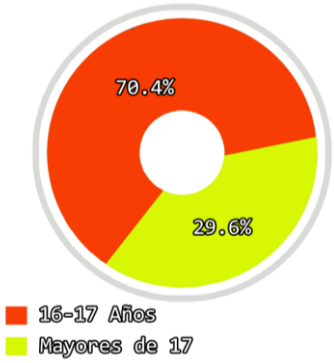


Figura 3 Porcentaje de edad de los encuestados (2019) Elaboración propia

Ésta es la edad promedio en la que un joven hará su transición al nivel Superior, donde deberá tomar una de las decisiones más importantes en su formación académica y profesional, esto debido a que la carrera que elijan cursar será la que les dará su principal sustento en la vida diaria.

Una de las principales problemáticas es la poca participación femenina en estas áreas, debido a que se presenta un tabú en cuanto a que la mujer pueda desempeñarse en áreas como ciencia y tecnología, en este grupo de encuestados se visualiza que la participación de ambos sexos el femenino, tanto como el masculino, están en porcentajes similares, aun así, predominando el género masculino con el 53.3%.

 ISSN 2007-8102

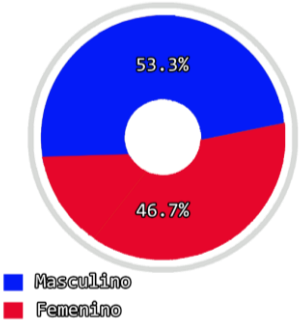
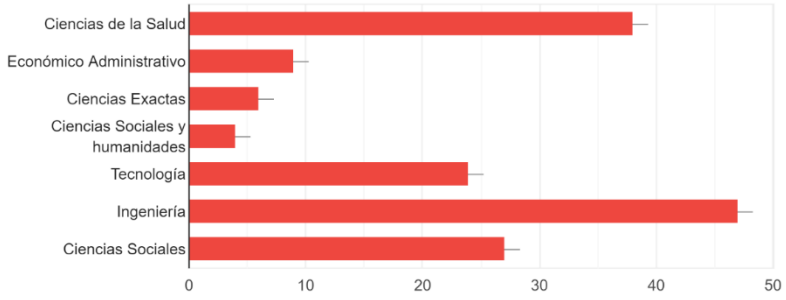


Figura 4 Género de los encuestados

Con la siguiente pregunta se pretende conocer la inclinación por las distintas áreas en las que se puede desempeñar un profesionista de acuerdo con sus intereses personales. Los resultados muestran que el 35.1 % de los encuestados eligió la Ingeniería como su primera opción, seguido del 28.4% que se inclina por el área de Ciencias de la Salud.

Tabla 2. Inclinación por diferentes áreas del Profesionista. (2019) Fuente: Elaboración propia.



El gusto por desarrollar las matemáticas en el ámbito profesional es complicado por el hecho de que el alumno cree que se les dificultará, de tal manera que la ruta de escape principal es la inclinación por el área de humanidades, dándole un repunte a carreras como Derecho y Administración, y de la misma manera, es un problema de deserción debido a que estas elecciones no se realizan por vocación, sino por evitar materias como matemáticas, álgebra, cálculo, etcétera. En la muestra, más del 60% de los alumnos, sí tienen gusto por las matemáticas.

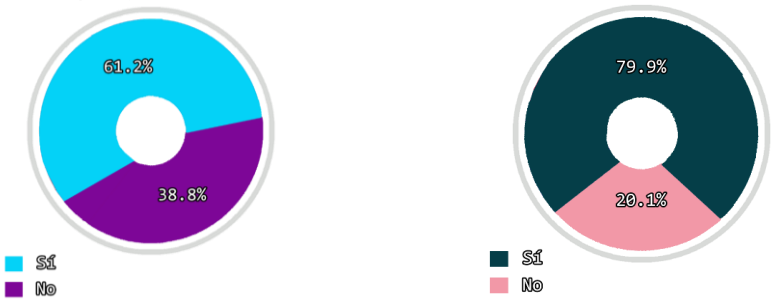


Figura 5 Interés por las matemáticas (a) e Interés por la programación de computadoras (2019). Elaboración propia.

También, de manera opcional se cuestionó a la muestra sobre su gusto por aprender la programación de computadoras y casi el 80% contestó afirmativamente, esto dando un parámetro favorable para la implementación de los talleres de las diferentes disciplinas STEM.

Tomando en consideración el contexto, según el censo de la Secretaría de Educación de Veracruz (SEV), en el ciclo escolar 2018-2019, se tiene un total de 12,110 alumnos matriculados en alguna escuela del nivel medio superior en el municipio de Coatzacoalcos, por lo tanto, el Instituto Superior de Coatzacoalcos, quiere tomar la iniciativa de crear un modelo que permita guiar a los alumnos egresados del bachillerato por medio de Cursos y Talleres a tomar una decisión más clara y concisa en cuanto a la elección de su profesión.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Matrícula del EMS en Coatzacoalcos, Ver “Ciclo 2018-2019”. Fuente: COPLADEVER 911.

Nivel Educativo	Escuelas	Mujeres	Hombres	Total
Bachillerato	49	6,088	6,022	12,110

Con la implementación de esta propuesta en el ITESCO, se tendría la posibilidad de potenciar en los niños y jóvenes de su área de influencia el interés en las disciplinas STEM. Para operar este programa se contará con quienes impartirían los cursos, con base en el diseño hecho por docentes especialistas en cada una de las áreas.

Trabajo a futuro

Actualmente se trabaja en el diseño de cursos para jóvenes en la materia de Fundamentos de Programación a alumnos de nuevo ingreso a través de la herramienta LEARN JAVA, misma que proporciona información teórica, videos y actividades de autoevaluación para dar seguimiento al aprendizaje del alumno,esta plataforma iniciará su operación en el semestre Agosto Diciembre en los grupos de nuevo ingreso de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. A continuación se muestran las interfaces principales de éste sistema

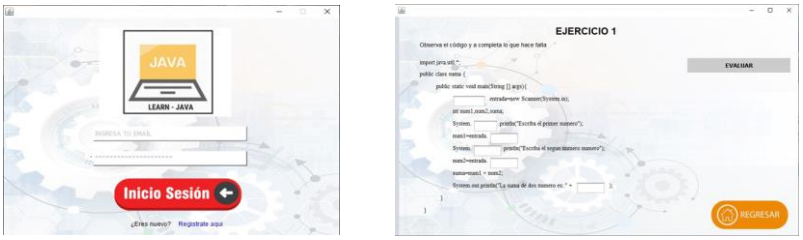


Figura 6 Interfaz de software LEARN JAVA (2019) Elaboración propia



Figura 7 Ejercicios de repaso sobre programación en Java

Por otro lado se elabora un curso enfocado a niños para iniciarlos en la programación utilizando la herramienta SCRATCH es un proyecto del Grupo Lifelong Kindergarten del Laboratorio de Medios del MIT, con el que se pueden programar historias interactivas, juegos, y animaciones, así como también compartir el trabajo con otros miembros de la comunidad en línea, Scratch ayuda a los jóvenes a aprender a pensar de forma creativa, a razonar sistemáticamente, y a trabajar colaborativamente; habilidades esenciales para la vida en el siglo XXI.

Se encuentran trabajando 2 alumnos de Residencias Profesionales y 2 de Servicio Social de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Posteriormente se desarrollará una plataforma colaborativa que concentre las diferentes herramientas STEM que hoy en día se encuentren, así como la oportunidad de conformar una comunidad STEM destinada a compartir información, estrategias y buenas prácticas entre docentes y alumnos interesados en compartir su conocimiento.

Conclusiones

Actualmente, en la sociedad se requiere ser especialista en varios campos, al estar muchos de ellos interrelacionados. Los trabajos han pasado de ser muy locales a muy globalizados. También los modelos educativos han cambiado, pasando de un modelo estático a otro en constante cambio y, por lo tanto, con

necesidades continuas de conocimiento y aprendizaje. La educación STEM puede apoyar a las personas en estar mejor preparadas para afrontar los desafíos de estos tiempos que están caracterizados por la alta tecnificación, la creatividad, la innovación y la interacción. Culturalmente, el siglo XXI es un espacio multidisciplinar. Si bien es cierto que en nuestra sociedad necesitamos perfiles con una profunda formación y conocimiento de las Ciencias Sociales, el contexto mundial nos demanda un impulso urgente a las carreras STEM. Es esencial encender la curiosidad y brindar las herramientas de indagación a los niños mexicanos desde pequeños. También significa crear trayectos formativos estratégicos y generar información en torno a las condiciones de empleabilidad que ofrecen diversas carreras, para que los jóvenes la tomen decisiones informadas sobre su futuro y puedan gestionar sus aspiraciones con base en evidencias. La educación es un derecho permanente durante toda la vida, que debe extenderse a las etapas que más puedan ayudar a desarrollar el potencial de las personas para vivir vidas plenas en sociedad y realizar actividades económicas productivas. Implica no solamente el derecho a la educación escolarizada, sino a vivir en un entorno que proporcione medios educativos que faciliten el despliegue de las capacidades de la persona.

La posibilidad de realizar actividades de difusión de las disciplinas STEM como parte de un programa articulado permitirá ampliar la cobertura de las acciones realizadas por organismos tales como el Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, ya que actualmente oferta cursos en Verano pero centralizados en la Ciudad de Xalapa, capital del estado. La sinergia entre este organismo y los Institutos Tecnológicos permitiría la ampliación de la cobertura de ésta capacitación.

Referencias

1. Anuarios Estadísticos de Educación Superior - ANUIES. (2019). Recuperado de: http://www.anuies.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior
2. Andrade, J. (2018). El modelo de las 5E como herramienta pedagógica eficaz para las prácticas STEM, Documento de trabajo.
3. Bonet, A.; Meier, C.; Saorín, J.L.; de la Torre, J.; Carbonell, C. (2017). Tecnologías de diseño y fabricación digital de bajo coste para el fomento de la competencia creativa. Arte, indiv. soc. 29(1): 89104. http://revistas.ucm.es/index.php/ARIS/article/view/51886/50182.
4. Cursos de Inducción a las HCT 2019. (2019). Recuperado de http://covecyt.gob.mx/cursos-de-induccion-a-la-cti-2019
5. Dirección de Educación Tecnológica del Estado de Veracruz» Planteles del Sistema de Educación Tecnológica. (2019). Recuperado de: http://www.sev.gob.mx/educacion-tecnologica/planteles-del-sistema-de-educacion-tecnologica/
6. Educando en México – Educando. (2019). Recuperado de https://worldfund.org/site/es/mexico/
7. ManpowerGroup (2018). Encuesta de Escasez de Talento 2018. Recuperado de: https://www. manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/ manpowergroup/db65d29b-c8d3-46e9-9af5-fed9ef38a9d0/MG_EscasezdeTalentoMexico2018. pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_ TO=url&CACHEID=db65d29b-c8d3-46e9-9af5- fed9ef38a9d0
8. Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible. (2019). https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/
9. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019).*Descifrar el código:La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)* [Ebook] (1st ed.). Paris, Francia. Recuperado de: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649/PDF/366649spa.pdf.multi
10. Victor, L. (2019). Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías. Recuperado de https://www.um.es/ead/red/58/lopez_et_al.pdf
11. Secretaría de Educación. (2019). Recuperado de https://www.sev.gob.mx/v1/servicios/anuario-estadistico/consulta/#!#areaInformacion
12. Scratch. (2019). Recuperado 3 September 2019, de https://scratch.mit.edu/about

Psicología positiva como herramienta en los cursos de Ciencias Básicas del ITSLP

M.M.M. Contreras Turrubiartes [1], J.F.Ibarra Sánchez[2], J.G.Tellez Villalobos[3], I.R. Contreras Turrubiartes[4]*

[1]Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico S/N, UPA, Ponciano Arriaga, 78437 Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P
[2]Departamento de ingeniería industrial, Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, S.L.P. Carretera 57 México Piedras Negras Km 189+100 tramo Querétaro.
[3]Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Parque Chapultepec 1570, 78210 San Luis Potosí, S.L.P.
[4]Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Parque Chapultepec 1570, 78210 San Luis Potosí, S.L.P.

montsset90@gmail.com
***Área de participación**: Investigación Educativa.*

Resumen

Se presenta el estudio de la aplicación de técnicas de psicología positiva, incluida el enfoque en las fortalezas del estudiante, el manejo de emociones RULER, prácticas de atención plena y retroalimentación por medio de la regla del “sándwich” y su impacto como apoyo para disminuir la deserción escolar en los cursos de ciencias básicas (Física y matemáticas para ingeniería mecatrónica, mecánica, industrial y administrativa) y aumentar el porcentaje de aprobación de los estudiantes. Los resultados se midieron de forma cuantitativa considerando el número de desertores de cada materia, así como los porcentajes de aprobación y de forma cualitativa mediante una encuesta de opinión realizada al final del curso. Se observó la disminución en el número de desertores, así como mejoras en los índices de aprobación y el ambiente de trabajo dentro del aula.

***Palabras clave**: Psicología positiva, fortalezas, deserción, aprobación.*

Abstract

The study of the application of positive psychology techniques is presented, including the focus on the strengths of the student, the handling of emotions REGULATIONS, mindfulness practices and feedback in the middle of the sandwich rule and its impact as support to diminish desertion in basic science courses (Physics and mathematics for mechanical, mechanical, industrial and administrative engineering) and increase the percentage of student approval. The results were based on the quantitative form, the number of dropouts of the subject, as well as the percentages of approval and the qualitative form, through an opinion survey conducted at the end of the course. The decrease in the number of desertions is observed, as well as improvements in the approval ratings and the work environment within the classroom.

***Key words**: Positive psychology, Strengths, desertion, approval.*

Introducción

El término de psicología positiva surge derivada de la necesidad de conocer las características, los procesos y las condiciones que sirvan para promover un estado de formación y funcionamiento óptimo de las personas como actores inmersos en una sociedad, contribuyendo a que el individuo desarrolle una vida plena [Romero y col.,2013]. En la época actual la escuela se considera uno de los lugares principales de desarrollo humano, lo que lo convierte en el lugar ideal para facilitar y promover la felicidad y la autoestima como parte de la formación integral de los estudiantes, objetivo que puede ser logrado mediante modificaciones en la organización escolar y

la metodología docente [Palomera,2017]. Por otra parte, existen estudios acerca de cómo el proceso derivado de la identificación y reflexión que realizan los estudiantes acerca de sus fortalezas personales puede contribuir a la forma en que aprenden [Clifton y col.,2006], dotándolos de herramientas para afrontar los retos y oportunidades no solo en el ámbito educativo sino en el personal y profesional [Bernacki y col.,2014]. El presente trabajo presenta el diseño, desarrollo y análisis de un estudio cualitativo de aplicación de psicología positiva y enfoque en las fortalezas del estudiante como una alternativa para motivar a los estudiantes en los cursos del departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí. La motivación de este trabajo surge debido al interés por buscar alternativas para mejorar el índice de aprobación en los cursos, dado que los índices de reprobación y el número de estudiantes que abandonan los cursos en periodos intersemestrales en las materias de ciencias básicas son elevados en comparación con los cursos especiales de cada rama o carrera. El presente estudio se llevó a cabo con una muestra de 95 estudiantes, 44 mujeres y 51 hombres, correspondientes a 4 grupos de diferentes materias y carreras, esto con el fin de obtener una muestra representativa debido a que las materias de ciencias básicas se imparten para estudiantes de todas las ingenierías y licenciaturas del instituto. El experimento consistió en una primera etapa en proponer a los estudiantes que tomaran el test VIA de fortalezas personales de la universidad de Pensilvania [Authentic Happiness,2019] con el fin de que identificaran sus fortalezas personales. En la 2ª etapa que se desarrolló a lo largo del curso semestral (enero a junio), en esta etapa se aplicaron técnicas de psicología positiva descritas por Martin E. P. Seligman en su libro “La auténtica Felicidad” [Seligman, 2017], combinándose con técnicas del programa RULER (Recognizing, Understanding, Labeling, Expressing y Regulating) implementado por la universidad de Yale [2019]. De manera específica se realizaron técnicas de atención plena y retroalimentaciones de las actividades utilizando la regla del “sándwich”, así mismo se desarrollaron actividades en equipo fomentando la interacción entre compañeros con diferentes fortalezas, promoviendo la competencia de trabajo en equipo necesaria para la vida en sociedad y laboral. La efectividad de las técnicas aplicadas se midió considerando el porcentaje de índice de aprobación y realizando un cuestionario de opinión a los estudiantes.

Metodología

Identificación de las Fortalezas del Estudiante

Esta etapa se llevó a cabo en 2 fases principales. La primera consistió en la realización del test VIA por cada uno de los estudiantes. Posteriormente y con base en los resultados personales se pidió que realizaran una reflexión acerca de las 5 fortalezas principales que presentaban y la manera en que podían potencializar cada una de ellas para poder aplicarlas en las diferentes áreas de su vida. La reflexión se llevó a cabo invitándolos a llenar un cuestionario consistente en 3 preguntas: 1. De las 24 fortalezas mencionadas en el test VIA, ¿Cuáles son las 5 con las que más te identificas? 2. ¿Cómo puedes entrenar para que estas 5 fortalezas se incrementen? 3. ¿De qué manera puedes aplicar estas 5 fortalezas a tu vida diaria, tu vida personal, tus estudios y en un futuro a tu área de trabajo? Posterior al trabajo de reflexión se pidió a los estudiantes que seleccionaran 1 fortaleza como su herramienta personal.

Aplicación de técnicas de atención plena en el aula

Como parte de las herramientas utilizadas 1 día a la semana se dedicaron 5 minutos antes de comenzar la clase a realizar dinámicas de atención plena (mindfulness), dentro de las actividades realizadas se llevaron a cabo técnicas de relajación y respiración, actividades para centrar la atención en un objeto o figura y realizar su descripción detallada, juegos de memoria entre grupos, dinámicas con preguntas y respuestas rápidas, técnicas de colorear patrones de objetos, etc. La intención de cada una de ellas fue determinar de manera cualitativa si existían cambios en el ambiente de trabajo tanto en la parte profesor-estudiante como estudiante-estudiante los días que se llevaban a cabo estas dinámicas, motivando a los estudiantes a expresar como se sentían y tratando de brindarles un ambiente de respeto donde sientan que su opinión cuenta, fomentando así su autoestima y el gusto por asistir al curso.

Trabajos en equipo y exposiciones para desarrollar las fortalezas del estudiante y el manejo de emociones por medio de la metodología RULER.

Con el fin de desarrollar las fortalezas de los estudiantes y contribuir a su formación integral se constituyeron equipos de trabajo de entre 3 y 4 personas, dependiendo del número de estudiantes en el grupo, cada una de ellas con una diferente fortaleza principal, algunas de las veces los equipos tuvieron como meta resolver retos

(problemas y/o ejercicios de aplicación) relacionados con los conocimientos adquiridos en clase, en otras ocasiones los equipos se integraron para exponer temas frente a grupo, esta última actividad se considera de vital importancia dado que la mayoría de los estudiantes presentan un cierto grado de inseguridad a la hora de expresarse en público, por lo que se considera el escenario perfecto para que el estudiante desarrolle el manejo de emociones, identificando que siente, entendiéndolo, llamándolo por su nombre, expresándolo y finalmente se busca que sea capaz de controlarlo, con el fin de que sea capaz de enfrentar escenarios de frustración, ansiedad, trabajo bajo presión, ambientes laborales no favorables y contribuir a la solución de conflictos en todas y cada una de las áreas de su vida.

Retroalimentaciones positivas

Por último, como parte de la función del profesor como formador de sentido humano, se llevó a cabo una técnica de retroalimentación positiva para cada uno de los trabajos y evaluaciones presentados por los estudiantes a lo largo del curso. La técnica de retroalimentación positiva o sándwich feedback consiste en una serie de 3 pasos que contribuyen a mejorar la forma en que se comunican críticas constructivas a las personas, disminuyendo la probabilidad de que estas se sientan ofendidas, o se concentren en los puntos malos que tienen, y resaltando, por el contrario, las fortalezas de cada uno y las acciones que se realizaron de manera correcta. Esta técnica consiste en introducir el comentario negativo que contiene las áreas de mejora entre dos comentarios positivos que resaltan las habilidades del estudiante. Las 3 etapas que se deben llevar a cabo son las siguientes: 1. Comunicar al estudiante lo que está haciendo bien, por ejemplo “El formato de tu trabajo está bien elaborado.”, 2. Decir lo que debería mejorar, ejemplo “Algunos de los resultados finales no están expresados en las unidades correctas…”, 3. Resaltar los aspectos positivos de su desempeño en general, ejemplo “Las conclusiones que presentan son muy acertadas, tu trabajo esta ordenado y todo es muy claro…”. Todo esto generando un ambiente de confianza donde el estudiante pueda expresar sus dudas sin temor a ser discriminado por hacerlo.

Resultados de la practica reflexiva acerca de las fortalezas del estudiante.

A continuación, se presenta una tabla con las principales fortalezas obtenidas por los estudiantes:

Tabla 1. Fortalezas principales de las estudiantes obtenidas de la identificación de fortalezas por medio del test VIA y la reflexión personal.

Fortaleza	Hombres	Mujeres	Total
Creatividad	18	23	41
Juicio y mentalidad abierta	12	3	15
Vitalidad	14	9	23
Valentía	7	3	10
Honestidad	0	6	6
Total	51	44	95

De acuerdo a lo observado en la tabla 1 podemos ver algunas variantes interesantes dentro de las fortalezas que los estudiantes identifican como sus características personales, en ambos grupos la creatividad es la fortaleza con la que más se sienten identificados los estudiantes, sin embargo tenemos algunos casos donde se observa una marcada diferencia debido al género del estudiante, por ejemplo en el caso de la fortaleza relacionada con el juicio y mentalidad abierta el número de hombres que se siente identificado representa una relación 4:1 respecto al número de mujeres, lo contrario sucede con la fortaleza de honestidad, para la cual ninguno de los estudiantes que formaron parte de la muestra la considera su fortaleza principal, siendo que 6 alumnas consideran que es su mejor herramienta.

Estos resultados muestran como existen sesgos que son consecuencia de la formación cultural y/o el entorno social en que los estudiantes se desarrollan, reflejándose en las tendencias o ideas acerca de las fortalezas y/o habilidades que son “socialmente” correctas dependiendo de su género. Así mismo se observa como la creatividad es la fortaleza con la que más se ven identificados los estudiantes, esta se define como “pensar en

maneras nuevas y productivas de hacer las cosas", lo cual nos da un indicador de que contamos con personas que se pueden formar para resolver problemas y afrontar retos en todas las áreas de su vida.

Índice de deserción y aprobación del curso.

Dentro de la parte cuantitativa del curso se consideraron 2 factores principales, el índice de deserción (número de estudiantes que abandonan el curso a lo largo del semestre) y el porcentaje de aprobación de los estudiantes. En la siguiente tabla se presentan los porcentajes correspondientes a cada uno de los 2 rubros considerando el género de los estudiantes.

Tabla 2. Porcentajes de índices de deserción y aprobación de estudiantes.

Indicador	Hombres	Mujeres	Total
Porcentaje de Deserción	6.4%	2.1%	8.5%
Porcentaje de Aprobación	43%	39%	82%

Considerando los datos de la tabla anterior el porcentaje de deserción total se encuentra en un valor menor al 10%, que en términos generales quiere decir que casi la totalidad de los estudiantes asistieron continuamente al curso desde el inicio hasta el término del mismo, independientemente de si estaban aprobados o presentaban algún adeudo de unidades. Por otra parte, el porcentaje de aprobación final ronda alrededor del 80%, que se considera un buen numero dado que existen grupos de las mismas materias que presentan aprobaciones de 50% de los estudiantes.
En parte estos resultados se atribuyen a las modificaciones que se implementaron en el desarrollo de los cursos, así como la implementación de técnicas rápidas que contribuyeron a mejorar el ambiente en el aula y a fomentar la seguridad en el estudiante, motivándolo para concluir el curso de manera exitosa.

Efecto de la psicología positiva en la percepción del estudiante acerca del curso

Con el fin de obtener una medida cualitativa acerca de la percepción de los estudiantes, derivada de las técnicas aplicadas para el presente estudio, y comprobar la efectividad de las mismas. Se elaboró un cuestionario con 5 preguntas de opción múltiple y 1 abierta. El cuestionario fue contestado de manera anónima por cada uno de los 87 estudiantes que finalizaron los diferentes cursos. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para cada una de las preguntas:

Tabla 3. Concentrado de respuestas de los estudiantes al cuestionario final.

Pregunta	Si	No	No sabe
1. ¿Consideras que conocer tus fortalezas contribuye a mejorar tu aprendizaje y la manera en que te desenvuelves en tu vida diaria?	65	12	10
2. ¿Consideras que el manejo de emociones ayuda a qué puedas solucionar conflictos personales y escolares de manera adecuada?	73	14	0
3. ¿Piensas qué el tiempo qué se dedicó a las actividades de atención plena fue el suficiente y que estas contribuyen a mejorar tu aprendizaje?	70	17	0

4.Respecto a un curso tradicional, ¿pudiste observar alguna mejora en el ambiente dentro del aula con tu profesor y tus compañeros derivados de las técnicas aplicadas?	80	7	0
5. Desde tu punto de vista. ¿Consideras que la retroalimentación positiva favorece tu aprendizaje y te motiva a mejorar la calidad de tu trabajo?	78	7	2

De la tabla anterior podemos observar que la mayoría de los estudiantes considera que la retroalimentación positiva contribuye a su aprendizaje y a mejorar su trabajo, así mismo la tendencia general indica que las técnicas proporcionadas a los estudiantes, incluyendo el manejo de emociones, las actividades de atención plena y la introspección para detectar las fortalezas personales favorecen el ambiente en que ellos se desarrollan dentro y fuera del aula, ayudando a una formación integral como seres en sociedad. Finalmente los estudiantes reconocen que existen diferencias en el ambiente dentro del aula respecto a los cursos tradicionales, lo cual puede ayudar a disminuir los índices de reprobación y deserción.

Trabajo a futuro

Se plantea la posibilidad de diseñar un estudio cuantitativo donde se mida el aprendizaje en 2 grupos piloto de la misma materia y carrera, considerando además que sean impartidos por el mismo docente, en 1 de ellos se aplicaran las técnicas de psicología positiva aquí propuestas mientras que para el segundo grupo se trabajara de una manera tradicional, con el fin de evaluar si existe un cambio significativo en la calidad del aprendizaje y el desarrollo de los estudiantes más allá del ambiente dentro del aula.

Conclusiones

Se llevó a cabo un estudio cuantitativo y cualitativo para determinar las consecuencias de implementar técnicas de psicología positiva en las materias de ciencias básicas, específicamente sus efectos en el ambiente de aprendizaje, el índice de reprobación y el índice de deserción de los estudiantes. De acuerdo a los resultados obtenidos la mayoría de los estudiantes coincide en que las modificaciones implementadas contribuyen a mejorar el curso tradicional, y además favorecen su desarrollo como personas, ya que consideran que las técnicas aprendidas pueden extrapolarse más allá del aula a todas las áreas de su vida, permitiendo que se desarrollen como seres integrales. Finalmente el índice de deserción escolar disminuyo respecto al promedio que se presenta en las asignaturas de la misma área, de igual forma el índice de aprobación fue mayor al promedio. En conclusión se observa como pequeños cambios en las técnicas didácticas de enseñanza pueden representar una enorme diferencia a la hora de evaluar a los estudiantes, y mejorar la forma en la que los mismos perciben el curso y su espacio de trabajo, además de elevar su autoestima y motivarlos a continuar con sus estudios, formando personas de bien que sean capaces de contribuir a la vida en sociedad.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de los estudiantes del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí y las facilidades prestadas por la jefatura del departamento de Ciencias Básicas para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. Romero de Arce, K., & Salas de Morales, M., & Reinoza Dugarte, M., & García Rojas, M., & Moreno Santafé, R. (2013). Psicología positiva: un estilo de vida llevado a la educación. *Educere*, **(58)**, 443-453.
2. Palomera Martín, R. (2017). Psicología positiva en la escuela: Un cambio con raíces profundas. *Papeles Del Psicólogo - Psychologist Papers*, **37**, 66.
3. Clifton, D., Anderson, E., & González-Molina, G. (2006). *Strengths Quest*. New York: Gallup Press.

4. Bernacki, M., Nokes-Malach, T., & Aleven, V. (2014). Examining self-efficacy during learning: variability and relations to behavior, performance, and learning. *Metacognition And Learning*,**10**, 99-117.
5. Authentic Happiness | Authentic Happiness. (2019). Retrieved 12 August 2019, from https://www.authentichappiness.sas.upenn.edu/
6. Seligman, M. (2017) ,La auténtica felicidad. *B de books*.

Educación Ambiental Universitaria, Caso de estudio Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

A. Corte López[1], R.P. Grajeda Grajeda[2], C. Jiménez García[3], M.E. González Luna[4], M.A. Espinoza Parrilla[5]*

[1]Departamento de Administración, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México

[2]Departamento de Contabilidad, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México

[3]Departamento de Contabilidad, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México

[4]Departamento de Contabilidad, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México

[5]Departamento de Humanidades, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Manuel Díaz H. No. 518-B Zona Pronaf, Condominio, 32315, Cd. Juárez, Chihuahua, México

**acorte@pitic.uson.mx*

***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

Comienza en 1948 a nivel internacional las primeras aproximaciones al cuidado del medio ambiente, esto en virtud de la realización de la conferencia convocada por la UNESCO que dio origen a la Unión Internacional para la conservación de los recursos naturales (UNICIT) y en la que primera vez se presenta la necesidad de una educación ambiental. Esta problemática motiva a realizar la investigación buscando en ello la existencia de conocimientos, actitudes y comportamientos que reflejen sus fortalezas y debilidades. El documento presenta los resultados del cuestionario aplicado a 40 jóvenes universitarios del noveno semestre del Departamento de Humanidades, que corresponden a 47.50% del género femenino y 52.50% al género masculino 40% su edad fluctúa entre 17-21 años y 60% de 22 en adelante. Los resultados señalan que los estudiantes tienen actitudes y comportamiento en pro del cuidado del medioambiente.

***Palabras clave**: Sustentabilidad, Medio ambiente, Calentamiento global, reciclaje*

Abstract:

Beginning in 1948 at the international level the first approaches to the care of the environment, this under the realization of the conference convened by UNESCO that gave rise to the International Union for the conservation of natural resources (UNICIT) and in which first Once the need for an environmental education is presented. This problematic motivates to realize the investigation looking for in it the existence of knowledge, attitudes and behaviors that reflect their strengths and weaknesses. The document presents the results of the questionnaire applied to 40 university students, which correspond to 47.50% of the female gender and 52.50% to the male gender 40%, their age ranges between 17-21 years and 60% from 22 onwards. The results indicate that students have attitudes and behavior in favor of the care of the environment.

***Key words**: Sustainability, Environment, Global warming, recycling*

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

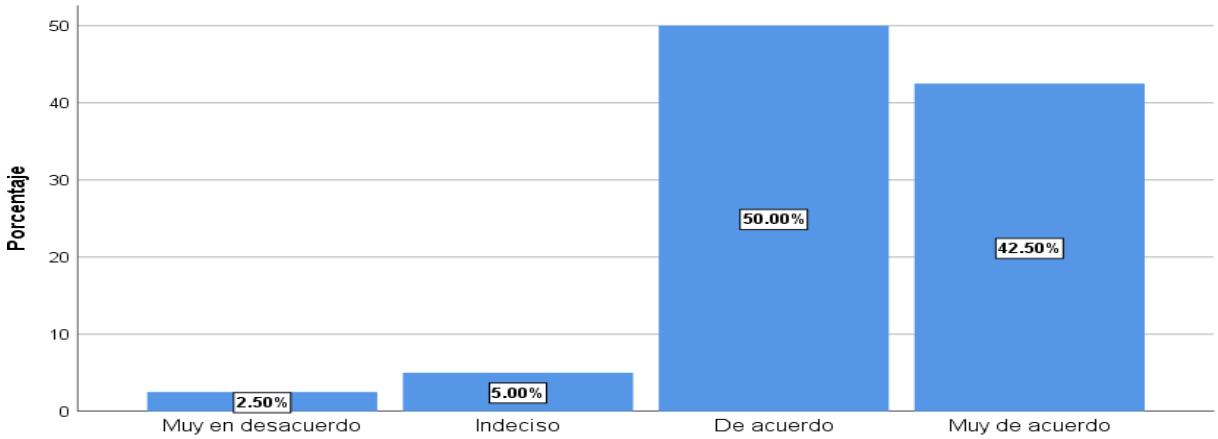
Introducción

A lo largo del tiempo la relación que se ha presentado entre el ser humano y la naturaleza ha ido en constante evolución, ligada a los diversos estilos de vida que se han marcado a cada época, al inicio la sociedad se caracterizaba por ser recolectora lo que afines del progreso, cambio a ser una sociedad cazadora, misma que posteriormente se volvió agrícola y finalmente se tuvo la necesidad de re direccionar sus actividades a la Industria, suceso que tuvo gran connotación en la humanidad dejando como consecuencia , una crisis en materia ambiental y un gran daño a las generaciones futuras (Velázquez ,2015). En respuesta a esta problemática trae consigo la necesidad de las sociedades actuales de buscar nuevos estilos de vida que ayuden a minimizar las grandes consecuencias que trae consigo un mundo industrializado y ayudar a conservar el planeta de unaforma habitable para las sociedades del presente y del futuro. En este sentido, surge la necesidad de incorporar a la institución de educación superior (IES) como ente formador de agentes del cambio que integren y promuevan un pensamiento crítico acorde a los problemas de las sociedades actuales (Sáenz y Benayas, 2016), para lo cual es necesario una transformación interdisciplinar visto de manera holística que coadyuve a la integración de procesos educativos en pro de la sustentabilidad. El termino de desarrollo sustentable es muy complejo y difícil de conseguir ya que propone el equilibrio entre las dimensiones sociales, económicas y ambientales (Pérez, 2017), lo cual implica un reto para las sociedades actuales ya que no solo se piensa en una formación sobre el cuidado de la naturaleza, si no en procesos que transformen a los ciudadanos en personas íntegras que mantengan y promuevan un estilo de vida sustentable.
El objetivo Diagnosticar los conocimientos y actitudes en educación ambiental para el desarrollo sustentable en estudiantes de 9° semestre del departamento de humanidades de la Universidad autónoma de ciudad Juárez.
El método establecido fue tomar una muestra censal de 40 alumnos y aplicar un cuestionario con diez y ocho ítems tipo escala de Likert, (muy en desacuerdo, indeciso, de acuerdo y muy de acuerdo).

Metodología

Este trabajo se realizó bajo un enfoque metodológico cuantitativo, de corte transversal no experimental. Se definió una muestra censal a 40 estudiantes del semestre 2019-1. Para obtener la información que dará pie a esta investigación, se gestionó ante el departamento Humanidades la solicitud para acceder a los alumnos y obtener así la información mediante una serie de encuestas representativas, a 40 alumnos de la licenciatura en educación. Previo a la obtención de la información con los alumnos, se elaboró el instrumento de recopilación de datos, posteriormente, se aplicó en los términos descritos anteriormente para después, procesar los resultados estadísticamente, para lo cual se contó con el apoyo teórico-práctico en la construcción y aplicación del paquete estadístico para ciencias sociales SPSS 23.

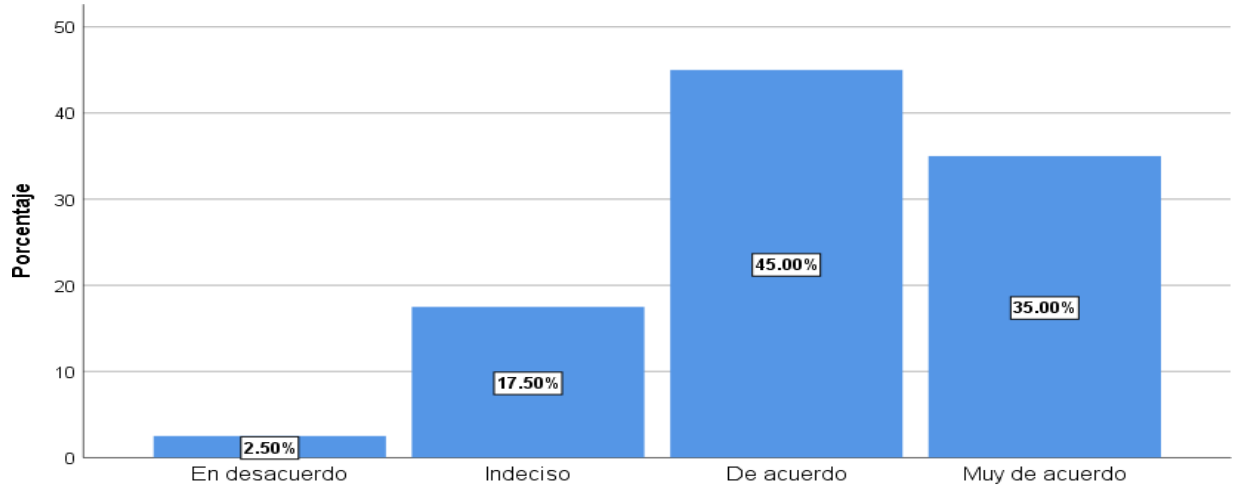
Resultados y discusión



Ojalá existiera una asignatura de medio ambiente en todas las carreras

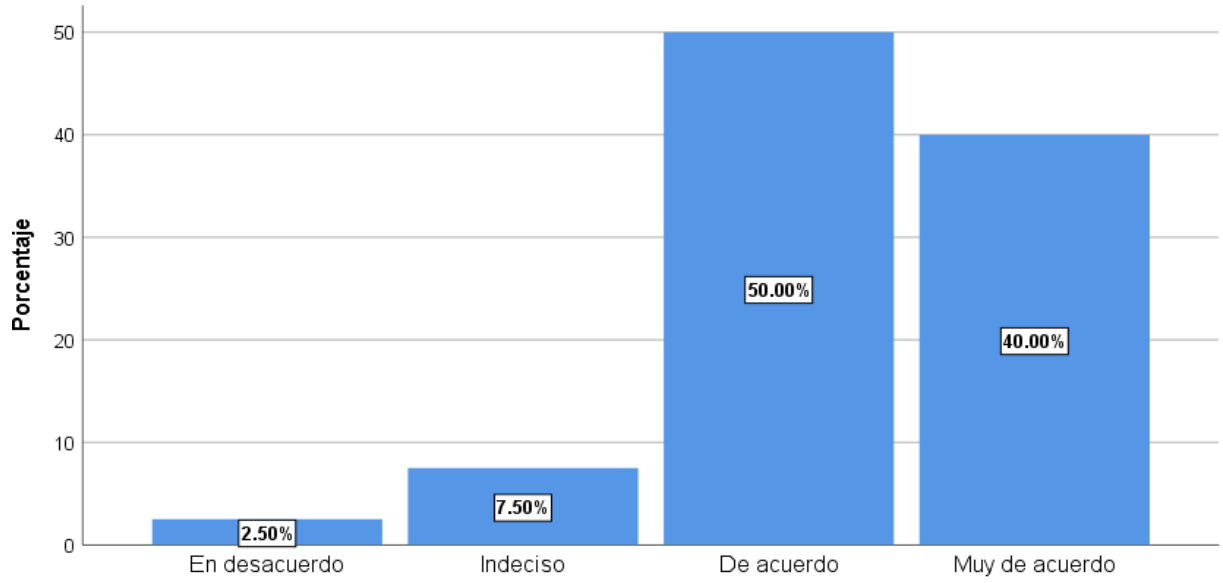
 ISSN 2007-8102

Gráfica 1**.** En relación a que, si existiere la posibilidad de una asignatura en todos los programas de estudio, se puede observar las distintas opiniones del estudiante y están las siguientes: 42.50 % se manifiestan estar muy de acuerdo, seguido del 50% estar de acuerdo, sumados ambos conceptos representan el 92.5%, un significativo porcentaje y ello hace suponer de existir interés por el medioambiente. Sin embargo, están quienes se encuentran indecisos y otros en desacuerdo al respecto 7.50%.



Me apetece mucho participar en clase de un debate sobre conversación del medio ambiente

Gráfica 2. Están quienes anhelan en participar en clase en un debate sobre la conservación del medio ambiente, se pueden observar los siguientes resultados: 35% manifiestan estar muy de acuerdo, seguido del 45% expresan estar de acuerdo, que sumados ambos términos es el 80%. En tanto están quienes en desacuerdo e indecisos, 20%, porcentajes que no se deben dejar sin atender y, por tanto, darle seguimiento desarrollando diversas estrategias.

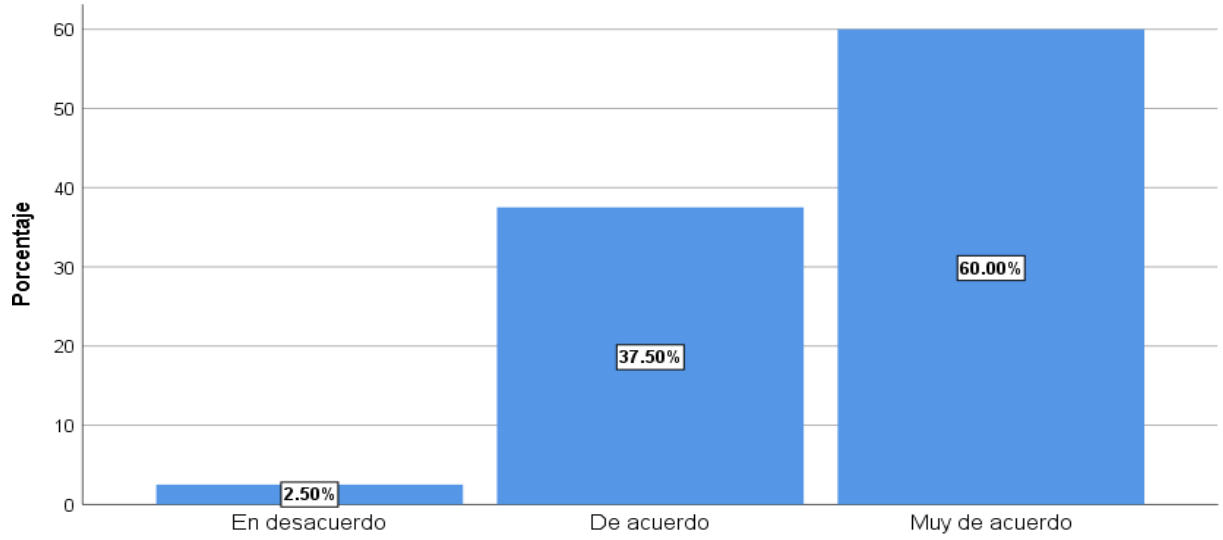


Trabajar en equipo en una actividad sobre la conservación del medio ambiente hace que me sienta …

En la gráfica 3 se cuestiona al estudiante respecto a si el trabajar en equipo en una actividad del medio ambiente lo hace sentir importante, a lo que el estudiante manifestó lo siguiente: 40% expresan estar muy de acuerdo, seguido de quienes opinan estar de acuerdo 50%, que sumados varios conceptos representan un significativo

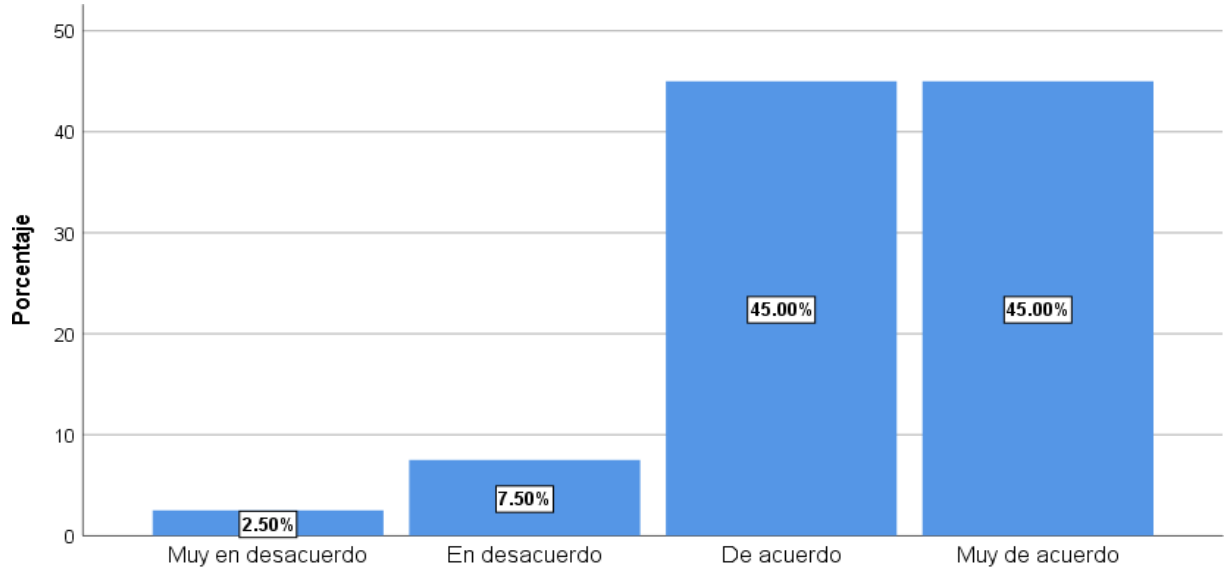
 ISSN 2007-8102

porcentaje del 90% un muy importante resultado y hace pensar en la disposición de trabajar en acciones a favor del medio ambiente sin embargo están los indecisos y los que están en desacuerdo, que representan el 10%.



Me preocupa la destrucción del medio ambiente

Gráfica 4. Se cuestiona al estudiante respecto a su preocupación por destrucción del medio ambiente, en donde se observa que el 97.5 % de los estudiantes expresan si preocuparles, estando el 60% muy de acuerdo y el 37.5% de acuerdo, por lo tanto, hace suponer que los estudiantes si cuentan con una actitud muy significativa en favor del medio ambiente.

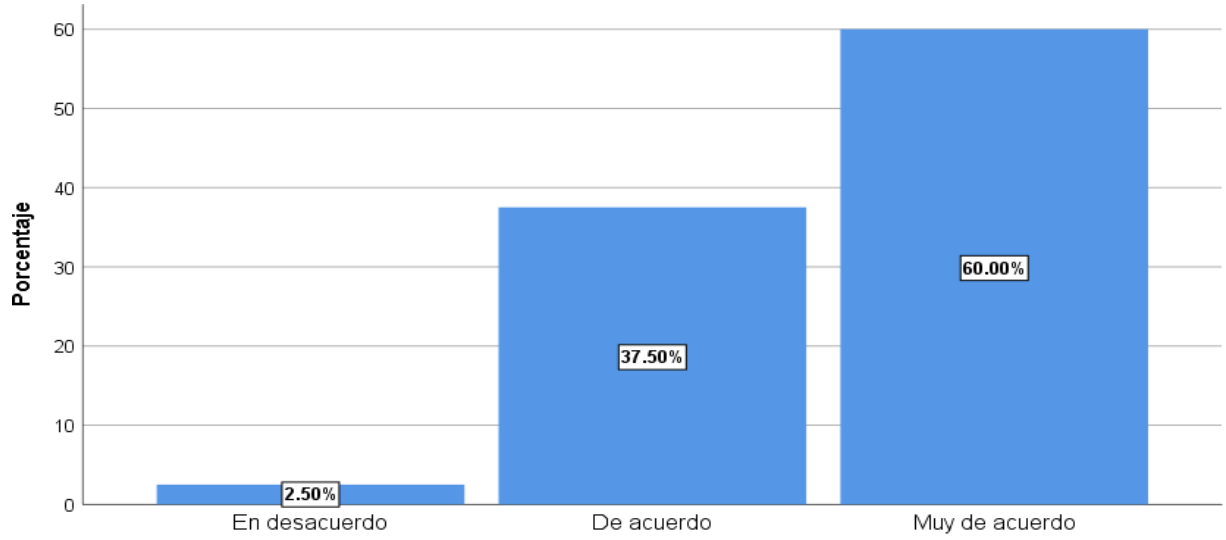


Me gustaría que se trabajara el tema del medio ambiente en mi clase

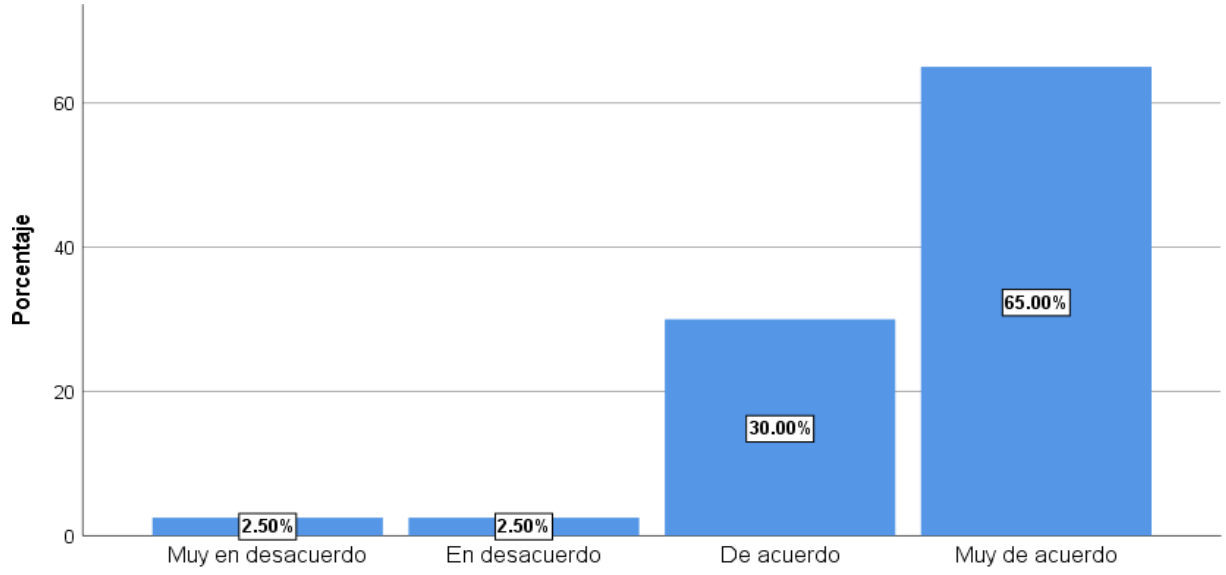
En la gráfica 5 El estudiante expresa su interés que en clase se tratará el tema del medio ambiente, a lo que se dieron las siguientes opiniones, el 45% manifiesta estar muy de acuerdo, 45% expresan estar de acuerdo que sumados ambos conceptos representa el 90%, un valor significativo e importante en la disposición de participar

 ISSN 2007-8102

en proyectos de esta naturaleza. Por otra parte, están las personas indecisas y aquellos en desacuerdo al tema, con un 10%.



Gráfica 6. En relación por la preocupación de la destrucción del medio ambiente el estudiante expresa estar muy de acuerdo representado por el 60%, seguido del 37.50% manifiesta donde manifiesta estar de acuerdo y finalmente el 2.50% difiere al respecto. Es importante el resultado del 97.50% por la preocupación del medio ambiente por lo que se debiera establecer una estrategia que conlleve a desarrollar una actividad que aproveche su preocupación.



Gráfica 7. Creo que en mi universidad se deberían tomar más medidas a favor de la conservación del medio ambiente, se puede observar las opiniones del estudiante siendo las siguientes: 65% manifiestan estar muy de acuerdo, seguido del 30% que expresan estar de acuerdo, donde ambos aspectos representan el 95% muy

significativo porcentaje que hace suponer que el estudiante esta consiente de que la universidad debería generar más medidas a favor de lo ambiental. En tanto el 5% difieren al respecto.

Trabajo a futuro

Como futura línea de investigación habría de explorar y correlacionar los resultados de este trabajo considerando una muestra más significativa, como a nivel departamento o de división ya en este caso solo corresponde a un grupo de estudiantes del noveno semestre que, por los resultados obtenidos, están egresando con los conocimientos elementales de acuerdo al número de ítems manejados en el cuestionario aplicado. Sin embargo, habría que revisar si replicando el estudio a todo el departamento y semestres los resultados tienen algún comportamiento que indique quizás otra línea de investigación posible.

Otro aspecto importante sería el aplicar el cuestionario desde el primer semestre que el estudiante ingresa e ir revisando su evolución y comportamiento durante el transcurso conforme avance en los subsecuentes niveles de estudio.

Conclusiones

Ante tales resultados, se puede concluir que los estudiantes del noveno semestre de la Licenciatura en Educación poseen los conocimientos elementales, actitudes y comportamientos respecto al nivel de educación ambiental, en su gran mayoría de los conceptos, pero sin dejar de mencionar que existen aspectos importantes que atender o bien reforzar mediante un plan integral de trabajo entre profesores, trabajadores y autoridades de la institución.

Existe la disposición de aprender por parte del estudiante cuando se pregunta - por qué no existe una materia en todos los programas de estudio – además, están aquellos quienes anhelan participar en clase en debates en temas sobre la conservación del medioambiente. Sin embargo, tambien están quienes les gustaría trabajar en equipo en alguna actividad y ello conlleva a hacerlos sentir importante. Además, están quienes están dispuestos a trabajar en clase temas que tengan que ver con el medio ambiente, asimismo los opinan que su universidad debiera tomar más medidas a favor de la conservación del medio ambiente.

Por otro lado, el estudiante manifiesta su fastidio a que durante las excursiones se tiren desperdicios en el campo, y se representan de la siguiente manera: el 85% expresan estar muy de acuerdo en el rechazo de esta medida, seguido del 7.5% opinan estar de acuerdo, sumando ambos conceptos resulta el 92.5% el rechazo a que se tire basura en el campo, ello hace suponer que existe en el estudiante cierta consciencia a la respuesta que ello implica. Quedando solo el 7.5 % de estudiantes que difieren con esta opinión.

El gusto por formar parte de un club o asociación de la conservación del medio ambiente que se reuniera fuera de clase, lo expresan de la siguiente manera: el 32.5% manifiesta estar muy de acuerdo, seguido de quienes expresan estar de acuerdo con el 40%, sumados ambos conceptos representan el 72.5% un porcentaje significativo para la disposición del estudiante. Sin embargo, existe el 27.5% que están indecisos o en desacuerdo con esta propuesta.

El participar en manifestaciones a favor del medio ambiente, son tareas que quienes participan hacen suponer que reconocen la importancia de manifestar sus opiniones respecto este tema siendo en un conjunto el 57.5%, de los cuales el 17.5% está muy de acuerdo y el 40% está de acuerdo. Por otra parte, el 42.5 por ciento está indeciso o no de acuerdo con esta acción lo cual es un porcentaje muy representativo. Además, la opinión que tienen los estudiantes en relación el gusto de hablar con sus padres del tema del medio ambiente. El 25% manifiesta estar muy de acuerdo, seguido del 52.5% que expresan estar de acuerdo y ambos conceptos representan el 77.5% un porcentaje muy significativo, lo cual hace pensar que tienen la percepción de atender dicha problemática.

 ISSN 2007-8102

Cuando se cuestiona al estudiante si la conservación del medio ambiente es uno de sus temas favoritos se presentan los siguientes resultados: el 60% de los estudiantes mismo que denota un porcentaje muy significativo puesto que representa un gran número de estudiantes que mediante un proyecto de concientización y preservación puede incrementar ya que el 40% de los estudiantes no difieren con esto, siendo una fuente interesante de información que es importante atender. En tanto, se cuestiona al estudiante respecto a su preocupación por el medio ambiente, en donde se observa que el 97.5 % de los estudiantes expresan si preocuparles, estando el 60% muy de acuerdo y el 37.5% de acuerdo, por lo tanto, hace suponer que los estudiantes si cuentan con una actitud muy significativa en favor del medio ambiente.

El admirar a quienes trabajan como voluntarios a favor del medio ambiente hace pensar que existe, cierta conciencia y conocimiento al atender los problemas relacionados con el medio ambiente, resulta muy interesante los siguientes resultados ya que demuestra cómo el 100% de los estudiantes admiran a estos voluntarios, estando el 80% muy de acuerdo y el 20% de acuerdo.

Cuando existe la conciencia de ser parte de un problema, como es el caso del deterioro ambiental, resulta ser un gran paso para intentar resolverlo, tal es el caso de las distintas opiniones que manifiesta el estudiante y es siguiente, el 45% expresa estar en total acuerdo, seguido del 50% quienes opinan estar de acuerdo, juntos ambos conceptos resultan el 95% de los estudiantes que aprueban ser responsables del deterioro ambiental, y ello da la posibilidad de establecer las estrategias pertinentes que se aboquen en minorar la problemática, no podemos olvidar al 5% que difiere con dicha opinión. Sin embargo, tambien se cuestiona al estudiante en relación a su interés por obtener información del medio ambiente, donde se dan los siguientes resultados: el 35% de los estudiantes manifiesta estar muy de acuerdo, mientras que el 57.5 está de acuerdo, sumados ambos son 92.5 el porcentaje de estudiantes que está de acuerdo.

Cuando se cuestiona al estudiante en relación a que, si su comportamiento puede contribuir en mejorar el medio ambiente, se puede apreciar las siguientes opiniones. El 62.5% está muy de acuerdo, seguido del 35% que está de acuerdo, sumados ambos términos son el 97.5% de los estudiantes los que están de acuerdo, porcentaje muy significativo que lleva a inducir que una actitud muy alta a favor del medio ambiente por parte de los estudiantes universitarios siendo solo el 2.5% los que difieren con esto.

Referencias

1.- Dirección General de Planeación y Desarrollo Institucional (2012). Plan Institucional de desarrollo estratégico. Mexico UACJ.MX:
http://www3.uacj.mx/DGPDI/Documents/evaluacioninstitucional/Documents/PIDE/PIDE_2012-18_UACJ.pdf

2.- Equipo Institucional del modelo educativo (2000) Modelo educativo UACJ visión 2020. México: UACJ: http://www.uacj.mx/Transparencia/Documents/Principal/Modelo-Educativo-UACJ08082013.pdf

3.- Espinosa J. A., & Diazgranado L. M. (2016). La formación ambiental de los estudiantes. Recomendaciones para su consideración en la universidad. *Universidad y Sociedad.* 8(3), 13 -22. Recuperado de http://rus.ucf.edu.cu/

4.- Sáenz, O., & Benayas, J. (2016). Ambiente y sustentabilidad en las instituciones de educación superior en América Latina y el Caribe. *Revista Iberoamericana Universitaria en Ambiente, Sociedad y Sustentabilidad*., *1*(2), 33-45.

5.- Pérez, D. G., & Vilches, A. (2017). Educación para la sostenibilidad y educación en derechos humanos: dos campos que deben vincularse. *Teoría de la educación. Revista Interuniversitaria*, *29*(1), 79-100. Recuperado de http://revistas.usal.es/index.php/1130-3743/article/view/teoredu29179100/17343.

6.- Velázquez, L. E. (2015). *Ciencia de la sustentabilidad y sus disciplinas*. México: Pearson.

 ISSN 2007-8102

Certificación en el estándar EC0772: Caso TecNM Campus Orizaba, Valle del Yaqui y La Laguna

E.E. Díaz López[1], E.R. Poblano-Ojinaga[2], C.Y. García Cabanilla[3]
L. Contreras Vázquez[4] y R. Reyes Valenzuela[5].
Tecnológico Nacional de México / Campus Orizaba[1, 5], Valle del Yaqui [3-4], La Laguna[2] Av. Universidad 1200, Col. Xoco. Del. Benito Juárez. CP. 03330 Cd. de México.
***psic.erandy*@hotmail.com**

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El Tecnológico Nacional de México-TecNM promueve el desarrollo del personal docente mediante programas de capacitación. En algunos campus del TecNM y con el propósito de garantizar la implementación de los planes de estudios para la formación y el desarrollo de competencias profesionales en los estudiantes de TecNM, se promueve entre los profesores la certificación en los estándares de competencias emitidas por el CONOCER. Este artículo presenta el proceso de evaluación de personal docente en el EC0772 "Evaluación del aprendizaje con enfoque en competencias profesionales" elaborado por el Comité de Gestión de Competencias del Tecnológico Nacional de México. Los resultados obtenidos en los tres campus son: 87 docentes certificados en el EC0772, un incremento en Instrumentaciones Didácticas elaboradas con base al EC0772, una disminución en las quejas de estudiantes y una reducción en los índices de reprobación; lo que justifica continuar con esta dinámica de trabajo.

***Palabras clave:** Estándar, Certificación, Evaluación, Docente.*

Abstract

The Tecnológico Nacional de México-TecNM promotes the development of teaching staff through training programs. In some TecNM campuses and with the purpose of guaranteeing the implementation of curricula for the training and development of professional competencies in TecNM students, certification in the standards of competencies issued by CONOCER is promoted among teachers. This article presents the evaluation process of teaching staff in EC0772 "Assessment of learning with a focus on professional competencies" prepared by the Competency Management Committee of the Tecnológico Nacional de Mexico. The results obtained in the three campuses are: 87 certified teachers in EC0772, an increase in Instrumentation elaborated based on EC0772, a decrease in student complaints and a reduction in the failure rates; what justifies continuing with this work dynamic.

***Keywords:** Standard, Certification, Evaluation, Teacher.*

Introducción

El Tecnológico Nacional de México, a través de sus campus, promueve programas de capacitación y certificación en diferentes estándares de competencia expedidos por el CONOCER, como estrategia de fortalecimiento académico y de apoyo al docente en el proceso de evaluación y acreditación de las asignaturas que integran los planes de estudio de nivel licenciatura para la formación y desarrollo de competencias profesionales (TecNM, 2015), entendiéndose por competencias a las actuaciones integrales para identificar, interpretar, argumentar y resolver problemas con idoneidad y compromiso ético, movilizando los diferentes saberes: ser, hacer y conocer (Tobón S., 2010, citado en DGEST, 2013; DGEST, 2012).

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

CONOCER (2017) define el Sistema Nacional de Competencias (SNC) como un instrumento del Gobierno Federal que contribuye al fortalecimiento de las competencias de las personas. Es una entidad paraestatal sectorizada en la Secretaría de Educación Pública, que tiene un órgano de gobierno tripartita, su propósito es brindar un instrumento para fortalecer la competitividad económica, capacidad de crecimiento y progreso social para beneficio de México, a través del SNC de las personas - Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional (CINTERFOR, 2017).

El TecNM colabora con el CONOCER a través del Comité de Gestión por Competencias del Tecnológico Nacional de México, y publica en el DOF con fecha del 2 de noviembre del 2016, el EC0772 Evaluación del aprendizaje con enfoque en competencias profesionales, el cual describe las funciones críticas que realiza una persona que propicia el desarrollo de competencias profesionales de otras personas; apoyándose de la evaluación de las competencias como un proceso integral, permanente, sistemático y objetivo, en el que son corresponsables la persona que aprende y la que enseña.

El propósito del EC0772 es servir como referente para la evaluación y certificación de las personas que elaboran y aplican una instrumentación didáctica, diseñan sus instrumentos de evaluación, realizan la evaluación formativa y sumativa, emiten el nivel de desempeño y la valoración final de la evaluación del aprendizaje con enfoque en competencias profesionales, lo anterior cumpliendo con los lineamientos oficiales el TecNM.

El docente que pretende certificarse en el EC0772 debe demostrar sus habilidades, actitudes y conocimientos en el proceso de evaluar el aprendizaje de otra persona; para ello desarrolla la “Instrumentación didáctica” que implica analizar y organizar los contenidos educativos, determinar propósitos, intenciones y objetivos a lograr, establecer y secuenciar actividades en el tiempo y el espacio, así como las estrategias de evaluación que incluyen un conjunto de métodos, técnicas, criterios e instrumentos que posteriormente aplicará para emitir la valoración final de la evaluación de la competencia profesional, es decir, el desempeño alcanzado por una persona que aprende.

Metodología

Materiales

El EC0772 Evaluación del aprendizaje con enfoque en competencias profesionales establece los conocimientos teóricos, básicos y prácticos con los que debe contar un candidato para realizar su trabajo; así como las actitudes relevantes en su desempeño. El Perfil del EC0772 contiene 4 elementos: 1) Elaborar una instrumentación didáctica (ID), 2) Instrumentos de evaluación, 3) Aplicar instrumentos de evaluación y 4) Emitir la valoración final de la evaluación (Figura 1). Para cada elemento, el EC0772 precisa los desempeños, productos, conocimientos y actitudes que un candidato, en este caso profesores del TecNM, debe demostrar para ser declarado competente (García et al., 2017).

Estándar de Competencia	Elemento 1 de 4
Evaluación del aprendizaje con enfoque en competencias profesionales	Elaborar una instrumentación didáctica con enfoque en competencias profesionales
	Elemento 2 de 4
	Elaborar instrumentos de evaluación con enfoque en competencias profesionales
	Elemento 3 de 4
	Aplicar instrumentos de evaluación con enfoque en competencias profesionales
	Elemento 4 de 4
	Emitir la valoración final de la evaluación de la competencia profesional

Figura 1. Perfil del estándar de competencia EC0772.

Método

La certificación de un candidato se realiza mediante un proceso de evaluación, donde deberá presentar al evaluador certificado las evidencias requeridas por el EC0772, apoyado por los instrumentos de evaluación de la competencia (IEC), los cuales precisan los desempeños, productos y conocimientos que una persona debe

El proceso de evaluación con fines de certificación contiene los siguientes pasos:

1. Entrevista del evaluador con el candidato.
2. Elaboración del plan de evaluación del candidato.
3. Presentación de evidencias de desempeño, conocimiento y productos según el plan de evaluación.
4. Dictamen de competencia emitido por el evaluador con base en las evidencias presentadas.
5. Trámite de certificado a candidatos con dictamen “Competencia Alcanzada”.

En el punto 3 el candidato debe presentar las evidencias a ser evaluadas, siendo parte fundamental la Instrumentación Didáctica que debe contener la caracterización de la asignatura, competencias previas, competencias específicas y genéricas, los temas a desarrollar, actividades de enseñanza y aprendizaje, la estrategia de evaluación, el criterio de evaluación, las fuentes de información, la calendarización de las evaluaciones y los apoyos didácticos, todo lo anterior cumpliendo las condiciones de calidad del EC0772 (García et al., 2017).

Resultados y Discusión

Como requisito para su certificación, el candidato debe presentar las siguientes evidencias que el EC requiera para la demostración de su competencia: Evidencias de producto, de desempeño y de conocimientos, para cada uno de los cuatro elementos que se presentan en la Figura 1.

Para obtener un dictamen de COMPETENTE, se deben cumplirse dos criterios:

a) La suma total del peso relativo de los reactivos del IEC aplicado sea igual o mayor a 95.01 y
b) Existe al menos un reactivo cumplido para cada Criterio de Evaluación.

En el **Elemento 1.- Elabora una instrumentación didáctica con enfoque en competencias profesionales**, el candidato debe presentar como evidencia de producto la Instrumentación Didáctica elaborada (Figura 2), cumpliendo con los lineamientos del estándar. La Instrumentación Didáctica-ID es el documento que establece el plan de acción completo que orienta el proceso educativo de una asignatura. Implica analizar y organizar los contenidos educativos, establecer y secuenciar actividades en el tiempo y el espacio que hacen posible el logro de las competencias (TecNM, 2015).

Los criterios de evaluación deberán cumplir con las siguientes condiciones de calidad (EC0772):

- Especificar cada unidad/tema de la asignatura.
- Indicar las condiciones en que se considera una competencia alcanzada y una competencia no alcanzada de acuerdo con la normatividad de la institución.
- Señalar las evidencias a evaluar con base en las actividades de aprendizaje: conceptual, procedimental y actitudinal.
- Determinar la ponderación para cada una de las evidencias.
- Definir la valoración numérica para cada nivel de desempeño.

En referencia a lo anterior, se resalta la capacidad para comunicar y explicar dicha información, asegurándose que el estudiante entiende cada una de las partes medulares del proceso de evaluación con enfoque de competencias profesionales (García et al., 2017). En la Figura 2, se muestra un ejemplo de los criterios de evaluación definidos para una unidad/tema de la asignatura.



INDICADORES DE ALCANCE	EVIDENCIA
a) **Se adapta a situaciones y contextos complejos.** a) Es voluntario en alguna actividad altruista	Presenta evidencia fotográfica y llenado de bitácora COL
b) **Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.** b) Participa en evento(s) académico(s)	Presenta constancia de participación
c) **Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).** c) Elabora una dinámica de grupo mediante un tutorial en otro idioma	Lista de cotejo.
d) **Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico.** d) Cursar un MOOC impartido por el TECNM.	Constancia de participación.
e) **Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.** e) Asiste a eventos culturales	Constancia de participación.
f) **Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada** f) Entregar trabajos en tiempo y forma	Matriz de entrega de videncias

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

DESEMPEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO	INDICADORES DE ALCANCE	VALORACIÓN NUMÉRICA
Competencia alcanzada	EXCELENTE	Cumple al menos cinco de los indicadores A, B, C, D, E y F	95-100
	NOTABLE	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	BUENO	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	75-84
	SUFICIENTE	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	70-74
Competencia no alcanzada	INSUFICIENTE	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente	NA (No Alcanzada)

MATRIZ DE EVALUACIÓN

EVIDENCIA DE APRENDIZAJE PRODUCTO		INDICADORES DE ALCANCE						TÉCNICA O MÉTODO DE EVALUACIÓN FORMATIVA DE LA COMPETENCIA	EVALUACIÓN PARA ASPECTOS DE CONOCIMIENTO PROCEDIMIENTO ACTITUD		
		A	B	C	D	E	F		C	P	A
Acordeón	10						x	Lista de cotejo	x	x	
Examen	50						x	Cuestionario	X		
Video. (Se presentó en idioma ingles).	10			x			x	Guía de observación		x	x
Constancia de asistencia a evento académico.			x					Constancia			x
Constancia de asistencia a evento cultural.						x		Bitácora COL			x
Evidencia fotográfica de voluntariado en actividad altruista.		x						Bitácora COL			x
Cursar MOOC.					x			Constancia	x		x
	70	+	+	+	+	+	+	94 de Calificación			

Figura 2. Criterios de evaluación plasmados en la Instrumentación Didáctica.

Sugerencia elemento 1: En algunos campus se manejan formatos de instrumentación didáctica - ID diferentes, por lo que se requiere un trabajo para unificar el formato. Se cuenta con un glosario y los lineamientos de acreditación de las materias (normatividad vigente), los cuales deben considerarse para la compresión de los términos del estándar, la forma de evaluar el curso, los indicadores de alcance, la condiciones en que se considera una competencia alcanzada y una no alcanzada, y las evidencias a evaluar con base en las actividades de aprendizaje indicando si es conceptual, procedimental y actitudinal.

La Evidencia de conocimiento se presenta por medio de un cuestionario, con el cual se evalúan los siguientes Dominios de Aprendizaje: Conceptos y características de acuerdo al modelo educativo del Siglo XXI de: competencia profesional, saber ser, saber hacer, saber y evaluación con enfoque en competencias; características y propósitos de la instrumentación didáctica; concepto y opciones del nivel de desempeño de una evaluación; clasificación de competencias; Momentos de evaluación (diagnóstica, formativa o sumativa).

Así mismo, las Actitudes/Hábitos/Valores a ser evaluados son: Limpieza, la manera en que presenta la documentación legible, libre de manchas y tachaduras. (EC0772 citado en García et al., 2017).

El **Elemento 2. Elaborar instrumentos de evaluación con enfoque en competencias profesionales**, se evalúa la elaboración de instrumentos de evaluación con base en la actividad enseñanza – aprendizaje y competencia, para lo cual el candidato debe presentar: un diagnóstico inicial, cuestionario, lista de cotejo, guía de observación y una rúbrica. El diseño de los instrumentos debe de cumplir con los criterios de calidad indicados en el EC0772.

La Evidencia de Conocimiento se cumple por medio de un cuestionario, con el cual se evalúa la comprensión de los tipos de instrumentos de evaluación de aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales; y la

 ISSN 2007-8102

aplicación con tres tipos de reactivos para cuestionario (opción múltiple, preguntas abiertas, complementación, falso – verdadero, relacionales).

La evaluación formativa permite indagar si los estudiantes están desarrollando las competencias de manera adecuada, identificando avances, logros y carencias. Durante la formación y desarrollo de competencias se generan evidencias que dan cuenta del proceso mismo, como en nivel de desempeño alcanzado; sustentadas en estrategias de evaluación. Su objetivo es definir estrategias para mejorar el desempeño de los estudiantes de manera oportuna (TecNM, 2015).

Sugerencia elemento 2: Al respecto del diseño de instrumentos de evaluación - IE (Lista de Cotejo, Guía de Observación, Cuestionario y Rúbrica), se recomienda trabajar en equipos pequeños para enriquecer su proceso de aprendizaje y contar con algún asesor que esclarezca dudas.
Evaluar el aprendizaje antes, durante y al final del curso, considerando la satisfacción de los participantes es el **Elemento 3.- Aplicar instrumentos de evaluación con enfoque en competencias profesionales**.

El Candidato debe demostrar que realiza la evaluación diagnóstica, informa a los estudiantes sobre la forma en que se evaluará su aprendizaje, y realiza la evaluación formativa.

La evaluación sumativa es el proceso que permite conocer y valorar el grado de ejecución alcanzado en la aplicación de las competencias establecidas en el curso. Su propósito es asignar calificaciones y tomar decisiones de acreditación (TecNM, 2015).

El EC0772, requiere que el candidato presente un producto que muestra que la evaluación sumativa:

- Está aplicada conforme a la calendarización establecida en la instrumentación didáctica.
- Especifica el nivel de cumplimiento de los indicadores de alcance y el nivel de desempeño alcanzado con base en las evidencias entregadas por el estudiante.
- Incluye la valoración de competencia con base en el número de indicadores de alcance del desempeño logrado.
- Corresponde con los lineamientos de valoración vigente en la Institución.

Los instrumentos de evaluación del aprendizaje son aplicados y reflejados en la evaluación sumativa, especificando el nivel de cumplimiento del estudiante, así como su valoración (Figura 3).

DESARROLLO HUMANO INTEGRAL
ING. ELECTRICA ELO-1008
MATRIZ DE CALIFICACIONES

COMPETENCIA 1	SEMANA				1	8	10	12	3	3				
¿Qué es el desarrollo humano?	COMPETENCIA 1				INDICADORES									
	ACORDEÓN	EXAMEN	VIDEO	TOTAL	A	B	C	D	E	F	NO. DE INDICADORES	DESEMPEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO	VALORACIÓN
AGUILAR VALENZUELA JOSE MANUEL*	10	50	10	70					1	1	2	COMPETENCIA ALCANZADA	SUFICIENTE	74
ANICA CERAFICO RICARDO*	10	50	10	70	1				1	1	3	COMPETENCIA ALCANZADA	BUENO	84
ARGUELLES DE JESUS JONATAN	10	50	10	70					1	1	2	COMPETENCIA ALCANZADA	SUFICIENTE	74
COLORADO HERNANDEZ MAYRA	10	50	10	70					1	1	2	COMPETENCIA ALCANZADA	SUFICIENTE	74
DE JESUS FLORES MARCO ANTONIO	10	50	10	70	1				1	1	3	COMPETENCIA ALCANZADA	BUENO	84
FLORES CAMACHO ELIOTT ARTURO	10	50	10	70					1	1	2	COMPETENCIA ALCANZADA	SUFICIENTE	74
FLORES CASTILLO LUIS EMANUEL	10	50	10	70					1	1	2	COMPETENCIA ALCANZADA	SUFICIENTE	74
FLORES GALVEZ LUIS MANUEL	10	50	10	70	1				1	1	3	COMPETENCIA ALCANZADA	BUENO	84
GARCIA GONZALEZ BRAYAN	10	50	10	70					1	1	2	COMPETENCIA ALCANZADA	SUFICIENTE	74

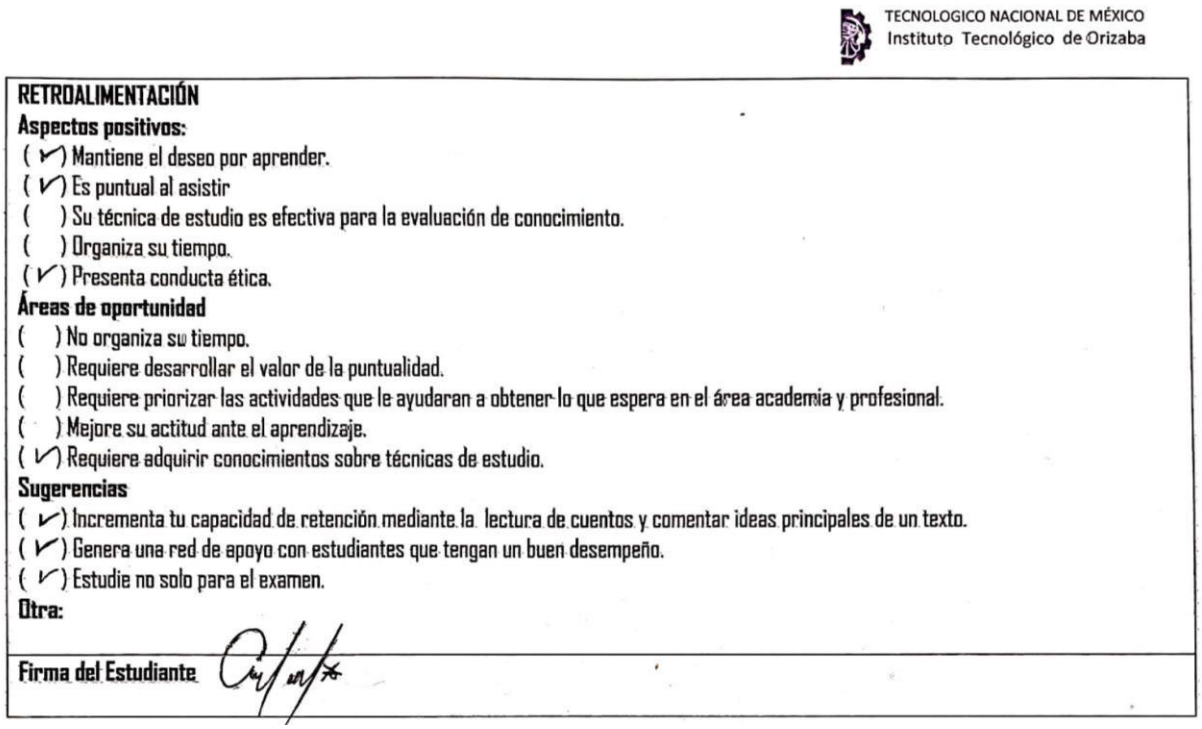
Figura 3. Ejemplo de registro de evaluación de los estudiantes.

La Actitud/Hábito/Valor a ser evaluado al candidato fue: Amabilidad (la manera en que se dirige al estudiante con un trato cordial). Responsabilidad (la manera en que aplica las evaluaciones de acuerdo con el tiempo de aplicación del instrumento de evaluación).

Sugerencias elemento 3: Cuando desaprendemos un conocimiento que consideramos dominado podría presentarse frustración al cambiar de paradigma. Un aspecto central es comprender el aprendizaje basado en competencias, ya que con las actividades planeadas durante el semestre comúnmente se evalúan conocimiento y procedimiento pero la actitud requiere de los indicadores de alcance – IA, en ellos se puede consolidar la parte integral, actitudinal y humana que complementa la formación profesional, obteniendo un peso del 30% en calificación, según cumpla el estudiante la competencia alcanzada y con base al número de indicadores, el nivel de desempeño. En los IA se consideran las habilidades blandas y permiten reconocer el esfuerzo de muchos estudiantes que realizan actividades extras. Considere el lineamiento de acreditación de materias del TECNM para los indicadores, no es necesario asignarles un número en el formato de registro, pero sí considerarlos para la valoración numérica y determinar el nivel de desempeño del estudiante. Por último, en el **Elemento 4.- Emitir la valoración final de la evaluación de la competencia profesional,** el candidato debe demostrar su competencia mediante los siguientes desempeños:

1. Comunica al estudiante el juicio de competencia alcanzada o aún no alcanzada correspondiente a la evaluación formativa / sumativa. (Figura 3).
2. Retroalimenta para el logro de la competencia aún no alcanzada.
3. Informa la valoración final alcanzada /evaluación sumativa.

Adicional, el candidato presenta un producto donde demuestra la valoración final del estudiante (Figura 4), así como la retroalimentación del estudiante, indicada en el instrumento de evaluación.


TECNOLOGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Orizaba

RETROALIMENTACIÓN

Aspectos positivos:

(✓) Mantiene el deseo por aprender.
(✓) Es puntual al asistir
( ) Su técnica de estudio es efectiva para la evaluación de conocimiento.
( ) Organiza su tiempo.
(✓) Presenta conducta ética.

Áreas de oportunidad

( ) No organiza su tiempo.
( ) Requiere desarrollar el valor de la puntualidad.
( ) Requiere priorizar las actividades que le ayudaran a obtener lo que espera en el área academia y profesional.
( ) Mejore su actitud ante el aprendizaje.
(✓) Requiere adquirir conocimientos sobre técnicas de estudio.

Sugerencias

(✓) Incrementa tu capacidad de retención mediante la lectura de cuentos y comentar ideas principales de un texto.
(✓) Genera una red de apoyo con estudiantes que tengan un buen desempeño.
(✓) Estudie no solo para el examen.

Otra:

Firma del Estudiante

Figura 4.Valoración final por estudiante.

Nota: Los documentos presentados en las Figuras son a manera de ejemplo, pudiendo o no cumplir al 100% con los indicadores en el EC0772.

Sugerencia elemento 4: En cuanto al formato oficial de la lista de calificación final, solo contiene una asignación numérica, por lo que se requiere crear otro formato donde especifique el juicio de competencia alcanzada o no alcanzada, así como el nivel de desempeño logrado para la competencia alcanzada (excelente, notable, bueno o suficiente) correspondiente a la evaluación formativa y sumativa.

Trabajo a futuro

Se requiere de un estudio que mida el impacto de la aplicación del estándar en la práctica docente y evidenciar la aportación, disminuyendo las problemáticas del índice de reprobación y deserción. Es necesario un trabajo de integración de formatos, tanto de la instrumentación didáctica como de la lista de calificaciones, para que tenga coherencia la aplicación del estándar con la práctica docente.

Conclusiones

El presente trabajo es el resultado del proceso de certificar a profesores del Tecnológico Nacional de México, campus Orizaba, Valle del Yaqui y La Laguna, explica en forma general el origen y el proceso del estándar EC0772, se brindan ejemplos para demostrar lo solicitado, finalmente contiene aportaciones y sugerencias para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Actualmente se cuenta con más de 120 profesores capacitados en el EC0772 y en esta etapa se han entregado 87 certificados de EC (41 a docentes del Instituto Tecnológico de Orizaba). Los resultados obtenidos han sido favorables en los docente y administrativo, un incremento en ID elaboradas con base al EC0772, una disminución en las quejas de estudiantes y en índices de reprobación, lo que justifica continuar con esta dinámica de trabajo.
Por último, es recomendable que las autoridades del campus, promuevan el desarrollo profesional y docente, brindando las facilidades para formar profesores competentes que se certifiquen en estándares referentes a su actividad laboral, así como los docentes continúen con el interés de aprender nuevas y mejores formas de realizar su trabajo.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento al **Maestro Rigoberto Reyes Valenzuela,** Director del Tecnológico de Orizaba, por su visión y liderazgo en la realización de este programa de fortalecimiento académico y a los **M.C. José Luis Zapata y MC Pedro Alberto Haro Ramírez**, Director del Instituto Tecnológico de la Laguna y del Valle del Yaqui respectivamente por su apoyo.

Referencias

1. CONOCER, (2017). Sistema Nacional de Competencias. [online] Disponible en http://148.244.170.140/index.php/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=1&Itemid=3 [Consulted 10/08/ 2017].
2. Comité de Gestión de Competencias del Tecnológico Nacional de México (2016). Estándar de competencia EC0772 “Evaluación del aprendizaje con enfoque en competencias profesionales” CONOCER. www.conocer.gob.mx
3. DGEST, (2013). *Proyectos integradores para el desarrollo de competencias profesionales del SNIT*. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. S.E.P. Octubre 2013. México D.F.
4. DGEST (2012). Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales. Dirección General de Educación Superior Tecnológica
5. García, C., García Madero, C., Contreras, L., Reyes, R., y Poblano-Ojinaga, E. (2017). Estrategia de desarrollo docente: Certificación de profesores del ITVY en el estándar de competencia EC0772. Coloquio de Investigación Multidisciplinario 2018. Journal CIM Vol.6, Núm. 1. ISSN: 2007-6102.

6. OITCINTERFOR.org. (2017). Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales - CONOCER | OIT/Cinterfor. [online] http://www.oitcinterfor.org/institucionmiembro/consejonacional-normalizacion-certificacion-competencias-laborales-conocer [Consulted 10/08/2017].
7. TecNM (2015). Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México. Octubre 2015.
8. TecNM (2015a). Documento Perfil de egreso, retículas y objetivos de carreras de los Planes y programas de estudio 2009-2010.
9. TecNM (2015b). Planes y programas de estudio 2009-2010 vigentes.

Aplicación del algoritmo selección de atributos en la identificación de factores que influyen en la deserción escolar universitaria

A. B. Urbina-Nájera[1], R.G. Morales-Salgado[2]

[1]Decanato de Ingeniería y Negocios, UPAEP-Universidad, 17 sur 901, Barrio de Santiago, C.P. 74210, Puebla, México
[2]Decanato de Ingeniería y Negocios, UPAEP-Universidad, 17 sur 901, Barrio de Santiago, C.P. 74210, Puebla, México
**abunajera@gmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En este documento se presenta la aplicación del algoritmo selección de atributos como punto de partida para identificar factores que influyen en la deserción escolar universitaria. En el análisis se utilizó un conjunto de datos de 795 instancias recolectados durante los ciclos escolares 2014 - 2018 obtenidos a través de una universidad pública del Estado de Puebla-México. Los resultados muestran que los factores más relevantes son: incorporación a otra carrea, bajo desempeño, ingreso al ámbito laboral, motivos de salud y el incumplimiento de expectativas. Estos hallazgos apoyan el hecho que una incorrecta elección de carrera o programa educativo, derivan eventualmente en una deserción escolar temprana. Por lo que, en un futuro, estos descubrimientos permitirán el desarrollo e implementación de mecanismos de acción que disminuyan la deserción escolar universitaria, mediante la exploración con diversos algoritmos que generan modelos predictivos a fin de advertir una inminente deserción y actuar antes que ocurra.

***Palabras clave**: Abandono escolar, aprendizaje computacional, bajo desempeño escolar.*

Abstract

This document presents the application of the algorithm selection of attributes as a starting point to identify factors that influence university desertion. The analysis used a set of data from 795 instances collected during school cycles 2014 - 2018 obtained through a public university in the State of Puebla-Mexico. The results show that the most relevant factors are: incorporation into another career, low performance, entry into the workplace, health reasons and the failure to meet expectations. These results support the fact that an incorrect choice of career or educational program, eventually leads to early school dropout. Therefore, in the future, these findings will allow the development and implementation of action mechanisms to reduce university dropout, through exploration with various algorithms that generate predictive models in order to warn of an imminent dropout and act before it occurs.

***Key words**: scholar dropout, machine learning, low academic performance.*

Introducción

Uno de los grandes problemas que enfrenta cualquier institución educativa, especialmente aquellas que ofrecen educación superior en nivel licenciatura, es la deserción escolar. De acuerdo a la Real Academia Española de la Lengua (2013) la deserción escolar es la acción de separarse o abandonar obligaciones en cuanto a compromisos escolares. Mientras que la Secretaría de Educación Pública (2015) lo expresa como el número o porcentaje de estudiantes que abandonan las actividades escolares antes de terminar algún grado o nivel educativo, originada por diversos factores intrínsecos (personales) y extrínsecos (familiares, personales, sociales, económicos). La deserción escolar, vista desde un ángulo técnico, se entiende como el número de estudiantes que abandonan la escuela entre ciclos escolares consecutivos antes de concluir el nivel educativo de referencia (Instituto Nacional

para la Evaluación de la Educación, 2012). También, se concibe como el abandono que hace el estudiante de los cursos o carrera a los que se ha inscrito; de igual modo, hace referencia a una suspensión definitiva, temporal, voluntaria o forzada de sus estudios; la experiencia universitaria no sucede de igual manera para todos el alumnado; al mismo tiempo depende de la institución, ya que los programas a cursar no son iguales para todos los estudiantes, entonces lo que nos lleva a decir que el fracaso o el éxito en el estudio es de manera individual de cada estudiante y las metas a futuro que tenga.

En México, como en otros países desarrollados o en vías de desarrollo, la deserción escolar es un problema que enfrentan todas las universidades. Por ejemplo, según datos de la Secretaría de Educación Pública (2016), Puebla se colocó en el sexto lugar a nivel nacional en el tema de abandono escolar, es decir dos de cada diez alumnos que se inscribieron desertaron. El mayor nivel de deserción escolar fue en educación superior (10.5%), seguida de media superior (9.3%), secundaria (3.1%) y en primaria (0.2%). En otras palabras, de los 2 millones 026 mil 294 alumnos inscritos en el periodo 2015-2016, desertaron un 23.1%, lo que equivale a 468 mil 074 niños y jóvenes. Estas cifras consideran a las escuelas públicas como privadas. Mientras que en el ciclo escolar 2016-2017 sumaron 219 mil 529 estudiantes en abandonar sus estudios en el nivel superior.

Si bien el abandono escolar no obedece a una sola causa, sí hay una razón que origina la decisión de desertar. Datos del XII Censo General de Población y Vivienda del año 2000, señala que las causas de deserción escolar son: no quiso o no le gustó estudiar, causas económicas, cambio de estado civil, distancia, razones de tipo familiar y otras causas (Navarro Sandoval, 2001). En este sentido, Abarca Rodríguez & Sánchez Vindas (2005) enfatizan que hombres y mujeres desertan en la misma proporción; y las causas se derivan de no haber ingresado a la carrera deseada, seguida de cambio de universidad, dificultades socioeconómicas, trabajo, inflexibilidad de horarios, motivos personales, duración de la carrera, trámites burocráticos, falsas expectativas y equivocación vocacional.

De igual manera, Fozdar, Kumar, & Kannan (2006) afirman que la distancia entre el centro de estudios y el hogar son la causa principal de deserción. Ruíz Calderón (2009) detalla que los factores que influyen en la deserción se agrupan en las dimensiones económicas, familiares, académicas, laborales y vocacionales. Mientras que, Vries, León Arenas, Romero Muñoz, & Hernández Saldana (2011) descubrieron que los factores que tienen mayor influencia en la decisión de desertar son el horario, el trabajo, la vocación por la carrera, y el desempeño académico. Londoño Ardilla (2013) encontró que los factores socioeconómicos, institucionales, académicos y personales son relevantes al momento de desertar; siendo los primeros los que predominan en la decisión de desertar. Finalmente, Carvajal Olaya & Trejos Carpintero (2016) aseveran que las causas obedecen a variadas situaciones como la adaptación a la vida universitaria, económicos, carencia en el empleo de estrategias de aprendizaje, factores individuales, socioeconómicos, académicos e institucionales, creencias irracionales o brecha digital.

Por ello, se requieren establecer diversos mecanismos que coadyuven a la detección temprana de una posible deserción a fin de buscar medios para prevenirla. En este sentido, se presenta el uso de algoritmos de aprendizaje computacional para conocer los factores que influyen en la deserción escolar universitaria como primer paso para una posible solución que genere mecanismos para prevenirlo de manera temprana y anticipada a fin de reducir los índices de deserción descritos anteriormente, no solamente a nivel local, sino a nivel nacional.

Un vistazo al aprendizaje computacional

La inteligencia artificial (IA) fue consolidada en 1950 por Alan Turing proponiendo una prueba concreta para determinar si una máquina aprende o no. La IA tiene como objetivo principal la creación de sistemas con cierto grado de “inteligencia” o autonomía, imitando la propia del ser humano (Russell & Norvig, 2009). De acuerdo a Muñoz Pérez (2010) la IA imita la inteligencia humana representando el conocimiento disponible del experto humano y utilizando mecanismos de razonamiento simbólico para resolver problemas de un dominio específico. De este modo, la IA se ocupa de la teoría, diseño, desarrollo y aplicación de modelos computacionales producidos lingüística y biológicamente, poniendo énfasis en redes neuronales, algoritmos genéticos, programación evolutiva, sistemas difusos y sistemas inteligentes híbridos.

En este sentido, el aprendizaje computacional es la rama de la Inteligencia Artificial que se dedica al estudio de los agentes/programas que aprenden o evolucionan basados en su experiencia, para realizar una tarea

determinada cada vez mejor. El objetivo principal de todo proceso de aprendizaje computacional es utilizar la evidencia conocida para poder crear una hipótesis y poder dar una respuesta a nuevas situaciones no conocidas (Mitchell, 1997). Esta área ha tenido fuerte impacto en varias disciplinas del conocimiento como en la psicología y neurobiología al mejorar el tiempo de respuesta de una persona aplicando redes neuronales; en el área de recursos humanos se ha empleado en la creación de modelos para la automatización del control de acceso de empleados que buscan minimizar la intervención humana requerida para otorgar o revocar el acceso. También se ha aplicado exitosamente en el área educativa para identificar aquellos factores que influyen en el desempeño de estudiantes a través del uso de Moodle usando modelos de regresión lineal y logística (Álvarez & Zwir, 2001; Shawe-Taylor, 2006; Rodríguez & Mislej, 2013; Hamilton, 2014 y Rosseti, S., 2017).

Los algoritmos de aprendizaje computacional se agrupan en una taxonomía en función de la salida de los mismos, los tipos comúnmente conocidos son: aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado. El primero tiene como objetivo inferir una función a partir de datos de entrenamiento etiquetados. Algunos algoritmos de este tipo de aprendizaje son la redes neuronales, k-vecinos más cercanos, árboles de decisión y funciones de base radial. El segundo tipo de aprendizaje tiene como objetivo tratar de encontrar la estructura oculta en los datos no etiquetados, es decir, ahora en este tipo de aprendizaje no se tiene una clasificación de instancias. Algunos algoritmos de este tipo de aprendizaje son:clustering, modelos de Markov, agrupación jerárquica y k-medias (Bishop, 2007).

Particularmente, los algoritmos de selección de atributos también llamado selección de características o selección de variables, emplean herramientas y técnicas para reducir las entradas a un tamaño apropiado para su procesamiento y análisis. La selección de atributos implica además de la reducción de cardinalidad, es decir, la imposición de un límite arbitrario o predefinido en el número de atributos que se pueden considerar para crear un modelo, sino también la elección de atributos, de manera que la herramienta de modelado (Weka[1], Orange[2], RapidMiner[3], KNIME[4]) debe seleccionar o descartar activamente los atributos en función de su utilidad para el análisis. En este análisis se ha utilizado la herramienta Weka puesto que es uno de las más conocidas y populares herramientas de ciencia de datos; Frank, Hall y Witten (2016) la definen como "U*na colección de algoritmos de aprendizaje automático para realizar tareas de minería de datos. Contiene herramientas para los datos de pre-procesamiento, clasificación, regresión, conglomerados, reglas de asociación y visualización…".*

La selección de atributos funciona calculando una puntuación para cada atributo y eligiendo solo los atributos que han recuperado mejores puntuaciones (Microsoft, 2014). En otras palabras, la selección de atributos es un proceso que se divide en dos partes: 1) Métodos de evaluación de atributos y 2) Métodos de búsqueda (Frank, Hall y Witten, 2016). El primero es el método que evalúa al subconjunto de atributos. Algunos ejemplos de métodos de evaluación de atributos son: CfsSubsetEval: Subconjuntos de valores que se correlacionan altamente con el valor de la clase y baja correlación entre sí; ReliefFAttributeEval: Evalúa el valor de un atributo muestreando repetidamente y considerando el valor del atributo dado para la instancia más cercana de la misma y diferente clase. ClassifierSubsetEval: Evalúa los subconjuntos utilizando un algoritmo predictivo y otro conjunto de datos que usted especifique. El segundo, es la forma estructurada en la que se navega por el espacio de búsqueda de posibles subconjuntos de atributos en función de la evaluación de subconjuntos. Algunos ejemplos de métodos de evaluación de atributos son: Ranker: Clasifica los atributos por sus evaluaciones individuales; BestFirst: Utiliza una estrategia de búsqueda de la mejor primera vez para navegar por los subconjuntos de atributos (Brownlee, 2014; Hall, et al. 2016). Para este estudio se utilizan los evaluadores CfsSubsetEval y ReliefFAttributeEval con los métodos de búsqueda BestFirst y Ranker respectivamente.

Por otro lado, el proceso para aplicar aprendizaje computacional se conoce como el descubrimiento de conocimiento en bases de datos, mejor conocido como KDD por sus siglas en inglés *Knowledge Discovery in Databases.* Este proceso se concentra principalmente en las siguientes tareas: *colección de datos* (incluye todos los procesos necesarios para obtener datos en un formato digital); *pre-procesamiento* (consiste en manipular, enriquecer, reducir o transformar los datos originales para ser accesibles, posteriormente, con mayor facilidad (Han, Kamber , & Pei, 2011); *selección de atributos* (proceso que consiste en descartar aquellos atributos que no aportan información al conjunto de datos de manera que se conserve la mayor cantidad de información posible y que mejor describan al conjunto de datos (Bishop, 2007) y finalmente, la *aplicación de algoritmos de aprendizaje*

[1] The University of Waikato. Weka 3: Data Minin51g Software in Java. http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/
[2] University of Ljubljana. Data Mining-Fruitful and f50un. Orange. http://orange.biolab.si/
[3] RapidMiner. Predictive Analytics Reimagined. https48://rapidminer.com/
[4] KNIME.com AG. Open for innovation. http://www.knim48e.org/

computacional (consiste en seleccionar los algoritmos adecuados para generar conocimiento a partir del conjunto de datos).

Metodología

En el desarrollo del trabajo, se utilizó una base de datos con 795 registros recuperados de los periodos escolares 2014 a 2018 de las ingenierías: automotriz, energía, software, manufactura y terapia física; obtenidos de una universidad pública del Estado de Puebla, México. Los registros incluyen a 431 hombres y 364 mujeres. La colección de los datos se hizo mediante el uso de hojas de cálculo, en un principio capturadas por periodo y luego agrupadas en un solo archivo. El pre-procesamiento de los datos consistió en darles la estructura adecuada para ser leídos en el software adecuado, el proceso radicó en limpiar los datos, es decir, eliminar aquellos caracteres que causan ruido, y homogenizar términos. En la selección de atributos no se descartó ningún elemento dado que el conjunto de datos solamente tiene seis atributos: Género (Masculino, femenino), área (Ingeniería, salud), carrera (cinco carreras), periodo (enero-abril, mayo-agosto, septiembre-diciembre), año (2014 - 2018) y causa de baja (19 causas). Finalmente, se identifican otros factores de deserción escolar mediante el algoritmo selección de atributos a través de la herramienta weka, utilizando dos evaluadores: *GainRatioAttributeEval* e *InfoGainAttributeEval* que calculan el valor de un atributo midiendo la ganancia de información con respecto a la clase y el método *ranker* que clasifica los atributos por sus evaluaciones individuales (Hall, 2011). Para realizar esto, es preciso utilizar la base de datos preprocesada, abrirla en Weka, y aplicar los evaluadores mencionados recurriendo a la pestaña <*feature selection*> e interpretar la información que se proporciona en la vista de la pantalla derecha.

Resultados y discusión

Una vez que se ha realizado el pre-procesamiento de los datos, se logran identificar 19 causas de baja en función de las 795 instancias analizadas. La tabla 1 presenta el listado de los atributos de acuerdo al número de estudiantes que coincidieron en la causa de baja. Se observa que un porcentaje significativo (26.9%) de los estudiantes que deciden abandonar sus estudios no indican la razón por la cual lo hacen, lo que dificulta un análisis profundo acerca del tema.

Tabla 1. Causas que intervienen en la deserción universitaria a partir del conjunto de datos de 795 instancias, seis atributos y una clase con 19 factores.

Prioridad	Atributo	Valor absoluto	Fracción
1	Sin causa conocida	214	0.269
2	Bajo desempeño	156	0.196
3	Cambio de carrera	143	0.180
4	Cambio de domicilio/residencia	34	0.064
5	Ingreso al ámbito laboral	22	0.063
6	Causas económicas	9	0.060
7	No fue lo que esperaba	9	0.060
8	Motivos de salud	3	0.043
9	Embarazo	2	0.028
10	Motivos familiares	1	0.011
11	Motivos personales	1	0.011
12	Cuidar a mi hijo/a	1	0.004
13	Distancia	1	0.003
14	Baja por inasistencia	1	0.001
15	Conflicto con profesores	1	0.001
16	Falta en la entrega de documentación	1	0.001
17	Fallecimiento	1	0.001
18	Falta en reglamento	1	0.001
19	Seguridad	1	0.001

 ISSN 2007-8102

De acuerdo con Rodríguez-Martínez & Blanco García (2015) y Gutiérrez (2017) las mujeres son más propensas a abandonar sus estudios, es por ello que en la figura 1b y 1d se presenta la selección de atributos en función del género. Los resultados de ambas figuras indican que el área y la carrera seleccionada son factores que pueden influir en la deserción escolar. Así mismo, si se considera como factor importante (clase) el motivo de baja, el atributo más importante es la carrera (*véase figura 1a y 1c*). Esto resultados permiten entrever que más allá de los motivos económicos un factor también relevante, es la elección de la carrera y posiblemente la errónea elección puede estar en función del género; información que se confirma con los datos presentados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (INEGI, 2016) al indicar que la primera causa de deserción es debido al disgusto por la carrera seleccionada.

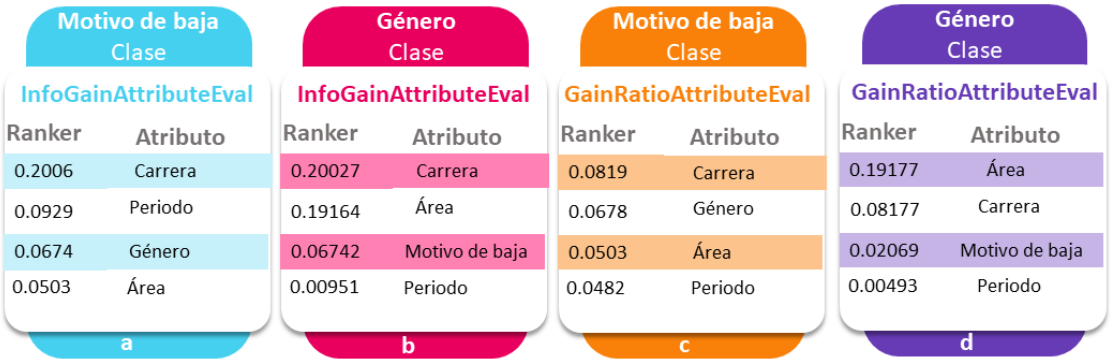


Figura 1. Atributos principales de la clase: Motivo de baja y la clase: Género

En la tabla 2 se presenta el ranking de las causas más relevantes en la deserción universitaria a partir del análisis del conjunto de datos utilizado para el estudio. Los resultados muestran que la prioridad 1 y la 5 pueden significar lo mismo, es decir como no fue lo que esperaba entonces decidió cambiar de carrera o incorporarse a otra IES.

Tabla 2. Ranking de las causas que intervienen en la deserción universitaria utilizando selección de atributos considerando solamente la clase <causa_de_baja>.

Prioridad	Atributo
1	Incorporarse a otra carrera
2	Bajo desempeño
3	Ingreso al ámbito laboral
4	Motivos de salud
5	No fue lo que esperaba

Por otro lado, estos resultados causan sorpresa, al notar que los motivos económicos no forman parte de los atributos importantes como se menciona en el reporte publicado por INEGI (2016) en donde se indica que el 37.2% de los universitarios deserta por disgusto y el 35.2% por causas económicas. La primera causa concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, mientras que la segunda causa es posible que discrepe con los hallazgos encontrados debido a que el conjunto de datos es pequeño o bien, a que el conjunto de datos se ha obtenido a partir de carreras relacionadas al área de ingeniería; en donde el alto desempeño y habilidades en ciencias exactas juega un papel importante en la decisión de continuar o desertar de los estudios.

Trabajo a futuro

Para ampliar esta investigación es preciso analizar un conjunto de datos más amplio, agrupar los 19 o más factores en: personales, económicos, sociales, familiares, institucionales, académicos, y similares; de manera que, dicha agrupación permita analizar con mayor detalle a partir de dónde se origina la causa de deserción y

con ello establecer mecanismos para que los involucrados formen alianzas estratégicas que permitan disminuir los índices de deserción y el desempleo.

Conclusiones

Como se ha mencionado, el objetivo de este estudio es utilizar algoritmos de aprendizaje computacional para identificar aquellos factores que influyen en la deserción escolar universitaria. Los hallazgos permiten identificar que la elección de la carrera es también una causa relevante para que el joven abandone sus estudios, así como el género, pues estudios recientes afirman que las féminas son propensas en mayor medida a abandonar sus estudios a causa de embarazo o cuidado de los hijos. También, las estadísticas nacionales confirman que la segunda causa más importante, después de una incorrecta elección de carrera, es la situación económica. No obstante, en el estudio presentado, esta causa ocupa el sexto lugar, siendo la segunda causa el bajo rendimiento académico. Es posible que estos resultados se deban a que el conjunto de datos fue recuperado del área de estudio relacionadas a la ingeniería.

Una vez que ya se conoce la razón por la cual los estudiantes universitarios abandonan sus estudios, es pertinente que las instituciones de educación media superior establezcan talleres de orientación vocacional para encaminar a los jóvenes a encontrar su pasión y elección de carrera para tener un futuro prometedor. También, las IES pueden realizar talleres de orientación para que el aspirante a estudios superiores conozca de voz de egresados cuál ha sido la experiencia y ganancia tras haber estudiado determinada carrera. Al mismo tiempo que, organismos gubernamentales formen alianzas con IES públicas y privadas para cerrar las brechas que existen en la formación que los estudiantes adquieren previamente al ingreso de estudios de educación superior, además de identificar cuáles son las necesidades del mercado para que las IES ofrezcan programas acordes tanto a los requisitos de la sociedad actual y cambiante como a las características y destrezas actuales de los jóvenes.

Por otro lado, para ampliar estos resultados y realizar un análisis más detallado sobre el tema, es preciso obtener un conjunto de datos vasto que implique el estudio de más variables a fin de obtener con certeza todos aquellos factores/causas que determinan un abandono de los estudios. También, es necesario aplicar otros algoritmos de aprendizaje computacional que favorezcan predicciones y patrones para prevenir un abandono y tomar acciones antes de que suceda. Adicional, el uso de herramientas tecnológicas acompañadas de alguna rama de la inteligencia artificial, como es el caso del aprendizaje computacional, favorece la comprensión de ciertos eventos, así como la identificación de información oculta en los grandes volúmenes de datos y su aplicación en este trabajo ha creado un área de oportunidad para profundizar en su estudio y uso en el contexto educativo.

Referencias

1. Abarca Rodríguez, A., & Sánchez Vindas, M. A. (2005). La deserción estudiantil en la educación superior: el caso de la Universidad de Costa Rica. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", 5*, 1-22. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44759911
2. Álvarez, J., & Zwir, I. (2001). Aprendizaje Computacional (AA). Recuperado de: http://www-2.dc.uba.ar/materias/aa/aa.html#Qu%C3%A9%20significa
3. Bishop, C. M. (2007). Pattern recognition and Machine Learning. Singapore: Springer.
4. Brownlee, Jason. (2014). Feature Selection to Improve Accuracy and Decrease Training Time. (Consultado el 05 de enero de 2019)
5. Carvajal Olaya, P., & Trejos Carpintero, Á. A. (2016). Revisión De Estudios Sobre Deserción Estudiantil En Educación Superior En Latinoamerica Bajo La Perspectiva De Pierre Bourdieu. *Congresos CLABES.* Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de https://revistas.utp.ac.pa/index.php/clabes/article/view/1324
6. Fozdar, B. I., Kumar, L. S., & Kannan, S. (2006). A Survey of a Study on the Reasons Responsible for Student Dropout from the Bachelor of Science Programme at Indira Gandhi National Open University. *International Review of Research in Open and Distance Learning, 7*(3), 1-15. Recuperado de https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ806047.pdf
7. Frank, Eibe; Hall, Mark A. y Witten Ian H. (2016). The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques", Morgan Kaufmann, Fourth Edition.

8. García Fernández, L. A. (2004). Usos y aplicaciones de la inteligencia artificial. La ciencia y el hombre, XVII (3), Recuperado de: http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol17num3/articulos/inteligencia/.
9. Gutiérrez, N. C. (25 de abril de 2017). *Desigualdad de género causa deserción escolar*. Recuperado el 02 de abril de 2019, de El nuevo diario.com.ni:: https://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/425710-desigualdad-genero-causa-desercion-escolar/
10. Hamilton, L. (2014). Six Novel Machine Learning Applications. Recuperado de Forbes: http://www.forbes.com/sites/85broads/2014/01/06/six-novel-machine-learning-applications/
11. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). Data mining: concepts and techniques. Amsterdam: Morgan Kaufmann.
12. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2012). *Panorama Educativo de México Indicadores del Sistema Educativo Nacional.* Distrito Federal: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
13. Londoño Ardilla, L. F. (2013). Factores de riesgo presentes en la deserción estudiantil en la Corporación Universitaria Lasallista. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* (38), 183-194. Recuperado de http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/413
14. Microsoft. (2014). Feature selection (Data Mining). Recuperado de: https://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms175382%28v=sql.120%29.aspx
15. Mitchell, T. M. (1997). Machine Learning. Singapore: McGraw-Hill.
16. Muñoz Pérez, J. (2010). Inteligencia computacional inspirada en la vida. Málaga, España: Servicio Publicaciones UMA.
17. Navarro Sandoval, N. L. (2001). Marginación escolar en los jóvenes. Aproximación a las causas de abandono. *Revista de información y análisis* (15), 43-50. Recuperado de http://www.carm.es/ctra/cendoc/haddock/13412.pdf
18. Ramírez, M. G., & Corvo, M. B. (2007). Causas de Deserción de Alumnos de Primeros Semestres de una Universidad Privada. *Revista Mexicana de Orientación Educativa*, 34-39.
19. Rodríguez, R., & Mislej, E. (2013). Aprendizaje Computacional - Machine Learning. Recuperado de Departamento de Computación- Universidad de Buenos Aires: http://www.dc.uba.ar/materias/aa/2013/cuat1
20. Rodríguez-Martínez, C., & Blanco, G. N. (2015). Diferencias de género, abandono escolar y continuidad de los estudios. *Revista Iberoamericana de Educación, 68*, 59-78. Recuperado de https://rieoei.org/historico/documentos/rie68a03.pdf
21. Ruíz Calderón, L. (2009). Deserción en la educación superior recinto Las Minas. Período 2001-2007. *Ciencia e Interculturalidad, 4*(2), 30-46. doi:10.5377/rci.v4i1.288
22. Russell, S., & Norvig, P. (2009). Artificial Intelligence: A Modern Approach (3era. ed.). Prentice Hall.
23. Shawe-Taylor, J. (2006). Machine learning research topics and application field. Centre for Computational Statistics and Machine Learning. Recuperado de: http://www.csml.ucl.ac.uk/courses/msc_ml/?q=node/37
24. Silva, M. (2011). El primer año universitario. Un tramo crítico para el éxito académico. *Perfiles Educativos*, 102-114.
25. Vries, W., León Arenas, P., Romero Muñoz, J. F., & Hernández Saldana, I. (2011). ¿Desertores o decepcionados? Distintas causas para abandonar los estudios universitarios. *Revista de la Educación Superior, 40*(160), 29-49. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602011000400002
26. Witten, I., & Frank, E. (2011). Data mining: Practical machine learning tools and techniques. Burlington, MA: Morgan Kauffman.

La alfabetización académica: una revisión sistemática de la literatura

Y. L. Trujillo Andrade[1], J. A. Castillo Hernández[2], R.M. Flores Trejo[3],*
[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Instituto Tecnológico de Puebla, Maravillas C.P. 72220, Puebla, Puebla, México
[2] Investigador independiente
[3]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Puebla, Maravillas C.P. 72220, Puebla, Puebla, México

**itelgus@hotmail.com*
***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

En este artículo se analiza literatura sobre alfabetización académica, específicamente artículos de investigación publicados entre 2018 y 2019 de forma nacional e internacional. Se trata de identificar qué tendencia existe acerca de este tema, así como reconocer cuáles son los aportes teóricos que abordan. Inicialmente, se contextualiza el marco de estudio en base a la alfabetización académicas, posteriormente, se explica la orientación metodológica que guio la revisión bibliográfica.
Ha sido objeto de estudio de numerosas investigaciones desde hace más de tres décadas en el contexto internacional y recientemente en el nacional, por lo que, desde el punto de vista de las investigaciones realizadas, la lectura y la escritura es particular a cada una de las disciplinas, por lo que no se puede generalizar. De ahí la importancia de enmarcar las tradiciones discursivas de cada disciplina en el estudio de las prácticas de alfabetización académicas, en las que lo disciplinario se ha ido constituyendo en una variable fundamental.

***Palabras clave**: alfabetización académica, cultura académica.*

Abstract

This article analyzes literature on academic literacy, specifically research articles published between 2018 and 2019 nationally and internationally. It is about identifying what tendency exists on this subject, as well as recognizing which are the theoretical contributions that they address. Initially, the study framework is contextualized based on academic literacy, then the methodological orientation that guided the literature review is explained.
It has been the subject of study of numerous investigations for more than three decades in the international context and recently in the national context, so, from the point of view of the research carried out, reading and writing is particular to each of the disciplines, so it cannot be generalized. Hence the importance of framing the discursive traditions of each discipline in the study of academic literacy practices, in which the disciplinary has become a fundamental variable.

***Key words**: Academic literacy, academic culture.*

Introducción

La educación se ha ejercido de manera formal e informal, por lo que se ha acumulado gran cantidad de conocimiento acerca de cómo se lleva a cabo los procesos de la educación; sin embargo y de acuerdo con Gardner (2005a) solo hay dos razones legítimas para adoptar nuevos métodos educativos:

> La primera es que las prácticas actuales no funcionen debidamente. La segunda razón es que las condiciones del mundo han cambiado de una forma sustancial. Puede que a causa de estos cambios ciertas metas, aptitudes y prácticas ya no estén indicadas o incluso que sean contraproducentes. (p. 10)

Al tomar en cuenta estas dos razones, y considerando que los jóvenes actuales, de acuerdo con Tapia (2015) "tienen habilidades viso-espaciales, kinestésicas y lógico matemáticas, con un débil perfil del empleo de la inteligencia verbal, intrapersonal e interpersonal" (p. 19), es necesario analizar cómo se lleva a cabo actualmente un proceso tan importante como el que plantea la alfabetización académica; es decir, la alfabetización académica en nivel superior.

Considerando las habilidades mencionadas de los estudiantes, las cuales son derivadas del uso de la tecnología o el carácter de la globalización, se deben analizar nuevas teorías, que coadyuven a mejorar los procesos educativos, para poder ser competitivos.

La alfabetización académica viene siendo objeto de estudio de numerosas investigaciones desde hace más de tres décadas en el contexto internacional. En Latinoamérica ha cobrado en la última década una gran importancia, lo cual ha permitido que se puedan identificar algunas tendencias. La lectura y la escritura "se aprenden en ocasión de enfrentar las prácticas de producción discursiva y consulta de textos propias de cada materia, y según la posibilidad de recibir orientación y apoyo por parte de quien domina y participa de estas prácticas" (Carlino, 2002, p. 7). Desde este punto de vista, la lectura y la escritura es particular a cada una de las disciplinas, por lo que no se puede generalizar. De ahí la importancia de enmarcar las tradiciones discursivas en el estudio de las prácticas de alfabetización académica, en las que lo disciplinario se ha ido constituyendo en una variable fundamental.

Metodología

Se ha observado diferentes métodos que se ocupan para investigar el tema de la alfabetización académica, por ejemplo, el utilizado por Mejía Carvajal B. y Benavides Cáceres D. R (2018) el cual, es de carácter exploratorio y fue desarrollado siguiendo una ruta metodológica de fases: La primera fue de documentación e indagación teórica frente a las corrientes alfabetización académica, didácticas para la comprensión y producción de textos, mediante el rastreo de trabajos enmarcados en esta temática. En una segunda fase se planteó el diseño de un curso teórico-práctico de estrategias didácticas dirigido a los docentes y a partir de éste, se sistematizaron las experiencias frente a las prácticas de enseñanza de la lectura y la escritura como herramientas para ayudar a pensar los contenidos conceptuales, aprender a escribir de y desde la disciplina, perspectiva que se relaciona con la propuesta de Carlino (2005). (p. 83)

La presente investigación se enmarca en el paradigma cualitativo, con un enfoque no experimental de carácter transversal, de tipo descriptivo, sin embargo, aun no se ha llevado a cabo la aplicación; por lo que en este momento solo se han realizado la fase de: Revisión de las bases de datos para seleccionar artículos de investigación actuales y aquellas propuestas que sirvan como teoría principal, además del desarrollo de una plantilla de revisión analítica, que sirva para documentar y describir los temas y las cualidades de la investigación en torno al objeto de estudio.

Específicamente en este artículo se propone analizar el aporte de artículos de investigación publicados entre 2018 y 2019, que aporten a la conceptualización sobre la lectura y escritura en la universidad. En concordancia con ello, la pregunta que orientan la indagación de este documento es: ¿Cuáles son las tendencias de investigación en torno a la lectura y escritura en el ámbito universitario en los últimos años?

 ISSN 2007-8102

Nivel teórico

La lectura y la escritura en la universidad en Latinoamérica ha tenido una mayor observación desde hace aproximadamente una década, sin embargo, a nivel internacional este tema ha sido investigada desde hace más de tres décadas (Moreno, 2019, p. 94).

Carlino (2013a) explica que la alfabetización académica, es "un proceso de enseñanza que puede (o no) ponerse en marcha para favorecer el acceso de los estudiantes a las diferentes culturas escritas de las disciplinas" (p. 370). Se relaciona, entonces, con las acciones didácticas de los docentes por enseñar a exponer, argumentar, resumir, etc. a sus estudiantes con la autorización de la institución y con los requerimientos de cada asignatura. Según esta autora, esto implica dos objetivos relacionados con enseñar a participar en los géneros propios de un campo del saber y enseñar las prácticas de estudio adecuadas para aprender en él. Estos objetivos se relacionan: "en el primer caso, se trata de formar para escribir y leer como lo hacen los especialistas; en el segundo, de enseñar a leer y a escribir para apropiarse del conocimiento producido por ellos" (p. 370). De acuerdo con lo anterior, fomentar la participación de los estudiantes en prácticas discursivas contextualizadas conlleva a que los docentes de las diferentes asignaturas estén implicados.

Por otro lado, es importante, distinguir entre alfabetización y literacidad, ya que existen diferencias, Carlino (2013a) explica lo siguiente a este respecto:

> Si bien mantienen relaciones, ninguno de estos campos de investigación ni los conocimientos emergentes de ellos, pueden reducirse a o derivarse del otro. En este sentido, distinguir *alfabetización* de *literacidad* permite diferenciar no sólo dos conceptos, sino dos categorías de problemas teóricos y dos clases de investigación: la didáctica-educativa y la lingüística-etnográfica. (p. 373).

Como explican Lea y Street (1998), aprender en los estudios universitarios implica la adaptación a nuevas formas de "entender, interpretar y organizar el conocimiento" (p. 158), mientras que leer y escribir en las disciplinas son procesos por los que los estudiantes se acercan a áreas de estudio desconocidas hasta ahora para ellos.

Revisión de la literatura existente

Se encontraron artículos que abordaron el tema sobre alfabetización académica, y el trabajo de Carlino (2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013a, 2013b) constituye un antecedente relevante para la presente investigación; específicamente se da cuenta de experiencias, iniciativas pedagógicas y publicaciones sobre la enseñanza de la lectura y la escritura en la universidad (en el contexto argentino especialmente), pero mostrando la influencia de diferentes tradiciones investigativas, tales como "escribir a través del currículum" (Bazerman et al. 2005; Russell, 2002), "enseñar escritura en contexto" (Chalmers y Fuller, 1996),. En las diferentes investigaciones que realiza, no se enfoca solamente en los estudiantes, también pone énfasis en los docentes, las instituciones y la didáctica-educativa, que desde su punto de vista unidos podrían ir más allá de la división existente de las prácticas de lectura y escritura y la inscripción a cursos remediales, podrían constituirse en espacios que coadyuven el acceso de los estudiantes a culturas letradas en cada disciplina.

El análisis que realizo Carlino, (2017) sobre este tema, permitió caracterizar dos variantes de la modalidad de enseñanza entrelazada: a) lectura y escritura tratadas principalmente como herramientas para abordar conceptos disciplinares y b) lectura y escritura especializadas, propias de una disciplina o del estudio de una disciplina, consideradas sobre todo como objetos de enseñanza. Estas dos variantes de la enseñanza entrelazada comprenden lo que se ha definido como 'alfabetización académica' (Carlino, 2013), y constituyen procesos de enseñanza que permiten a los estudiantes acceder al saber producido por las disciplinas y apropiarse de las formas de leer y escribir propias de ellas.

Y en su investigación descubrió que son pocos los docentes que declaran que promueven el intercambio entre ellos y los alumnos u otros pares, a través de la discusión sobre lo leído o lo escrito. (p. 31).

Lobato (2019) menciona que "los textos académicos presentan dificultades para el sujeto lector inexperto, pues requieren de una comprensión especializada de lectura", (p. 1), en esta investigación aplicaron un total de 733 pruebas de diagnóstico, realizadas a la población total de estudiantes de nuevo ingreso desde el enfoque del análisis del discurso y la lingüística textual, a estudiantes de nuevo ingreso de la Universidad Icesi de Cali, Colombia, posterior al análisis de la información, aseguran que las dificultades de lectura de los textos académicos de estudiantes que ingresan a la universidad se deben al bajo rendimiento en la competencia lectora, desde sus dos grados: la comprensión general y la compresión especializada; de acuerdo a esto, en este estudio, la alfabetización académica propone la enseñanza de la comprensión lectora situada en la disciplina y desarrollada en las asignaturas específicas de cada carrera.(pp. 1-15)

Guzmán (2019) indica que para ser explicado el grado de alfabetización académica de los estudiantes universitarios se debe partir de las prácticas escritoras y lectoras promovidas por sus docentes, y de acuerdo con la prueba H de Kruskal Wallis que fue utilizada para determinar las posibles diferencias entre cuatro universidades españolas, con una muestra participante en el estudio de 240 alumnos que cursaban los grados de magisterio, mostró que existen diferencias estadísticamente significativas en las prácticas escritoras y lectoras entre las universidades. (p. 325).

Moreno Mosquera (2019), realizo un estudio sobre el tema Lectura académica en la formación universitaria: tendencias en investigación, en el cual menciona a Pérez y Rincón (2013), el cual reunió 17 equipos de investigación entre los años 2009 y 2011, de diferentes universidades para estudiar las prácticas de lectura y escritura en la universidad y su relación con la cultura académica, la hipótesis que orientaba este estudio fue: "el tipo de prácticas académicas que promueve la universidad y que se concreta en las prácticas pedagógicas y didácticas de sus docentes, lo cual, produce ciertos modos de leer y escribir en los estudiantes, y esto se relaciona de modo directo con cierto tipo de cultura académica" (p. 101). Entre las conclusiones de este estudio se encontraron que: existe un número considerable de cursos basados en una concepción de lectura y escritura como competencias generales, que no son una condición suficiente para el ingreso a la cultura académica universitaria, en la que se reconozca la función epistémica de la lectura y la escritura, esto es, conectadas a las necesidades y a modos específicos de uso para construir y aprender contenidos en una disciplina específica, además, se hace necesario considerar el hecho de que los apuntes de clase sean el texto más leído y escrito por los estudiantes, dado que es fundamental que cualquier profesional en formación aprenda a consultar fuentes primarias y se vincule a su comunidad de práctica, por otro lado, la universidad, en sus políticas, y los docentes, en sus prácticas de enseñanza, no tienen como propósitos explícitos fortalecer la lectura y la escritura académica con funciones epistémicas, esto, confirma que se promueven usos de lectura y escritura, orientados principalmente a responder tareas y evaluaciones. (pp. 101-102).

Escarpeta Sánchez, (2019), en su investigación denominada la influencia de los aspectos socioculturales y lingüísticos en los niveles de literacidad: el caso de alumnos de la Facultad de Idiomas, Universidad Veracruzana, plantea como problema principal el que muchos alumnos recién ingresados a la Facultad de Idiomas, Universidad Veracruzana, presentan niveles bajos en literacidad; presenta la hipótesis de que existen grandes diferencias en los niveles de lectura y escritura de los alumnos porque inciden en estos los aspectos socioculturales y lingüísticos, los cuales tienen mucha influencia para la formación competente o no de lectores y escritores, utiliza el enfoque biográfico-narrativo que, desde su perspectiva, permitió conocer aspectos de la vida estudiantil de los jóvenes, para esto se realizaron entrevistas a siete alumnos de la licenciatura en Lengua Inglesa, que estaban inscritos en la experiencia educativa "Gramática comunicativa del español". Esta investigación confirmo que los factores socioculturales influyen poderosamente en los niveles de literacidad de los estudiantes. Quien llega a una universidad sin una formación lectora y escritural, tendrá serios problemas en sus posteriores estudios. Un joven podrá ser muy inteligente, muy capaz, pero si las condiciones socioculturales no le han permitido formarse

más allá de su comunidad, cómo podrá ser un lector competente. La lectura implica una red de intertextualidades, si se ha vivido en un mundo donde no se ha tenido acceso a conocimientos generales, comprender un texto resulta difícil. Por eso concluye que, ser buen lector y escritor no sólo depende de la inteligencia, sino también de los aspectos socioculturales que desde niño rodean a la persona (pp. 8-14).

Mejía Carvajal y Benavides Cáceres (2018) Presentaron un estudio acerca de las estrategias pedagógicas para la alfabetización académica en la Universidad Santo Tomás; el cual, es un estudio de corte cualitativo descriptivo que muestra una estrategia pedagógica de apoyo a los procesos de lectura y escritura en la Universidad, en donde el objetivo general del proyecto es contribuir a la disminución de la mortalidad asociada a factores académicos que afectan la permanencia estudiantil ya que concluyen que los docentes disciplinares reconocen la importancia de la lectura y la escritura, sin embargo, no es su intención primordial enfatizar en estos procesos, por lo que se hace necesario un trabajo mancomunado y espacios de socialización de experiencias que se visibilicen institucionalmente. (pp. 79- 91).

Chiriboga Cevallos, Yumisaca Pala y Estrada García, (2018), en su investigación Análisis de pertinencia de las competencias para la escritura académica con los estudiantes de las carreras de ciencias experimentales que es de corte cualitativo, con un diseño no experimental, documental, de campo, y está sustentada en el método inductivo; el cual tuvo una muestra de tipo no probabilista intencional constituida por 160 estudiantes, de las Carreras de Biología, Química y Laboratorio y Ciencias Exactas, tuvo como objetivo determinar las competencias que poseen los discentes para la escritura académica. Mostro en los resultados obtenidos que los educandos tienen poco interés por la lectura, practican escritura por cumplimiento cometiendo errores u omisiones, por lo que presentan problemas al realizar escritos especializados. En consecuencia, no poseen las competencias necesarias para realizar escritos académicos acordes al nivel que cursan. En este estudio se recomienda desarrollar talleres de capacitación de lectura, escritura e iniciación a la investigación (pp. 3-15).

Corte Vitoria, (2018). Tiene como objetivo de su libro La escritura académica en la formación universitaria formar a los estudiantes, para que aprendan a escribir y disfruten haciéndolo, y esto solo se consigue escribiendo y recibiendo un *feedback* permanente por parte de los formadores. Ya que, desde su punto de vista, la escritura nos socializa en la cultura a la que pertenecemos, resultando que los jóvenes y adultos que llegan a la universidad son fruto de una cultura y una tradición escolares muy particulares de cada país. En este documento se propone al modelo de escritura de Lucy Flower y John Hayes (1981), como uno de los más completos para este propósito, el cual consta de las siguientes fases: planificar, traducir-redactar, y revisar (pp. 12- 42).

Resultados y discusión

El análisis de la información muestra que hay diversidad en relación con los intereses de las investigaciones, ya que a pesar de estar fundamentadas en la alfabetización académica sus propósitos abarcan temas diferentes como: los factores socio culturales, lingüística, cultura académica, las estrategias pedagógicas, entre otros; lo cual evidencia que tienen de fondo marcos conceptuales diferenciados y reflejan esa diversidad en la investigación. De la misma forma, se diferencian y se marcan claramente las tendencias de las prácticas de lectura y escritura: la alfabetización y la literacidad académicas. La primera, como se dijo inicialmente, se centra en los procesos de enseñanza que se ponen en marcha para que los estudiantes accedan y se desarrollen en culturas escritas disciplinarias, mientras la segunda como menciona Hernández Zamora (2009) y Montes y López (2017) incluye estudios etnográficos y comprende que las prácticas letradas son socioculturalmente diversas.

También es importante resaltar que existe la creencia de que el alumno debería llegar a la universidad con las competencias suficientes para desempeñarse adecuadamente las actividades de lectura y escritura requeridas en las asignaturas; esto no es así, tal como lo explica Carlino (2011) al comentar el impacto que sufren los jóvenes que ingresan a la universidad y se topan con una cultura académica distinta a la del bachillerato:

Trabajo a futuro

De acuerdo con lo anterior, se hacen necesarios estudios en los cuales se analice el papel de los docentes universitarios y de las instituciones, Por ello, como lo plantea Carlino (2013b):

> Necesitamos comprender las prácticas de enseñanza en detalle, los tipos de interacciones que ocurren, las intervenciones de los profesores que favorecen (u obstaculizan) que los alumnos lean y comprendan lo leído, las acciones docentes que llevan a que los estudiantes escriban para aprender, y no solo para ser evaluados en las asignaturas, las mediaciones del profesor para que sus estudiantes aprendan a escribir como se les requiere. Necesitamos describir cuáles son los tiempos que se dedican en clase a discutir colectivamente lo leído y lo escrito, las consignas dadas, la forma de entrelazar lectura, escritura, contenido disciplinar y comprensiones de los alumnos, cómo el docente regula las tareas en torno a lo escrito, etc. (pp. 23-24).

Conclusiones

Después de presentar el análisis de artículos sobre el tema de la alfabetización en el ámbito universitario, es importante resaltar que este tema no solo pertenece a los estudiantes, ya que por sí solos tendrán dificultades; es importante la participación activa de los docentes de las diferentes disciplinas y la reflexión sobre la articulación de las prácticas de lectura y escritura en las diferentes asignaturas, y sobre todo tener el aval de las instituciones de nivel superior para formar parte de este proceso, ya que ellas son las responsables de fomentar la cultura académica.

Y se hace evidente que en los enfoques de alfabetización académica se requieren géneros especializados, dominio de habilidades discursivas y marcos epistemológicos propios a cada disciplina, esto es, “la capacidad de responder a situaciones retóricas nuevas y recurrentes en la construcción, interpretación, uso y aprovechamiento de las convenciones del género, enraizadas en culturas disciplinares específicas y en prácticas para lograr fines profesionales” (Bhatia, 2004, p. 144).

Referencias

Bhatia, V. K. (2004). *Worlds of written discourse: A genre-based view*. Londres, Inglaterra: Continuum.

Carlino, P. (2001). Hacerse cargo de la lectura y la escritura en la enseñanza universitaria de las ciencias sociales y humanas. *I Jornadas sobre “La lectura y la escritura como prácticas académicas universitarias”*, Universidad Nacional de Luján, Luján.

Carlino, P. (2002). ¿Quién debe ocuparse de enseñar a leer y a escribir en la universidad? Tutorías, simulacros de examen y síntesis de clases en las humanidades. *Lectura y Vida, 23*(1), 6-14. *Lectura académica en la formación universitaria: tendencias en investigación* 113

Carlino, P. (2003a). Alfabetización académica: Un cambio necesario, algunas alternativas posibles. *Educere, 6*(20), 409-420. Recuperado de http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/19736/1/ articulo7.pdf.

Carlino, P. (2003b). Leer textos científicos y académicos en la educación superior: Obstáculos y bienvenidas a una cultura nueva. *Uni-Pluri/Versidad, 3*(2). Recuperado de http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/ article/view/12289.

Carlino, P. (2004). Escribir y leer en la universidad: responsabilidad compartida entre alumnos, docentes e instituciones. En P. Carlino (Coord.), *Textos en Contexto* (pp. 5-21). Buenos Aires, Argentina: Lectura y Vida.

Carlino, P. (2005). *Escribir, leer, y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica.

Carlino, P. (2007). Estudiar, escribir y aprender en universidades australianas. *Textura, 6*(9), 11-33. Recuperado de https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxqb3JuYWRhc2dpY2VvbGVtfGd4Ojc2ZGVmZDYyMzhmMzVkYzk.

Carlino, P. (2009). Reading and writing in the social sciences in Argentine universities. En C. Bazerman, R. Krut, S. Null, P. Rogers y A. Stansell (Eds.), *Traditions of writing research* (pp. 283-296). Oxford: Routledge/Taylor & Francis. Recuperado de https://www.aacademica.org/paula.carlino/109.pdf.

Carlino, P. (2011). Leer y escribir en las Ciencias Sociales en universidades argentinas. *Contextos de Educación*, (11), 1-12.

Carlino, P. (2012). Who takes care of writing in Latin American and Spanish universities? En C. Thaiss, G. Bräuer, P. Carlino, L. Ganobcsik-Williams y A. Sinha (Eds.), *Writing programs worldwide: Profiles of academic writing in many places* (pp. 485-498). Recuperado de http://wac.colostate.edu/books/wpww/chapter41.pdf.

Carlino, P. (2013a). Alfabetización Académica diez años después. *Revista Mexicana de Investigación Educativa, 18*(57), 355-381. Recuperado de https://www.comie.org.mx/revista/v2018/rmie/index.php/nrmie/article/view/250/250.

Carlino, P. (2013b). Investigar las prácticas de lectura y escritura en la universidad: Necesidad de un cambio de perspectiva. En *¿Para qué se lee y se escribe en la universidad colombiana? Un aporte a la consolidación de la cultura académica del país* (pp. 21-26). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana - Colciencias.

Carlino, P. (2017). Dos variantes de la alfabetización académica cuando se entrelazan la lectura y la escritura en las materias. Signo y Pensamiento 71. XXXVI. 18–34. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/signo/v36n71/0120-4823-signo-36-71-00018.pdf

Corte Vitoria, M. I., (2018). *La escritura académica en la formación universitaria,* Ediciones NARCEA, S.A.

Chiriboga Cevallos, A. A., Yumisaca Pala, Y. I. & Estrada García J. A., (2018). Análisis de pertinencia de las competencias para la escritura académica con los estudiantes de las carreras de ciencias experimentales, *boletín virtual, 7*. recuperado de dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6523206.pdf

Escarpeta Sánchez, J. Á. (2019). La influencia de los aspectos socioculturales y lingüísticos en los niveles de literacidad: el caso de alumnos de la Facultad de Idiomas, Universidad Veracruzana. *Álabe 19*. Recuperado de DOI:10.15645/Alabe2019.19.9

Gardner, H. (2005a). Las cinco mentes del futuro un ensayo educativo, España: Paidós.

Gardner, H. (2005b). Inteligencias múltiples veinte años después. Revista de Psicología y Educación, 1(1), 27-34.

Guzmán Simón, F. & García-Jiménez, E. (2017). La alfabetización académica de los futuros maestros. Un estudio comparativo en varias universidades españolas. *Revista de Investigación Educativa, 35*(2), 317-335 Recuperado de http://dx.doi.org/10.6018/rie.35.2.246011

Hernández Zamora, G. (2009). Escritura académica y formación de maestros, ¿por qué no acaban la tesis? *Tiempo de Educar, 10*(19), 11-40.

Lea, M., & Street, B. (1998). Student writing in higher education: an academic literacies approach. *Studies in Higher Education 23*(2), 157-172. doi: https://doi.org/10.1080/03075079812331380364

Lobato Osorio, Lucila (2019). El novel sujeto lector ante el texto académico: El difícil paso de la comprensión general a la especializada. *Educare, 23*(2), 1-19. Recuperado de http://dx.doi.org/10.15359/ree.23-2.14

Montes S., M., y López-Bonilla, G. (2017). Literacidad y alfabetización disciplinar: enfoques teóricos y propuestas pedagógicas. *Perfiles educativos, 39*(155), 162-178. Recuperado de http://www.iisue.unam.mx/perfiles/articulo/2017-155-literacidad-y-alfabetizacion-disciplinar-enfoques-teoricos-y-propuestas-pedagogicas.pdf.

Mejía Carvajal B. & Benavides Cáceres D. R., (2018). Estrategias pedagógicas para la alfabetización académica en la Universidad. *Neuronum. 4*(2). Recuperado de http://eduneuro.com/revista/index.php/revistaneuronum/article/view/124/116

Moreno Mosquera E. (2019). Lectura académica en la formación universitaria: tendencias en investigación. *Lenguaje, 47*(1), 91-119. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/leng/v47n1/0120-3479-leng-47-01-00091.pdf

Tapia, G. N. (2015). *La influencia de la tecnología digital en el desarrollo*. Obtenido de http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/58586/1/Norma%20Esperanza%20Tapia%20Gardner_Tesi%20doctorals.pdf

Desarrollo del proyecto educativo: NOVA Luz para la iluminación residencial.

A. Dionicio Abrajan[1], Á. V Castro Ramírez[1] B.L. Orduña Tenorio[2] y S.R. Zagal Barrera[1]*
[*]Departamento de Informática y Sistemas Computacionales[1], Departamento de Ciencias Económico Administrativas[2] carretera Iguala-Taxco, colonia Adolfo Mateos, C.P. 40030, Iguala, Gro., México
**angelita.dionicio@itiguala.edu.mx*
***Área de participación**: (Investigación Educativa)*

Resumen

El presente trabajo, permitió diseñar y desarrollar un dispositivo que, permita controlar el encendido y apagado de luces por medio de una aplicación móvil, de esta manera se lograra automatizar el proceso de encendido de las luces que actualmente se realiza mecánicamente. Cabe destacar que, para el desarrollo de este proyecto, se realizó una investigación para verificar la factibilidad de implementarlo y los beneficios que se pueden obtener de dicho dispositivo.
Se utilizó Arduino y algunos componentes para el desarrollo del dispositivo y AppInventor para el diseño y desarrollo de la aplicación móvil, que permitirá encender y apagar luces residenciales por medio de botones o por comandos de voz.
La investigación utilizada fue de campo, con la finalidad de difundir los hallazgos encontrados en el proceso y argumentar el uso adecuado de cada elemento ocupado para la elaboración del proyecto, además de utilizar la tecnología personal en el hogar.

***Palabras clave**:*
Automatizar, arduino, dispositivo y aplicación.

Abstract

The present work, allowed to design and develop a device that, to control the lighting on and off by means of a mobile application, in this way it will be possible to automate the process of lighting the lights that are currently performed mechanically. It should be noted that, for the development of this project, an investigation was carried out to verify the feasibility of implementing it and the benefits that can be obtained from said device.
Arduino and some components were used for the development of the device and AppInventor for the design and development of the mobile application, which will allow turning on and off residential lights by means of buttons or by voice commands.
The research used was from the field, with the purpose of disseminating the findings found in the process and arguing the appropriate use of each element occupied for the elaboration of the project, in addition to using personal technology at home.

***Key words**:*
Automate, Arduino, device and application.

Introducción

La finalidad de realizar esta investigación fue motivado con la firme idea de generar un proyecto que permitiera ayudar a otras personas a mejorar la calidad de vida que de una forma cotidiana que pasa por alto, es decir las personas que viven en zonas urbanas y suburbanas tienen un teléfono y varios de los hogares, negocios u organizaciones tienen acceso a internet lo cual permite que se puedan implementar las tecnologías sin exceder de su economía doméstica.
De tal forma que este proyecto se fue desplegando a través de la investigación y la utilización de las técnicas de metodología para comprobar que se puede implementar las tecnologías del proyecto NOVALUZ a la sociedad y mejorar las condiciones actuales en el uso racional de la energía eléctrica.

El desarrollo de esta investigación se divide en tres partes; la primera parte fue la investigación documental que destaca al descubrir la existencia de varios modelos de dispositivos los cuales nos permiten la oportunidad de mejorar a menor costo los existentes, la segunda parte es el trabajo paralelo de diseñar e implementar la aplicación que se compilaría con el dispositivo, que a su vez en la tercera etapa se diseñó a forma de protipo, pero que está usando en una habitación real aportando datos que se están considerando como evidencia para mejorar la instalación eléctrica y electrónica del dispositivo.

El trabajo presentado se despliega a partir de la investigación primaria de consulta, los procesos de organización de la prueba de muestra para fines estadísticos y toma de decisiones, el desarrollo del proyecto, así como los resultados y la conclusión.

Metodología

Diseño metodológico
En el diseño metodológico, implico decidir los procedimientos, estrategias y operacionalidad para alcanzar los objetivos de investigación; que es llevar a la práctica los pasos generales del método científico, al planificar las actividades sucesivas y organizadas donde se encuentran las pruebas que se han de realizar y las técnicas para recabar y analizar los datos. Es por ello que se diseñó la estrategia de partir del Arduino y la aplicación AppInventor y analizar que fueran compatibles con el dispositivo que se diseñó.

Diseño de investigación experimental
La investigación se enfocó a partir del software ya existentes que si bien es cierto se encuentra para su utilización se debía comprobar que al diseñar el dispositivo de encendido y apagado de la energía eléctrica en una casa habitación pudiera convertirse en universal, además de verificar a través de prueba y error los resultados para mejorarlos en la instalación directa del dispositivo en casas habitadas y propietarios usando la aplicación desarrollada.
La investigación fue considerada transversal y longitudinal debido a que se basó en datos en un momento específico; delimitados por el dispositivo utilizado en la casas habitación además del desarrollo de la aplicación debido al uso constante de actualizaciones y longitudinal debido a que se diseñó para abarcar todo el proceso histórico del fenómeno a estudiar; estudiando la evolución del fenómeno. La recolección de datos será en varios momentos.

Método aplicado a la investigación
Partimos del planteamiento del problema, con la investigación documental en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) señala que en México, el proceso de envejecimiento se hizo evidente a partir de la última década del siglo pasado, mostrando una inercia que cada vez se hace más notoria.
Cabe mencionar que se detectó que existen problemas en las personas y es la limitante motriz, se identifica que la población con discapacidad tienen problemas socioeconómicos, por ello se aprecia que las personas integrantes de los hogares presentan dificultades para:

- Caminar, moverse, subir o bajar.
- Ver, aun usando lentes.
- Hablar, comunicarse o conversar.
- Oír, aun usando aparato auditivo.
- Vestirse, bañarse o comer.
- Poner atención o aprender cosas sencillas.
- Tiene alguna limitación mental.

En consecuencia las personas de la tercera de edad que viven solas o que poseen discapacidades, se les hace difícil realizar actividades cotidianas en su hogar por más sencillas que parezcan, como ejemplo, encender y apagar las luces, ya que este es un proceso mecánico que tal vez parece sencillo de realizar pero, para una persona que no puede caminar o tiene dificultad de realizar movimientos musculares se convierte en algo difícil y cansado, además muchas de las veces estas personas se encuentran solas en casa, a veces por periodos prolongados, de aquí parte la idea de facilitar esta tarea y ayudar a esas personas.

El objetivo general del proyecto; es; desarrollar un dispositivo que, mediante el reconocimiento de voz, permita al usuario el encendido y apagado de luces residenciales.

De tal forma los objetivos específicos que se lograrían son el de:

- Diseñar un mecanismo que sea de fácil uso para el usuario y que le permita encender y apagar las luces de su residencia mediante comandos de voz.
- Recabar datos sobre los componentes, materiales y herramientas a ocupar que contribuyan para el correcto desarrollo del dispositivo.
- Configurar comandos de voz de fácil pronunciación que permita a los usuarios encender y/o apagar luces domésticas.
- Determinar el nivel de confiabilidad o desempeño obtenido del dispositivo bajo distintos ambientes y según características del hablante.
- Usar un lenguaje de programación que permita la interpretación de voz de las personas

A partir de ello, se plantea el supuesto de que con el desarrollo del proyecto “Nova luz” se controlará el encendido y/o apagado de luces de hogar, realizando así más fácil el control de luces residenciales a personas con limitaciones motrices, haciendo más fácil y práctico el uso del mismo.

La necesidad de satisfacer se justifica por los usos y aplicaciones que podrán realizarse además de utilizar los sistemas de reconocimiento de voz para las personas que por sus necesidades específicas, de tal manera que surgen las razones por las cuales se planteó la realización de este proyecto que son las siguientes:

- Se tiene la intención de encender y apagar las luces en una residencia implementando un circuito práctico y de calidad que permita reconocer comandos de voz.
- Impacto ambiental: En el desarrollo de “NOVA luz” utilizamos algunos componentes dañinos que puedan perjudicar en un futuro al medio ambiente, por lo tanto, puede verse afectado.
- Impacto social: En este impacto el proyecto prevé elaborar un dispositivo capaz de controlar las luces de una casa/habitación, beneficiando principalmente a personas que tengan dificultades de movimiento. Además, la generación de este proyecto de ser factible, permitirá generar una microempresa productiva.
- Impacto económico: El proyecto “NOVA luz” beneficiara a varios entes, por un lado, a los propietarios y por otra parte a quienes compren el producto (dispositivo), cabe mencionar que, el producto solo podrá ser adquirido por aquellas personas que estén en un estatus de clase media-alta. Las utilidades generadas por el proyecto estarán destinadas directamente en gran parte a la reinversión del producto.
- Impacto tecnológico: El producto sustituye al interruptor convencional, generando con ello una mejor facilidad al encender y apagar luces, además de utilizar la tecnología que se encuentra al alcance de todas las personas.

Técnicas de investigación

Las actividades fueron planteadas cronológicamente primeramente se diseñó con las fuentes documentales la información y se aplicó una encuesta con la finalidad de recolectar, procesar y analizar información, la cual fue pertinente para avanzar con el proyecto de “NOVA Luz”. Una vez recolectada la información y teniendo como base la existencia de dispositivos similares de procedió a tomar la muestra

Universo y muestra

El universo de la población es muy alto debido que se incluirán no solo casa habitación, sino todo aquel lugar que utiliza energía eléctrica pero se delimita la muestra a que el dispositivo , requiere del uso de la tecnología como el internet que sería en zonas urbanas o suburbanas con acceso WiFi y también al uso del celular donde se encuentra instalada la aplicación por ellos se consideraron a los usuarios con esas características además de ser de estatus económico medio o medio/alto, debido a que el uso de las tecnologías están dirigidas a esa sección, como mercado meta. Cabe mencionar que, también se tomaron tomamos en cuenta como muestra, aquellas instituciones en las cuales se encuentran personas que requieran hacer uso de nuestro producto, como asilos, centros de rehabilitación y algunos hospitales dentro de la región.

 ISSN 2007-8102

Muestreo cualitativo.
Como se ha indicado que la investigación es de tipo social, se considera que no es probabilístico debido a que es de índole social, los datos son medibles a través de indicadores medidos porcentualmente, luego entonces se considera un muestreo causal.

Tipo de estudio
Correlacional: ya que se visualiza la problemática y se hace la relación con las personas afectadas, con ello se podrá saber el comportamiento de nuestro dispositivo y de las personas a la que va dirigido.

Proceso de elaboración del dispositivo.
En el proceso de desarrollo del proyecto de NOVA Luz, se estructuro en tres fases la primera fue la construcción del dispositivo que fue elaborado como protipo con los siguientes elementos:

Materiales	Cantidad	Unidad
Placa Arduino	1	Pieza
Módulo Bluetooth HC-06	1	Pieza
Módulos relay 2 canales	2	Pieza
Socket porcelano	4	Pieza
Clavija convencional	1	Pieza
Cable número 12 doble polo	3	Metro
Pijas 1 pulgada	8	Pieza
Protoboard(mini)	1	Pieza
Cinta de aislar	1	Pieza
Cables puentes	1	Paquete
Pinzas	1	Pieza
Desarmador	1	Pieza

Tabla 1.- Elementos utilizados en la elaboración del dispositivo.

La segunda fase fue desarrollar la aplicación utilizando AppInventor, la cual es una herramienta muy útil para el diseño e implementación configurando el código para utilizarla en la sustitución de un apagador convencional.

La tercera fase, se continuo con la implementación del sistema de reconocimiento de voz, haciendo énfasis que la información plasmada es tomada como referencia, se toman como entrada una forma de onda acústica y producen como salida una cadena de palabras, como lo muestra la figura No.1.

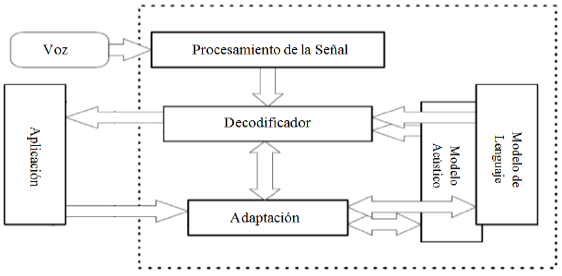


Figura 1: Arquitectura básica del sistema de reconocimiento de voz que se adoptó.

Resultados y discusión

Se analizaron primeramente las encuestas para verificar si podría ser aceptado el proyecto del dispositivo como un producto comercial, proporcionando información la cual determino fuera aceptada y continuo para diseñar con los resultados los siguientes puntos:

Estado de la técnica (estado del arte).
El desarrollo de circuitos por comando de voz cada vez mejoran las condiciones de vida de las personas que carecen o tienen algún impedimento físico, al igual que al eficientar el uso o las formas de uso de estos

dispositivos, debido a que nos permite economizar el recurso o bien darle una sustentabilidad en el ambiente, es por ello que se decidió desarrollar un dispositivo de reconocimiento de voz, que permite al usuario el encendido y apagado de luces en lugares de uso común, el cual aporta beneficios a los usuarios con el ahorro económico de la energía, su fácil accesibilidad en la solución de iluminación y la sustentabilidad que aporta el dispositivo.

La propuesta de innovación.

Los usos y aplicaciones de los sistemas de reconocimiento de voz son múltiples, pero las razones por las cuales se planteó la realización de este proyecto son las siguientes:

Este proyecto tiene la intención de encender y apagar las luces en una residencia implementando un circuito práctico y de calidad que permita reconocer comandos de voz, para hacer más fácil controlar el encendido y apagado de las luces en el hogar, haciendo de esta manera más cómoda la tarea de encender y apagar luces, ya que con esto se podrá evitar cierto esfuerzo físico a la hora de accionar el interruptor de las luces.

- Con la implementación de “Nova luz” se controlará el encendido y/o apagado de luces del hogar de una manera práctica.
- Dirigido para todo tipo de personas que lo deseen a un costo verdaderamente accesible para ellos.
- Dispositivo de fácil instalación para una persona con conocimientos básicos de electricidad.
- Una aplicación fácil de manipular pensando en los usuarios que estén empezando a utilizar dispositivos móviles.

Propuesta de valor

“Seguirás usando dispositivos que en la oscuridad no tengas fácil acceso a ellos, además de no darte seguridad ni cuidar tu integridad física o serás parte de la tecnología a través de NOVA LUZ, que te permite crear un ambiente seguro e íntimo.”

Nova Luz, es un producto capaz de aportarte varias condiciones que facilitan tu vida:

- ✓ Reconoce tu voz a distancia
- ✓ Fácil acceso a la iluminación de tu intimidad en el hogar, oficina o lugares con escasa luz.
- ✓ Es económico y eficiente
- ✓ Ahorro en la energía eléctrica
- ✓ Disponible para utilizar a través de su aplicación desde tu celular.
- ✓ Discreto en su instalación

Sector estratégico.

El producto es altamente consumible al sector de doméstico realizado principalmente por mujeres y hombre de la edad de 25 a 75 años de edad, de tal forma que aquellos que deseen iluminar espacios en sus viviendas, trabajos u oficinas podrán consumir este servicio la aplicación y si es que lo desean, deberán ser descargada por una página conocida como goolge apps con el sistema operativo de android, la adquisición del producto será en tiendas eléctricas y de electrónica, supermercados, además de mercado electrónico desde casa, sin embargo se buscara el apoyo de la producción y canales de distribución de terceros para que alcance una madurez económica.

Identificación del grado del nivel de madurez del desarrollo del proyecto (TRL)

Se identifica el producto en el nivel cinco en su desarrollo debido a que se encuentra en fase de que comprobación de los componentes tecnológicos básicos que fueron integrados a manera de que la configuración del sistema fuera similar a una aplicación final en casi todas sus características. Se hizo una prueba a escala en laboratorio y un sistema operativo condicionado. La diferencia mayor entre el nivel 4 y 5 que es el incremento en la fidelidad del sistema y su ambiente hacia la aplicación final. El sistema probado es casi prototipo.

La tecnología se ha validado a través de pruebas en el entorno previsto, simulada o real. El nuevo prototipo está listo para comenzarse a usar; se refina el modelado de los procesos (técnica y económicamente). Se han validado evaluaciones del ciclo de vida y modelos de evaluación económica. Cuando sea relevante para su posterior ampliación, se han identificado los siguientes conceptos; salud y seguridad, limitaciones ambientales, regulatorios y de disponibilidad de recursos.

 ISSN 2007-8102

Estrategia de propiedad intelectual

Considerando la introducción del producto es significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso al que se destina, por lo que tiene una mejora significativa de las características técnicas, de la informática integrada, de la facilidad de uso u otras características funcionales. Se registró el prototipo ante el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual, para ello utilizamos a la incubadora que es parte del sistema para que vigile el proceso de registro y de su apoyo. Principalmente proteger el diseño con el registro de la propiedad a través de asistir a Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.

Es mejor diversificar el mercado manteniendo la propiedad intelectual por un año o dos y después otorgarla a una empresa que pueda reproducirla en masa.

Diversificar el código raíz con diferentes funciones y multitareas a la aplicación así como a diferentes dispositivos.

Instalación en prototipo de casa habitación con corriente eléctrica.

Efectivamente con la implementación de “Nova luz” controlo el encendido y/o apagado de luces del hogar de una manera práctica, como lo muestra la figura 2.



Figura 2: Casa prototipo de corriente bifásica.

El protipo fue instalado y se comprobaron los supuestos que deberían ser validados, los cuales dieron un resultado positivo después de determinar y estabilizar las direcciones IP. Una vez realizado en la casa protipo, se llevó a cabo la comprobación en una casa modelo de una unidad habitacional de interés social, donde su instalación fue oculta y validados los resultados.



Figura 3: Protipo del dispositivo.

También se ha comprobado que el funcionamiento de este producto es adecuado para cualquier lugar o para cualquier residencia y que además existe un buen mercado para la venta del mismo y se comprobó su funcionamiento con la aplicación instalada en el celular, que pudieron ser manipuladas de forma digital y por voz. La pantalla señala las áreas que cubre el dispositivo como como lo indica la figura 4.



Figura 4: Pantalla de la aplicación y sus funciones.

Una vez ya analizada la información obtenida por los distintas fases de esta investigación, la implementación de "NOVA Luz" será de gran ayuda para facilitar el control del encendido y apagado de luces residenciales y este proyecto está diseñado para el usuario que desee hacerlo a través de una herramienta tecnológica.

Trabajo a futuro

El nivel de estudio de la investigación ha generado posibilidades de crecimiento que se origina a través de un proyecto presentado en la participación el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica 2018, permite que se proceda la etapa de la comercialización en áreas que se tienen de estudio como lo son residenciales, unidades de casas de interés social, instituciones gubernamentales, organizaciones particulares y asociaciones civiles.

De tal forma que se exploraría al buscar, indagar, inspeccionar, reconocer; un estudio de seguimiento de mercado de la tecnología que se realizaría en la zona norte del estado de Guerrero.

Conclusiones

Una vez ya analizada la información obtenida por los distintos procesos de esta investigación, la implementación de "NOVA LUZ" será de gran ayuda para facilitar el control del encendido y apagado de luces residenciales y este proyecto está diseñado todo tipo de personas y personas con limitaciones motrices o que padezcan alguna discapacidad, así mismo una forma de economizar el uso de la energía eléctrica y por ende apoyar a la sustentabilidad en el proceso.

También se ha comprobado que el funcionamiento de este producto es adecuado para cualquier lugar o para cualquier residencia y que además existe un buen mercado para la venta del mismo. El diseño actualmente se ha mejorado de protipo a un diseño comercial apto para instalarse y dar mantenimiento, así mismo mejorar las condiciones económicas de los usuarios que utilizan la aplicación y el dispositivo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo institucional, del Ing. Cerón y el Sr. Vicente Castro, padres de los estudiantes que aportaron conocimiento y experiencia, así como de los docentes que han participado con asesoría especializada.

Referencias

1. Ahuactzin, L. (diciembre de 2012). Universidad de las Americas Puebla. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/ahuactzin_l_a/capitulo1.pdf
2. Esparza Arellano, M. E. (2014). redalyc.org. Obtenido de http://www.redalyc.org/pdf/944/94402206.pdf
3. Fernández, V. (2010). euskomedia.org . Obtenido de Univ. del País Vasco: http://hedatuz.euskomedia.org/6564/1/04321346.pdf
4. Vox, L. (2017). lumenvox.com. Obtenido de https://www.lumenvox.com/espanol/resources/tips/historyOfSpeechRecognition.aspx
5. Muñiz González, Rafael. (diciembre 2017) Ediciones CEF, 5ª. Edición, formato:epub.
6. González, D.M. (2017) Plan de negocios para emprendedores al éxito. Editorial Mc Graw Hill Interamericana
7. Roldán Martínez David, (2017) Tecnología VoIP y Telefonía IP, Editorial Creaciones Copyright. España.
8. Barrios Andrés Moises, (Madrid 2018) Internet de las cosas, Universidad Carlos III de Madrid. Editorial REUS.

Vinculación empresarial para mejorar desempeño profesional en estudiantes de Ingeniería Informática del Tecnológico de Teziutlán.

A. Pérez López[1], P. O. Silva-Vásquez[2], J. Mancilla Cerezo[3], A. C Palacios García[4]*
[1]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Informática. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C P. 73960 Teziutlán, Puebla, México
[2]Cuerpo Académico Minería de Datos e Innovación Tecnológica, Academia de Informática. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C P. 73960 Teziutlán, Puebla, México
[3]Cuerpo Académico Aplicaciones de tecnologías inteligentes y aprendizaje*, Academia de Tecnologías de Información y Comunicación. Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca, Av. Tecnológico S/N Ex-Hacienda Santa Ana, San Pablo Actipan, C.P. 75200, Tepeaca, Puebla, México.*
[4]Cuerpo Académico Aplicaciones de tecnologías inteligentes y aprendizaje*, Academia de Tecnologías de Información y Comunicación. Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca, Av. Tecnológico S/N Ex-Hacienda Santa Ana, San Pablo Actipan, C.P. 75200, Tepeaca, Puebla, México.*

**adriana.perez@live.itsteziutlan.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Este trabajo describe la importancia que tiene la vinculación empresarial en el proceso de enseñanza – aprendizaje, realizado en este caso, entre alumnos y personal docente de la carrera de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, y personal administrativo de la Empresa Ecolai México, S.A. de C.V. del Municipio de Actopan, Veracruz; con el propósito de fortalecer los estudios profesionales de los estudiantes y el apoyo a los procesos de producción en la citada empresa, con la realización de este proyecto de vinculación sobre desarrollo de software, se hace la comparación con el programa denominado educación dual, ya que en dualidad se ocupan diferentes modos de seguimiento a los de la vinculación, concluyendo que la vinculación de proyectos es una alternativa para que los alumnos tengan práctica en empresas reales con problemas reales apoyados de los asesores de la institución, sin necesidad de pertenecer al programa de educación dual.

***Palabras clave**: vinculación, desempeño académico, dualidad.*

Abstract

This paper describes importance of business link in the teaching - learning process, carried out in this case, between students and teaching staff of the Computer Engineering degree of the Higher Technological Institute of Teziutlán, and administrative staff of the Company Ecolai México, SA of C.V. of the Municipality of Actopan, Veracruz; In order to strengthen the professional studies of the students and support the production processes in the aforementioned company, with the completion of this linking project on software development, a comparison is made with the program called dual education, since in the duality, different forms of linkage monitoring is used, concluding that project linking is an alternative for students to have practice in real companies with real problems backed by the institution's advisors, without having to belong to the education program dual.

***Key words**: linkage, academic performance, duality.*

Introducción

En la actualidad los avances tecnológicos e innovadores, han vuelto necesario que los alumnos en educación superior tomen una mayor responsabilidad en su proceso de aprendizaje y desempeño laboral, impulsando la construcción y el desarrollo de competencias, conocimientos, habilidades y actitudes, para enfrentar la problemática que la vida les plantea [SEP, 2015]. Si bien es cierto que dentro de la preparación de profesionistas

adscritos al Tecnológico Nacional de México, se tienen contemplados programas con un tinte de vinculación, como lo son servicio social y residencia profesional, éstos no siempre logran los propósitos deseados, frecuentemente por circunstancias ajenas al Tecnológico de adscripción de los alumnos; ya que en ocasiones las dependencias donde realizan dichos programas los ocupan para actividades diferentes a las de su área de desarrollo profesional, o el alumno solo busca justificar de alguna forma parte de los requisitos que el Tecnológico requiere para la culminación de las carreras.

Una nueva opción, creada recientemente dentro de este organismo, es la que lleva por nombre “Modelo de Educación Dual”, está caracterizada por el currículo como proceso tecnológico y con enfoque humanista, por su orientación hacia el educando como un ser interactivo y adaptativo, de quien se espera un papel activo en la resolución de problemas o situaciones reales del medio. También del docente se espera un papel de orientador o guía del proceso por medio de la articulación interdisciplinaria como lo menciona [Muñoz, (2008)]. En otras palabras tiene como objetivo, integrar al estudiante a la empresa, organización o dependencia gubernamental para el desarrollo de nuevas competencias profesionales, dicho de otra forma, busca una estrategia flexible de acciones, mecanismos y recursos involucrados entre el TecNM y las empresas, organizaciones o dependencias gubernamentales, con la finalidad de formar y desarrollar competencias genéricas y específicas eficientemente, con el propósito de alcanzar una formación integral en los estudiantes, pero sobre todo que obtengan esa experiencia laboral tan solicitada al egresar de una carrera profesional [SEP, 2015]. Se genera el intercambio del profesor (Instituto Tecnológico) con el de mentor (organización), y del estudiante (Instituto Tecnológico) con el de trabajador (organización) como se puede apreciar en la figura 1.

En este sentido la Educación Dual es una manera en que el estudiante forma y desarrolla sus competencias profesionales establecidas en el perfil de egreso comúnmente a lo largo de su estancia en el Instituto Tecnológico, en este esquema donde se convierte en trabajador y algunas competencias las desarrollará en un ambiente laboral y/o científico en un tiempo determinado y preferentemente de tiempo completo.

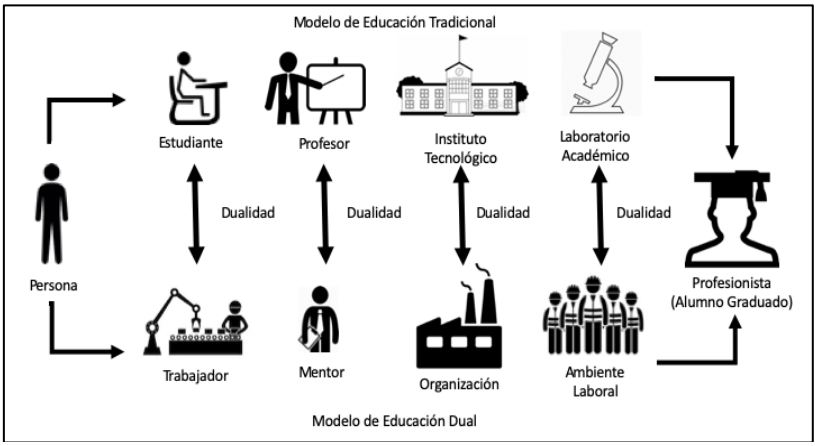


Figura 1. Metodología de Dualidad. Fuente: Creación Propia.

La dualidad conlleva una secuencia de pasos para poder llevarse a cabo los más relevantes y de los que se debe tener mayor atención son los siguientes:

Análisis y determinación de competencias profesionales.
Se refiere al estudio de las competencias específicas y genéricas, así como las relaciones entre las mismas con la finalidad de definir la mejor forma y camino para la formación y desarrollo de competencias profesionales en un ambiente laboral, en otras palabras, se puede interpretar como la especificación de metas que debe alcanzar el alumno al no tener las clases día a día y poder alcanzar la competencia de las materias en el área laboral en la que se encuentra. [Carranza, et al. (2016)]

Definición del plan de proyecto integral de educación dual.
Se refiere al conjunto de actividades cuyo propósito es mejorar la formación profesional del estudiante, aumentando sus capacidades, habilidades y actitudes a través de la mejora de sus competencias, este plan se

plasma en un documento que considera la mejora de aptitudes, de rendimiento, superación de deficiencias, facilitación de oportunidades, cambio de actitudes, incremento de la calidad de vida y aumento de la satisfacción personal, en esta parte se debe proponer cómo será la forma de evaluar al alumno con ayuda de un proyecto el cual involucre a todas las materias del semestre que iba a cursar el joven que ahora estará en la empresa para que se alcancen al unísono del proyecto, que la empresa necesite para la dualidad. [Carranza, et al. (2016)]

Plan de capacitación para el proyecto integral de educación dual.
El plan de capacitación es una acción planificada cuyo propósito general es preparar e integrar al recurso humano en el proceso formativo de educación dual, mediante la entrega de conocimientos, desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el mejor desempeño en el trabajo. La capacitación debe brindarse en la medida necesaria haciendo énfasis en los aspectos específicos y necesarios para que los involucrados puedan desempeñarse eficazmente en su función, donde deben participar los tres personajes de la dualidad que son estudiante, profesor y mentor, en esta parte se deben realizar juntas para que los tres participantes conozcan el proceso y con ello sepan lo que va a ocurrir en el transcurso de la dualidad. [Carranza, et al. (2016)]

Vinculación como un método alterno de mejora en el desempeño del alumno.
Desafortunadamente no todas las empresas cubren al cien por ciento los requisitos que el programa de dualidad solicita, por lo que no todos los jóvenes tienen acceso a él; por lo que se tomó la decisión de realizar vinculación como la mejor opción de acercamiento para estudiantes de semestres avanzados que no hayan podido participar en Educación Dual y, de esta forma generarles una experiencia en un ambiente real, pero sin dejar la escuela.

La empresa de reciente creación ECOLAI México, S. A. de C.V. que se dedica a la recolección, reutilización y reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE); con procesos y estándares de calidad con responsabilidad social, tiene un acercamiento con docentes del ITST, con la intención de vincular proyectos académicos que impacten en la productividad de su empresa, pero al mismo tiempo logren en el alumno el alcance de competencias profesionales que los lleven a la resolución de problemas a necesidades reales, con enfoque directo a su área de desarrollo profesional. Por lo que se llevó a cabo una firma de convenio institucional, que avaló de forma segura, los trabajos desarrollados por alumnos del Tecnológico, elaborando un control de inventario del proceso de desmantelamiento de residuos eléctricos y electrónicos, detallado en la sección de metodología

Metodología

El proyecto de vinculación, posee un perfil tecnológico, mismo que tiene por finalidad, la de resolver problemas prácticos, comprende con mayor énfasis la transformación, cuyo propósito es obtener conocimiento para lograr modificar la realidad en estudio, persiguiendo un conocimiento práctico [Rincón, 2011] ya que forma parte de investigaciones tecnológicas. La figura 2 muestra el esquema gráfico de la metodología diseñada para el seguimiento, para potenciar los conocimientos prácticos en los alumnos, a la vez que se resolvían problemáticas reales de la empresa.

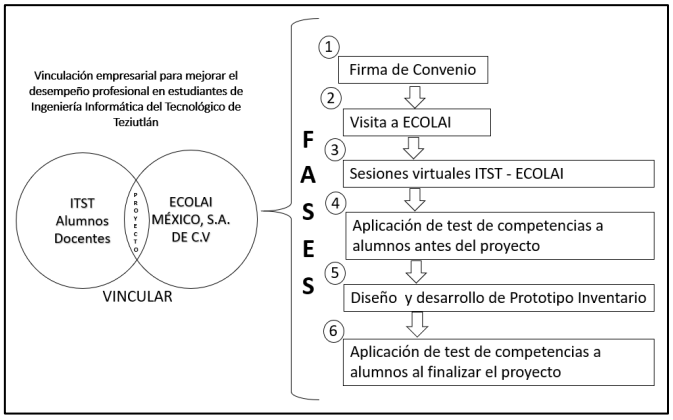


Figura 2. Metodología de Vinculación. Fuente: Creación Propia.

 ISSN 2007-8102

Firma de convenio.
Tras el acercamiento que la Empresa Ecolai México, S. A. de C. V. tuviera con la Maestra Adriana Pérez López, desde mediados del año 2018, se pudo por fin, como se aprecia en las figuras 3 y 4, lograr la firma del convenio de dicha empresa y el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, a finales del mes de septiembre de 2018. Con lo cual el Instituto amplía su compromiso, no solo con su Sistema de Gestión Ambiental, sino que apoya vinculación escuela - empresa, con la intención de realizar proyectos que impacten en ambos sentidos.



Figura 3. Primer acercamiento Ecolai - ITST



Figura 4. Firma de Convenio Ecolai México - ITST

En el marco de los acuerdos en la firma de dicho convenio, se acordó la iniciación de este proyecto que está encaminado a la implementación y mejora de los prototipos que se logren diseñar y desarrollar.

Visita a instalaciones de ECOLAI MÉXICO e ITST
A finales de 2018 docentes de la carrera de Ingeniería Informática, visitan las instalaciones de Ecolai México, mismas que se aprecian en la figura 5, con la finalidad de conocer las áreas involucradas en el proceso de recolección, desensamble, clasificación y tratamiento de RAEE.



Figura 5. Instalaciones de la Empresa Ecolai México, S.A. DE C.V.

De igual forma en esa visita se tuvo la oportunidad de platicar con el director de Ecolai, México; Alejandro Villanueva Álvarez para realizar el análisis de requerimientos de las aplicaciones que la empresa necesita y poder reclutar a los alumnos de Ingeniería Informática que apoyarían con el proyecto.

Dentro de la parte de vinculación, personal de Ecolai México, S.A. de C.V. visita las instalaciones del ITST, con varios propósitos, entre ellos, proporcionar el contenedor para la recolección de RAEE, dar una plática de educación ambiental a los jóvenes del Instituto y conocer personalmente a los jóvenes de Ingeniería Informática, evidencia mostrada en la figura 6, para comentarles del proyecto y que los alumnos decidieran participar por intención propia en el mismo.



Figura 6. Visita personal Ecolai al ITST

Sesiones virtuales ECOLAI – ITST

Tras el análisis de requerimientos, los docentes involucrados en el proyecto, nos dimos a la tarea de reclutar jóvenes con ganas de trabajar en el proyecto y disposición de horario, para lo cual se unieron al equipo de trabajo José Uriel Murrieta García y María Yaritzai Flores Martínez, del 8vo. Semestre de Ingeniería Informática.

Por la distancia y los tiempos escasos para reuniones presenciales, tanto del equipo de trabajo del Tecnológico de Teziutlán, como del personal de Ecolai México, se estuvieron realizando videollamadas para ir involucrando a los jóvenes que apoyarían con el desarrollo de las aplicaciones Web.

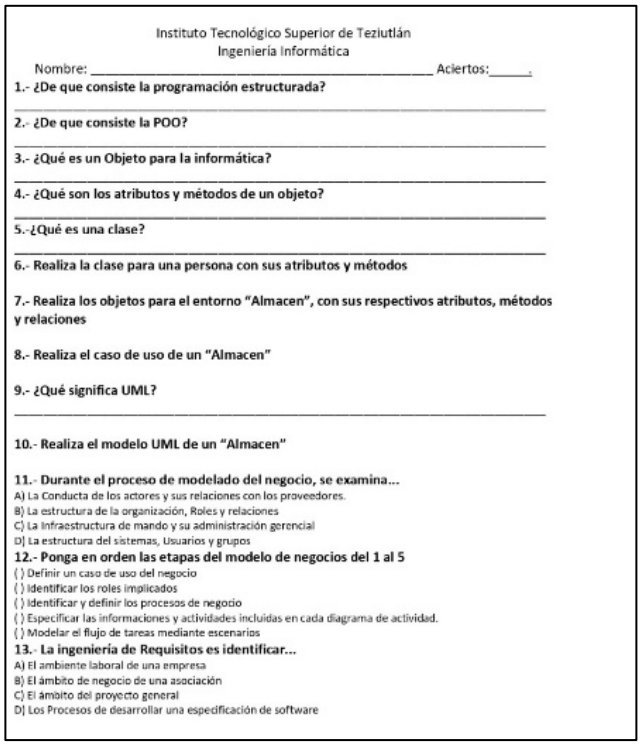
Entre las especificaciones necesarias para el establecimiento de los puntos limpios se consideran:

- Que el contenedor de los RAEEs se encuentre protegido de la intemperie.
- Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos se encuentren sobre taras o tarimas debidamente acomodados.
- En caso que el volumen acumulado sea mayor al contenedor; los residuos deben colocarse sobre tarimas, perfectamente acomodados y resguardados en bodegas donde no causen problemas de logística en las instituciones.
- Baterías y tóner que presenten los RAEEs deben colocarse en cajas, solo y únicamente si estos están expuestos o se han desprendido de los RAEEs, estas cajas deben ser selladas y guardadas en lugares secos y cubiertos.
- Pisos. Impermeables para evitar infiltraciones y contaminación al suelo.
- Protección contra el acceso no autorizado.
- Al final de todo debe haber un envasado, rotulado y etiquetado. Para componentes que puedan contener sustancias peligrosas. (baterías, tóner y TRC)

Aplicación de test de competencias a alumnos antes del proyecto.

Las competencias cognitivas en la educación superior sugeridas por la Unión Europea, están integradas por procesos que buscan comprender, evaluar, generar información, tomar decisiones y solucionar problemas (Lizarraga, 2010), por lo que para lograr esas competencias en alumnos de educación superior al realizar proyecto vinculados con el sector productivo, es importante conocer su nivel académico al iniciar y medir los avances logrados en el estudiante al terminar el desarrollo del proyecto; por tal motivo, se realizó un test de conocimientos en el área de desarrollo de software, para conocer las debilidades que pudieran presentar y fortalecer la asesoría del docente para cumplir un doble objetivo, mejor el desempeño del estudiante y cumplir con las metas propuestas dentro del proyecto pactado en la vinculación. La figura 7 muestra el instrumento de evaluación aplicado a los alumnos para conocer su nivel académico al inicio y final del desarrollo del proyecto tecnológico y la figura 8, los resultados obtenidos por los alumnos de dicho instrumento.

 ISSN 2007-8102



Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán
Ingeniería Informática

Nombre: _____ Aciertos:_____.

1.- ¿De que consiste la programación estructurada?

2.- ¿De que consiste la POO?

3.- ¿Qué es un Objeto para la informática?

4.- ¿Qué son los atributos y métodos de un objeto?

5.-¿Qué es una clase?

6.- Realiza la clase para una persona con sus atributos y métodos

7.- Realiza los objetos para el entorno "Almacen", con sus respectivos atributos, métodos y relaciones

8.- Realiza el caso de uso de un "Almacen"

9.- ¿Qué significa UML?

10.- Realiza el modelo UML de un "Almacen"

11.- Durante el proceso de modelado del negocio, se examina...
A) La Conducta de los actores y sus relaciones con los proveedores.
B) La estructura de la organización, Roles y relaciones
C) La Infraestructura de mando y su administración gerencial
D) La estructura del sistemas, Usuarios y grupos

12.- Ponga en orden las etapas del modelo de negocios del 1 al 5
( ) Definir un caso de uso del negocio
( ) Identificar los roles implicados
( ) Identificar y definir los procesos de negocio
( ) Especificar las informaciones y actividades incluidas en cada diagrama de actividad.
( ) Modelar el flujo de tareas mediante escenarios

13.- La ingeniería de Requisitos es identificar...
A) El ambiente laboral de una empresa
B) El ámbito de negocio de una asociación
C) El ámbito del proyecto general
D) Los Procesos de desarrollar una especificación de software

Figura 7. Test de evaluación de conocimientos. Creación propia

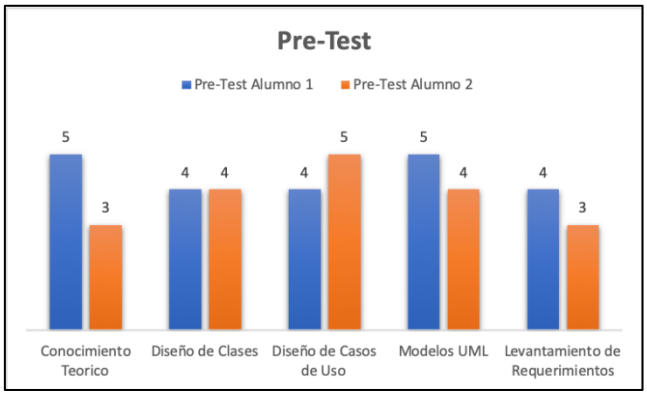


Figura 8. Resultados Test antes del proyecto. Creación propia

Diseño y desarrollo de prototipo "Inventario"

Una vez que se analizaron los requerimientos, los jóvenes y maestros asesores, comenzaron con el desarrollo de la primera versión (prototipo) de la aplicación Web denominada: "Sistema de inventarios para Ecolai México S.A. de C.V"

A continuación, se muestran de las figuras 9 a la 12, pantallas de la aplicación Web, que se realizó para el manejo de inventario de RAEE de la empresa Ecolai México.

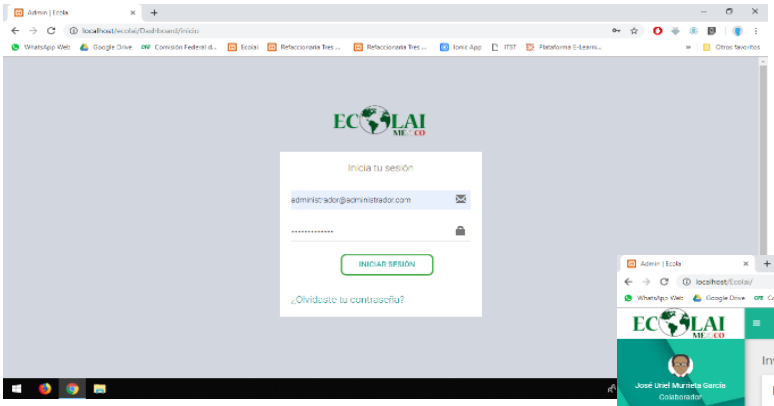


Figura 9. Inicio de sesión del sistema. Fuente: Creación propia

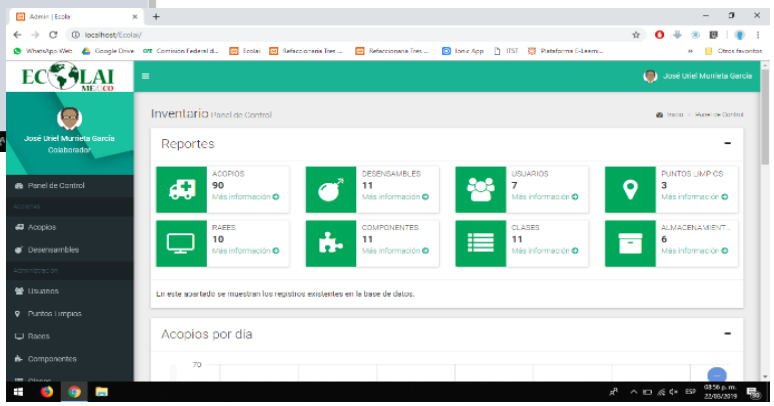


Figura 10. Panel de control de Bienvenida. Fuente: Creación propia

 ISSN 2007-8102

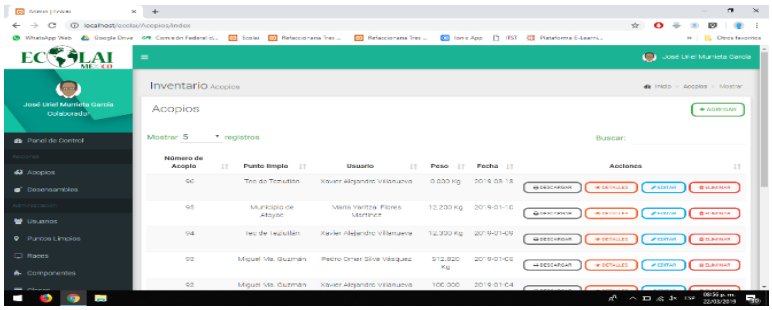


Figura 11. Registro de acopio. Fuente: Creación propia

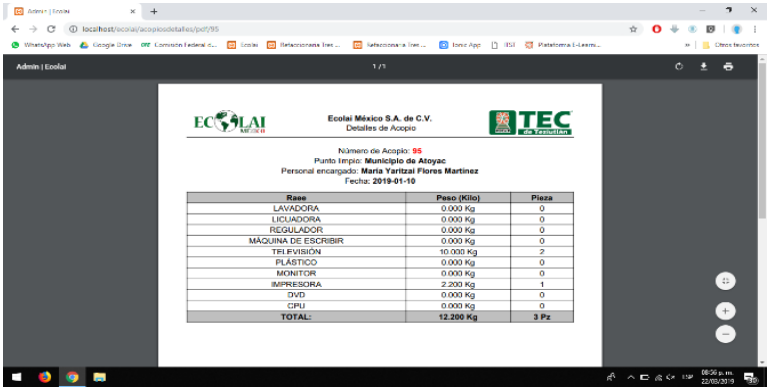


Figura 12. Generación de reportes. Fuente: Creación propia

Actualmente el personal de Ecolai México, está realizando las pruebas de funcionamiento del sistema y se están trabajando en algunas observaciones de utilidad para la Empresa.

Aplicación de test de competencias a alumnos al finalizar el proyecto.
Una vez concluido, subido al hosting y entregado a la Empresa ECOLAI, se repitió la aplicación el test de conocimientos a los alumnos, para conocer si el nivel académico había sido modificado positivamente tras la participación de estos en el desarrollo del sistema de inventarios. La figura 13 muestra los datos obtenidos y los números aumentaron satisfactoriamente en ambos estudiantes y la figura 14 una comparación para poder visualizar el grado de avance académico de los dos alumnos participantes

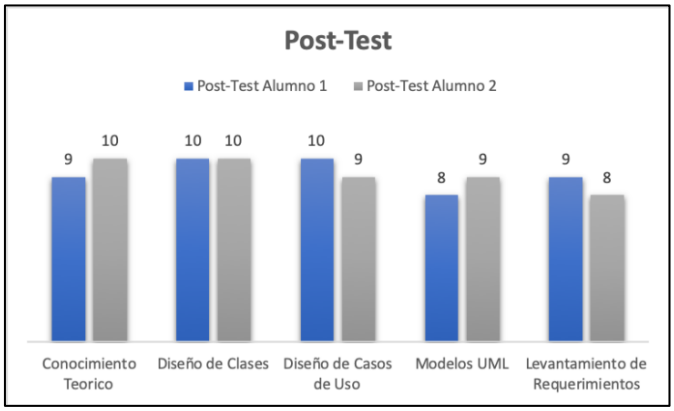


Figura 13. Resultados del test después del proyecto. Creación propia Creación propia.

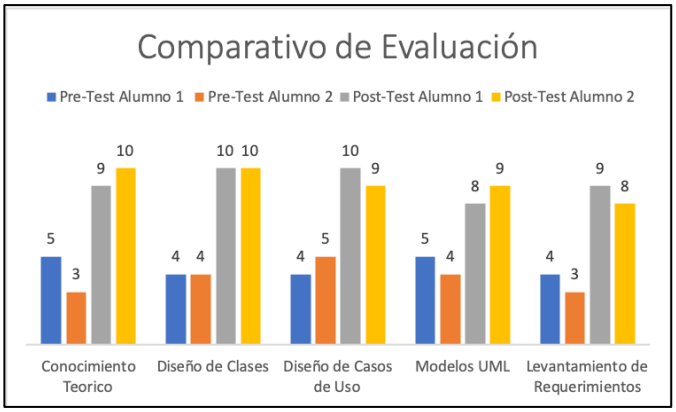


Figura 14. Comparativo de los resultados del test. Creación propia

Resultados y discusión.

Al realizar un proyecto para una empresa real, sin abandonar sus clases diarias, los jóvenes tuvieron la facilidad de estar bajo la tutela de los maestros que acompañaron el proyecto, y asesorarse de las dudas que podían tener con respecto al diseño, estructura, forma de trabajo y funcionalidades que se necesitaban para el mismo. De igual forma tener la experiencia de montar un software que sabían que tendría usuarios reales, que iba a ser ocupado por personas, las cuales dependían de dicho proyecto para un mejor desempeño en su trabajo.

Los resultados del test de conocimientos que se aplicó al inicio de la etapa del proyecto y al final de la misma, como lo muestra la figura 19, demuestran que, el desarrollar un proyecto para la solución de necesidades reales, mediante vinculación empresa-universidad, es una opción viable para mejorar el desempeño profesional y académico de los alumnos, ya que sus competencias específicas, como las de la herramienta del test, fueron mejor aprehendidas, al igual que sus competencias genéricas, pues el combinar clases y trabajo, inspiró en ellos un mayor sentido de responsabilidad para cumplir con los establecido en el convenio de vinculación

Dentro del desarrollo que se llevó a cabo, están ya en productivo la parte del manejo de inventario para el control de las piezas que entran para el desarmado y las piezas que se desprenden de éstas, ya que ECOLAI trabaja de esa manera. Previo a que se realizará la implementación del mismo, se pasó por una fase de prueba, alojando la aplicación Web para acceso de la empresa, en la siguiente url: https://siadecoecolai.online/Dashboard/inicio donde se le entregaron los datos de logueo al encargado, para que brindara su punto de vista del manejo y cambios que necesitara; el encargado puso a disposición la plataforma a los responsables directos del proceso que este software apoyaría, para que fueran los que propusieran los cambios debidos en la plataforma.

Trabajo a futuro.

Debido a que el convenio fue firmado a 2 años y la empresa requiere de otras soluciones tecnológicas; en la actualidad se está trabajando en el desarrollo de un software que permita la creación de un Sistema para el seguimiento de puntos limpios, para lo cual se realizará un proyecto que constará de software y hardware, a través del uso de nuevas tecnologías bajo el concepto de IoT (Internet de la Cosas) por sus siglas en inglés. Se buscará que, con los resultados entregados en la vinculación, la empresa pueda trabajar para cumplir los requerimientos del Modelo de Educación Dual y colocar a los jóvenes dentro del programa para que ellos puedan recibir los beneficios que otorga dicho programa, o en su defecto, mejorar las cláusulas del convenio para que los chicos reciban un incentivo que los motive a seguir participando en proyectos vinculados con empresas.

Conclusiones.

La formación integral de los estudiantes profesionistas, brindará una mayor oportunidad en el campo laborar, marcando la diferenciación con sus competidores, por lo tanto se puede apreciar que todos los programas que permitan la vinculación entre escuelas de nivel superior y empresas u organizaciones, donde se requieran de soluciones a necesidades reales, permitirá desarrollar una diversidad de competencias no solo profesionales, sino genéricas, que logren en el estudiante un sinfín de habilidades que, al generar sólo proyectos de clase no podrían alcanzar. Siempre y cuando dichas actividades sean realmente asesoradas o tenga un seguimiento directo de la Institución, pues esto asegurará que el joven se desenvuelva en las áreas de la profesión en la que está a punto de ejercer, pueda resolver dudas estando en clase y al mismo tiempo trabajando sobre una solución real y permita dar a conocer su potencial con empresas que pueden ser un escalón en su crecimiento al realizar residencia profesional o como futuros empleadores.

Referencias

1. Rincón, I. B. (2011). Investigación científica e investigación tecnológica como componentes para la innovación: consideraciones técnicas y metodológicas. *contribuciones a las Ciencias Sociales*, **(15)** 2011–08.
2. SEP. (2015). *Modelo de Educación Dual Tecnológico Nacional de México*. **(1)** 1-201.
3. Carranza, A. G., González, M. G. A., & Ojeda, R. E. P. (2016). Modelo de formación dual del Tecnológico Nacional de México. Revista de Investigación en Educación, 14**(2)**, 170-183.
4. Muñoz, I. A. (2008). La formación dual y su fundamentación curricular. Revista Educación, 32**(1),** 45-61.
5. Lizárraga, M. L (2010). Competencias cognitivas en Educación Superior. España. Editorial Narcea. **(1)**23.

Conocimiento del tema Sistemas Integrados de Gestión en estudiantes próximos a realizar su Residencia Profesional

E. A. Rocha Altamira[1], M. E. Maceda Rodríguez[1], L. V. Zárate García[2], J. Malpica Hernández[2] y E. Nepomuceno Reyes[2]*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Veracruz, [2] Estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Veracruz. Czda. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Fernando Hogar, 91897 Veracruz, Ver.
**rocha_altamira@yahoo.com.mx*
***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

El interés creciente de las empresas en el mundo por los sistemas integrados de gestión, derivados de los estándares o normas ISO, genera una demanda por gente preparada capaz de dirigir esos esfuerzos. Paralelamente, en el ámbito educativo las instituciones de educación superior se forman profesionistas y en teoría las normas ISO y los sistemas integrados de gestión deberían ser parte de sus planes de estudio.

¿En qué grado el tema de Sistemas Integrados de Gestión es conocido por los estudiantes que cursan una carrera de educación superior? Para dar respuesta a esta interrogante, se diseñó un estudio aplicado a los estudiantes del Instituto Tecnológico de Veracruz próximos a realizar la Residencia Profesional, bajo la premisa de que ya cursaron la totalidad de sus asignaturas y están a un paso de iniciar su desarrollo profesional.

***Palabras clave**: Sistema Integrado de Gestión, Normas ISO, Sistemas de Gestión, Plan de estudios.*

Abstract

The growing interest of companies in the world for integrated management systems, derived from ISO standards or standards, creates a demand for prepared people capable of directing those efforts. At the same time, in the educational field, higher education institutions are trained professionals and in theory ISO standards and integrated management systems should be part of their curricula.

To what degree is the topic of Integrated Management Systems known to students pursuing a higher education career? To answer this question, a study was designed and applied to the students of the Technological Institute of Veracruz next to carry out the Professional Residence, under the premise that they have already completed all their subjects and are one step away from starting their professional development .

***Key words**: Integrated Management System, ISO Standards, Management Systems, Curriculum.*

Introducción

Desde que la Organización Internacional de Estandarización (ISO) generó en la década de los ochentas la familia de normas ISO 9000 relacionadas con sistemas de calidad, definiendo el proceso de certificación para que las empresas demostraran su cumplimiento, se creó un interés importante en el ámbito empresarial. Desde entonces, se ha generado una tendencia creciente a nivel mundial de empresas utilizando las normas y certificándose en ellas.

Derivado de esta experiencia, ISO desarrolló otros estándares de sistemas de gestión por demás importantes para las empresas, con impactos positivos a la sociedad. Así, han surgido normas relacionadas con la gestión ambiental, la seguridad alimentaria, energía, seguridad laboral, entre otras.

Muy pronto, las empresas al aplicar estas normas, definieron formas de integrar sus sistemas de gestión para operar de manera más efectiva y eficiente. Ante esta necesidad, ISO ha modificado la estructura de las normas de sistemas de gestión para facilitar a las empresas el integrar los sistemas de gestión en lugar de operarlos por separado, teniendo así, mayores probabilidades de optimizar recursos. Así se estima que este proceso de

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

integración de sistemas de gestión, inició a finales de la década de los 1990 y se ha convertido en una corriente casi obligada para las empresas que operan más de un sistema.

Karapetrovic y Willborn (1998) y Karapetrovic (2003) (citado por Carmona y Rivas, 2010) definen a un sistema integrado de gestión (SIG) como "…un conjunto de procesos interconectados que comparten los mismos recursos (humanos, materiales, infraestructura, información, y recursos financieros) para lograr los objetivos relacionados con la satisfacción de una amplia variedad de grupos de interés.

Por otro lado Bernardo, Casadeus, Karapetrovic y Heras, (2009), (citado por Ricardo, et.al, 2015) definen a los SIG como un "Conjunto de procesos interconectados que comparten grupo de humanos, información, infraestructura, materiales y recursos financieros con el fin de lograr una combinación de objetivos relacionados con la satisfacción de una gran variedad de interesados".

ISO, publicó recientemente la segunda versión del Manual ISO para el uso integrado de Normas de Sistemas de Gestión (2018), refiriéndose a los SIG como "…el resultado del proceso de integración de los requerimientos de múltiples normas de sistemas de gestión en un único sistema de gestión dentro de una organización".

Si esto está sucediendo en las empresas, entonces existe la necesidad de gente preparada para trabajar directa o indirectamente con los sistemas de gestión y con su integración. Surge entonces la inquietud, si las instituciones de educación superior (IES) responden adecuadamente a la preparación de sus estudiantes en esa necesidad en particular.

En este trabajo, los autores reflexionan sobre la importancia de que las IES incluyan en sus planes de estudios, el conocimiento de estos estándares desarrollados por ISO y además conozcan de su operación y su integración. Derivado de esta reflexión, los autores diseñaron un estudio que en principio ha sido aplicado a al Instituto Tecnológico de Veracruz (ITV). La metodología, los resultados, las conclusiones y el trabajo a desarrollar como consecuencia de los hallazgos, se presentan en este artículo.

Diseño del estudio

Alcance del estudio y su justificación

El estudio se realizó en particular para el ITV, uno de los más de 250 campus del Tecnológico Nacional de México (TecNM) y para todas sus licenciaturas que tuvieran estudiantes iniciando sus Residencias Profesionales en el período enero – junio 2019.

Si bien el estudio tendría un alcance local, el análisis de las materias en las que se incluya el tema de Sistemas de Gestión, las normas ISO y los SIG, así como la metodología misma, podrían ser útiles a otras IES y en particular a los campus del TecNM que coincidan con las licenciaturas consideradas para propósitos del estudio. Es importante mencionar que en ausencia de estudios como el que se presenta, las instituciones educativas podrían no identificar situaciones problema y por lo tanto perder la oportunidad de mejorar el nivel educativo y de cumplir con su delicada e importante misión.

El estudio se justifica dada la tendencia creciente a nivel mundial de empresas que integran sus sistemas de gestión. De acuerdo al ISO Survey of Management System Standard Certifications 2017 (2018), en el año 2000 se tenían registros a nivel mundial de 407,674 empresas certificadas tan sólo en la norma ISO 9001. En el 2017, la cifra ascendió a 1 056,855 empresas. En México, en el año 2000, ISO tenía el registro de 1,843 empresas certificadas en la norma ISO 9001 y para el 2017, esa cifra ascendió a 7,184. Bajo esta perspectiva, sería inaceptable que los estudiantes de las IES, no cuenten con los conocimientos básicos en ese campo.

Siendo el objetivo del estudio definir de manera preliminar el nivel de conocimiento que tienen los estudiantes del ITV próximos a realizar su Residencia Profesional, como punto de partida para definir estrategias de mejora, se definieron los siguientes pasos para su ejecución.

 ISSN 2007-8102

Análisis de las asignaturas de calidad

La fase inicial, fue el análisis de los planes de estudio de las diferentes licenciaturas involucradas, para determinar si se abordan las normas ISO y en particular el tema de SIG. Para tal fin el equipo consultó primero un estudio previo de Rocha, Gazca, Alonso y Hernández (2018). Así también se visitó el portal del TecNM para asegurar que se tuviesen los planes de estudio vigentes con el fin de definir asignaturas relacionadas con el tema del estudio, procediéndose a analizar los contenidos e identificar si el tema estaba incluido en alguna unidad de esas asignaturas. En la Tabla 1 se muestra un fragmento de la información obtenida.

Tabla 1. Información de las materias sobre el tema de Calidad en las carreras bajo estudio-

Ingeniería Bioquímica	Ingeniería Química	Ingeniería Eléctrica	Ingeniería Electrónica	Ingeniería en Sistemas Computa-cionales	Administra-ción	Ingeniería Mecánica	Ingeniería Mecatró-nica	Ingeniería Industrial
Materia: Asegura-miento de Calidad	Materia: Gestión de la Calidad	Materia Módulo de Especialidad: Sistemas Integrados de Gestión		No hay materia con el tema	Materia: Administración de la Calidad	Materia: Calidad	Materia: Estadística y Control de Calidad	Materia: Gestión de Sistemas de Calidad
Unidad 3. Normaliza-ción y metrología. 3.4 Normas nacionales e interna-cionales ISO…	Unidad 3. Normaliza-ción y metrología 3.2 Normas	La asignatura consta de 4 unidades y todas abordan el tema de Sistemas Integrados de Gestión			Unidad 5. Sistemas de gestión de calidad, ambiental, salud y seguridad y otras. 5.1 Normaliza-ción.	Unidad 2. Normas nacionales e internacional-les …gestión de la calidad. Normativi-dad: 2.1 Interna-cional ISO 9000 2.2 NOM 2.3 ISO/TS 16949 2.4 VDA/QS	No hay unidad ni tema alguno sobre normas ISO ni Sistemas Integrados de Gestión	Unidad 2. Introduc-ción a las normas nacionales e interna-cionales de SdGdC. 2.3 Sistemas Integrados de Gestión

Hasta antes de este estudio, las licenciaturas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica, no contaban con materias del tema de calidad en sus retículas. A partir del 2015, sus Módulos de Especialidad incluyen la materia Sistemas Integrados de Gestión. En el caso de las otras licenciaturas, se podría decir que expresado como un tema de la materia, sólo se da en el caso de la licenciatura de Ingeniería Industrial en la Unidad 2 en Sistemas de Gestión de la Calidad. Sin embargo, se esperaría que aunque no está registrado textualmente, el tema sea abordado por los profesores en los casos de las materias de calidad de Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química, Administración e Ingeniería Mecánica, en las que tienen una unidad en la que se abordan las normas ISO y no así en la licenciatura de Mecatrónica que no se tiene considerado el tema.

Considerando los resultados anteriores, las expectativas de buenos resultados en la formación de los estudiantes de las nueve carreras, parecieran poco probables.

Diseño de cuestionario y su aplicación

Como segundo paso se diseñó un cuestionario con preguntas relacionadas con el tema, buscando conocer la situación individual de cada estudiante, el promedio de cada departamento académico y sus carreras, así como el promedio institucional.

El cuestionario concentra seis aspectos básicos de lo que el estudiante debería saber sobre el tema de normas ISO y de los sistemas integrado de gestión:

1. Comprensión de lo que es un sistema integrado de gestión.
2. Conocimiento de qué sistemas de gestión podrían ser parte de un Sistema Integrado de Gestión.

3. Identificación de funciones en una empresa de las que no hay una norma ISO de sistema de gestión.
4. Identificación de la norma certificable de sistemas de gestión de la calidad.
5. Información sobre si el estudiante contó con la(s) norma(s) para su estudio.
6. Percepción del estudiante sobre su nivel de conocimiento sobre los Sistemas Integrados de Gestión en el caso de que su proyecto de Residencia Profesional fuese sobre el tema.

Para la aplicación del cuestionario, se aprovecharon las Pláticas de Inducción a las Residencias Profesionales que se realizó en Diciembre del 2018. Al final el número de estudiantes participantes en el estudio fue de 361.

Procesamiento de la información

Los cuestionarios contestados fueron procesados por pregunta, registrándose obteniéndose los porcentajes de estudiantes que registraron la respuesta correcta en relación al total de estudiantes participantes. En la última fila, se registró el promedio institucional.

En principio, los autores consideraron como mínimo aceptable el 80 % de respuestas correctas y entonces en función de los resultados, se emitió un juicio por pregunta, por carrera y de la institución en su conjunto.

Resultados y discusión

Resultados por carrera y promedio institucional

En la tabla 2, se presentan los resultados de respuestas correctas en porcentaje en relación al total de estudiantes por carrera, salvo la pregunta 6 que es tratada aparte.

Tabla 2. Resultados en porcentaje de alumnos que respondieron correctamente a las preguntas.

Licenciatura	Respuestas en %				
	1 Comprensión de un SIG	2 Sistemas de gestión como parte de un SIG	3 Normas de sistemas de gestión	4 Sistema de gestión de la calidad	5 Normas en sus manos
Ciencias Económico-Administrativas	46	31	17	55	69
Ingeniería Química	57	84	19	89	84
Ingeniería Bioquímica	33	64	21	64	45
Ingeniería Eléctrica	35	32	16	59	27
Ingeniería Electrónica	60	70	43	30	47
Ingeniería Mecánica	21	35	17	38	38
Mecatrónica	33	64	21	64	45
Ingeniería en Sistemas Computacionales	55	36	27	42	31
Ingeniería Industrial	41	60	31	69	86
Promedio institucional, %	**42.3 %**	**52.8 %**	**23.5 %**	**56.6 %**	**52.4 %**

De acuerdo a los resultados, en relación a la pregunta 1, conocimiento de que es un SIG, los resultados varían desde 21 % de estudiantes que dieron una respuesta correcta en el caso de Ingeniería Mecánica, hasta 60 % en el caso de Ingeniería Electrónica y muy cerca con 55 % y 57 % en Ingeniería en Sistemas Computacionales y en Ingeniería Química respectivamente. Los resultados son demasiado bajos y el promedio institucional establece que apenas un poco más de 4 alumnos de cada diez, sabe que es un SIG. A pesar de ello, resalta el resultado de Ingeniería en Sistemas Computacionales considerando que no cuenta con una materia y/o unidad alguna sobre el tema y por el contrario, el bajo resultado de la licenciatura de Ingeniería Industrial que tiene una unidad de una materia dedicada al tema.

 ISSN 2007-8102

En lo que se refiere a la segunda pregunta, sobre los sistemas de gestión que pudieran integrarse, se encontró que el 84 % de los estudiantes de Ingeniería Química, respondieron acertadamente. Otro resultado interesante fue el de Ingeniería Electrónica carrera en la que el 70 % de sus estudiantes respondieron correctamente. Contrastando, hay cuatro carreras que apenas un poco más de 3 estudiantes de cada diez, respondieron acertadamente a la pregunta. Todo esto llevó a que el promedio institucional resultante, fuese de 52.8 %, esto es, aproximadamente uno de cada dos estudiantes tiene una idea correcta de los sistemas de gestión que pudiesen integrarse.

En cuanto a la pregunta 3, en la que se buscaba identificar hasta que punto los estudiantes conocen en que temas se han definido normas en el marco de sistemas de gestión, los resultados fueron preocupantes. Tan bajo como 16 % y el más alto tan sólo el 43 % con los estudiantes de Ingeniería Electrónica. Esto llevó a que el promedio institucional, fuese tan sólo 23.5 %. Esto es, un poco más de 2 estudiantes de diez tiene claro el conjunto de normas de sistemas de gestión desarrollados hasta ahora.

En relación a la pregunta 4, con la que se intentaba conocer lo básico de una de las normas más populares que es la ISO 9001, y preguntándose específicamente cuál era la norma en la que las organizaciones se podrían certificar, se presentó un resultado bastante satisfactorio con los estudiantes de Ingeniería Química, con el 89 % de estudiantes respondiendo correctamente; superando la cifra de 60 %, los estudiantes de tres carreras: Ingeniería Bioquímica, Mecatrónica e Ingeniería Industrial. Por el contrario se tuvieron casos de carreras que estuvieron muy por debajo de ese nivel, llegando en un caso apenas al 30 % de estudiantes respondiendo correctamente. Todo esto resultó en un promedio institucional de 56.6 % de estudiantes teniendo claro en qué norma de la familia de normas ISO 9000 podrían certificarse las empresas, esto es casi 6 alumnos de cada diez.

En la pregunta 5, se preguntó si el profesor les facilitó las normas ISO de sistemas de gestión y en este punto los estudiantes de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química, respondieron afirmativamente en el 86 % y en el 84 % de sus estudiantes respectivamente. Los estudiantes de la licenciatura en Administración respondieron afirmativamente en el 69 % de los casos, mientras que el resto de las carreras, llegaron a resultados inferiores incluso al 50 %. Todo lo anterior, llevó a que el promedio institucional se quedara en el 52.4 %; esto es, casi 5 de 10 estudiantes tuvieron alguna de las normas ISO en sus manos.

Lo preocupante de todo lo anterior es el hecho de que también se les pidió que indicaran el título de las normas recibidas y una buena cantidad de estudiantes, mencionaban títulos incorrectos, por lo que seguramente las cifras que se mencionan en este apartado, pudieran ser más bajas aún.

Se presentó en el cuestionario para los estudiantes de las 9 carreras, una pregunta sobre cómo consideraban su formación en el tema de los SIG suponiendo que su proyecto de Residencias Profesionales fuera en ese tema. Se definieron 5 opciones: Sobresaliente, Bueno, Regular, Deficiente y Nulo. Los resultados en porcentaje de estudiantes que responden a una de esas cinco opciones se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Percepción del estudiante sobre su formación en Sistemas Integrados en Gestión.

Licenciatura	Sobresaliente	Bueno	Regular a Nulo
Ciencias Económico-Administrativas	3	35	58
Ingeniería Química	11	35	51
Ingeniería Bioquímica	3	15	82
Ingeniería Eléctrica	0	14	78
Ingeniería Electrónica	0	17	83
Ingeniería Mecánica	3	24	73
Mecatrónica	2	10	88
Ingeniería en Sistemas Computacionales	4	18	78
Ingeniería Industrial	5	48	47
Promedio institucional en %	**3 %**	**24 %**	**70 %**

 ISSN 2007-8102

Derivado de los resultados, se aprecian seis carreras en las que más del 70 % de sus estudiantes perciben una formación poco favorable (de Regular a Nulo). En el resto de las carreras, en menor proporción, 1 de cada 2 estudiantes, perciben esa misma situación.

Es interesante ver los estudiantes de Ingeniería Química que se distinguió por que sus estudiantes respondieron acertadamente en buen porcentaje en casi todas las preguntas, el 51 % de sus estudiantes tuvieron la percepción de que su nivel de formación es de regular a nulo. Pero también Ingeniería Química tuvo el porcentaje más alto de estudiantes que consideran su nivel de conocimiento como sobresaliente. También llama la atención que Ingeniería Industrial tuvo el mayor porcentaje de estudiantes que consideraron bueno y sobresaliente su grado de conocimiento en los Sistemas Integrados de Gestión, aunque en los resultados de las preguntas no obtuvieron los resultados más altos.

En la figura 1, se presenta los resultados en porcentaje de la percepción de los estudiantes en general en cuanto a su preparación en el tema de los SIG.

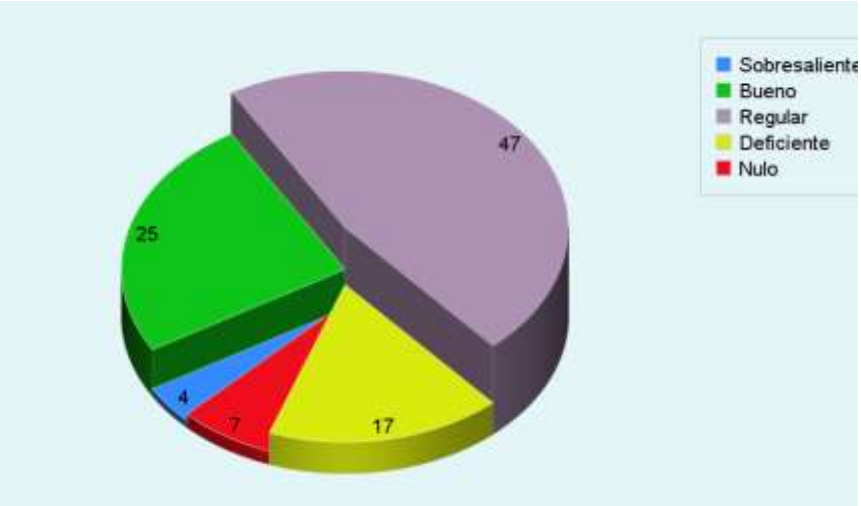


Figura 1. Porcentajes de estudiantes por nivel de preparación en el tema de Sistemas Integrados de Gestión.

Como se puede apreciar en la figura, sólo el 4 % de los estudiantes participantes en el estudio consideran sobresaliente su nivel de preparación en SIG; esto es menos de 1 en diez. El 25 % lo considera bueno; esto es 4 de cada diez estudiantes perciben como adecuada su preparación. El complemento de la información que se presenta en la figura 1, muestra que 7 de cada diez estudiantes consideran que su preparación es de regular a nulo. Este resultado obliga a diseñar estrategias de cambio para transformar la situación y tornarla más favorable.

Propuestas de cambio

Habiéndose encontrado que los niveles de formación de los estudiantes próximos a cursar sus Residencias Profesionales de las carreras que se ofrecen en el ITV y por lo tanto próximos a egresar, no son los más convenientes, los autores recomiendan algunas estrategias y acciones específicas para modificar esa situación. Tales recomendaciones prácticamente aplican para todas las carreras que se incluyeron para este estudio y para aquellas que tendrán estudiantes próximos a realizar sus Residencias Profesionales. A continuación en la tabla 4 se muestran las acciones propuestas más relevantes.

Tabla 4. Propuestas de cambio.

1. Presentación de una propuesta institucional al Tecnológico Nacional de México sobre las materias de calidad, que lleve a definir una materia con contenido único para todas las carreras, con unidades específicas si así lo requiriera la carrera y con una unidad dedicada a sistemas de gestión y sistemas integrados de gestión.
2. Mientras la propuesta toma su curso, se sugiere que el Comité Académico tome las siguientes decisiones: 2.1 En todas las materias de todas las carreras sobre el tema de Calidad, se incluya el tema de sistemas de gestión y Sistemas Integrados de Gestión. 2.2 En el caso de las carreras que no cuentan con una materia de Calidad, se definan estrategias como el ofrecer un curso extra-curricular a los alumnos antes de cursar sus Residencias Profesionales por ejemplo. 2.3 Asegurar la preparación de los profesores en el tema de Sistemas Integrados de Gestión a los estudiantes, 2.3.1 Diseñando y ofreciéndoles un curso-taller de Sistemas Integrados de Gestión, 2.3.2 Organizando al menos una visita de estudio a empresas que tengan experiencia en el tema. 2.4 Asegurar que en todos los departamentos cuenten con las normas ISO básicas (calidad, ambiental, energía, seguridad, etc.) y que los profesores de esas materias reciban una USB con esas normas y que las hagan llegar a todos sus alumnos. 2.5 Asegurar que los estudiantes realicen visitas de estudio en empresas de la localidad en los que utilicen SIG y/o se les ofrezca conferencias de personal responsable de tales sistemas en empresas de la región.
3. Se diseñen y apliquen mecanismos de seguimiento y evaluación de la estrategia, habiéndose definido objetivos y metas con anterioridad.

En lo que se refiere a lo que queda por hacer, se considera necesario presentar los resultados al Comité Académico, para que se definan las estrategias a seguir y con ello lograr un cambio radical.

Así también y como complemento a este estudio, es necesario concluir el análisis que busca un conocimiento más preciso de la realidad de los Sistemas Integrados de Gestión en el mundo, pero particularmente en territorio nacional.

También, dentro de este trabajo en el corto plazo, se deberá extender a otras IES y en particular a los campus del TecNM en el estado de Veracruz.

Conclusiones

Se ha considerado importante analizar la situación que guardan los estudiantes de todas las carreras del plantel antes de cursar su Residencia Profesional en relación a su nivel de conocimientos en un tema de creciente aplicación en las empresas, del estado de Veracruz, del país y del mundo: los sistemas integrados de gestión.

Para tal fin se diseñó un estudio que implicó analizar los planes de estudio de las carreras de los estudiantes bajo estudio, en busca de conocer si abordan el tema de sistemas de gestión y su integración, para luego establecer qué tanto esos estudiantes conocen de esos temas.

Se obtuvieron resultados, que no son halagadores y se ha planteado una serie de sugerencias para cambiar la situación y estar en mejor posición como institución de educación superior de cumplir con las necesidades de las empresas a las que llegan los estudiantes, primero como residentes y luego como egresados.

Los resultados alcanzados en este estudio, deberá conducir al diseño de estrategias que modifiquen ya esta situación de desventaja y en la que pierden todos: las empresas, la institución académica, el residente y próximo egresado y la sociedad en su conjunto.

El estudio y sus resultados, alientan futuros trabajos de análisis en los que se debe extender a otras IES y en principio a los campus del TecNM del estado de Veracruz,

Referencias

1. Carmona Calvo, M.A. y Rivas Zapata, M.A. (2010). Desarrollo de un modelo de sistema integrado de gestión mediante un enfoque basado en procesos. Ponencia presentada en el XIV Congreso de Ingeniería de Organización Donostia- San Sebastián. Recuperado el 22 de Junio de 2019, de: http: //adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2010/QUALITY_MANAGEMENT/1555-1564.pdf
2. International Organization for Standarization (2018). ISO Handbook The integrated use of Management System Standards. Geneva, Switzerland. Recuperado el 23 de junio de 2019, de: https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100435_preview.pdf
3. International Organization for Standarization (2018). The ISO survey of management system standard certifications -2017. Geneva, Switzerland. Recuperado el 5 de Julio de 2019, de: https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=IIobjId=18808772&objAction=browse&viewType=1
4. Ricardo Cabrera, H., Medina León, A., y Nuñez Chaviano, Q. (2015). Tendencias internacionales y nacionales en los sistemas de gestión empresariales. Revista Universidad y Sociedad [seriada en línea], 7 (3). pp. 40-46. Recuperado el 22 de Junio de 2019, de: http:// rus.ucf.edu.cu/
5. Rocha Altamira, E.A., Gazca García, D.M., Alonso López, L.M., y Hernández Fernández, A. (2018). Asignaturas sobre el tema de Calidad en licenciaturas que ofrece el TecNM -El caso del ITV. Recuperado el 3 de Diciembre de 2018 de: https://drive.google.com/file/d/1D8Ns_aqbIS7q5tev405018Dz6tEx13ks/view
6. Tecnológico Nacional de México (2015). Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México. Planes de estudio para la formación y desarrollo de competencias profesionales. México. Recuperado el 7 de Diciembre de 2018 de: https://www.tecnm.mx/docencia/planes-de-estudio-2009-2010

Inteligencias múltiples: estrategia para fortalecer la permanencia estudiantil de Ingeniería Informática del Tecnológico de Chilpancingo

*E. Oropeza Bruno[1], G. Muñoz Atilano[1], T. Rodríguez Corona[2], Ma. de L. Martínez Zamudio[2], M. Hernández Hernández[2] **

[1] Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruíz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, C.P. 39090, Chilpancingo, Guerrero, México.

[2] Departamento de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruíz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, C.P. 39090, Chilpancingo, Guerrero, México.

m.hernandez.h@itchilpancingo.edu.mx

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La Teoría de las Inteligencias Múltiples de Howard Gardner describe 8 tipos de Inteligencias. Sabemos que la mayoría de los individuos las poseen, pero cada uno las ha desarrollado de un modo y a un nivel personal, según su desarrollo biológico, cultural, familiar y de su interacción con el entorno.

Tomando como referencia las inteligencias múltiples, nos proponemos desarrollarlas en nuestros estudiantes de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico de Chilpancingo. En el inicio del periodo Agosto-Diciembre de 2019, se detectaron las inteligencias múltiples que poseen nuestros estudiantes de nuevo ingreso y con ello potenciarlas estimulándolas dentro del ambiente de nuestra institución y apoyarlos con las experiencias propias de cada uno y con lo anterior, implementar acciones para un aprendizaje eficiente en términos de conocimientos, habilidades y competencias relacionadas con su formación profesional, fortaleciendo así la permanencia escolar, y reduciendo la tasa de deserción escolar.

***Palabras clave**: Inteligencias múltiples, estudiantes, competencias, permanencia escolar.*

Abstract

Howard Gardner's Theory of Multiple Intelligences describes 8 types of Intelligence. We know that most individuals possess them, but each one has developed them in a personal way and level, according to their biological development, cultural, family and their interaction with the environment.

Taking multiple intelligences as a reference, we intend to develop them in our students of Computer Engineering of the Technological Institute of Chilpancingo. At the beginning of the period August-December 2019, were detected the multiple intelligences that have our new students and thereby enhance them by stimulating them within the environment of our institution and support them with their own experiences and with the above, implement actions for efficient learning in terms of knowledge, skills and competences related to their professional training, thus strengthening school permanence, and reducing the dropout rate.

***Key words**: Multiple intelligences, students, competences, school permanency.*

Introducción

Howard Gardner define la inteligencia como **"La capacidad de resolver problemas o elaborar productos que sean valiosos en una o más culturas"**. Esta definición amplía el campo de lo que es la inteligencia y reconoce que la brillantes académica no lo es todo. Hay gente de gran capacidad intelectual pero incapaz de triunfar en el

mundo de los negocios o en su vida personal. Triunfar en los negocios, o en los deportes, requiere ser inteligente, pero en cada campo utilizamos un tipo de inteligencia distinto. (Gardner, 1983) (Gardner, 1998) (Gardner, 1987)

Al definir la inteligencia como una capacidad, Gardner la convierte en una destreza que se puede desarrollar (Davis, Christodoulou, Seider, & Gardner, 2011). Todos nacemos con potencialidades marcados por la genética, pero esas potencialidades se desarrollan de una u otra manera dependiendo del medio ambiente, experiencias, educación, etc. Cuando vemos que una persona resuelve fácilmente problemas de matemáticas, decimos que es una persona inteligente; en cambio no decimos lo mismo cuando un mecánico arregla un desperfecto del motor. Esto significa emplear el sistema tradicional, pero ahora no hablamos de una sola inteligencia, si no de varias. Gardner establece que todos tenemos siete inteligencias modulares, y cada inteligencia es una competencia autónoma e independiente de las otras. Las inteligencias son: Musical, Lógica - Matemática, Espacial, Lingüística, Kinestésica - Corporal, Intrapersonal, Interpersonal y Naturalista. Por ello, consideramos importante conocer las inteligencias múltiples para identificarlas y potenciarlas en nuestros estudiantes de Ingeniería Informática, motivo por el cual en esta investigación las trabajamos de manera más profunda. (Armstrong, 2009) (Vivas, 2017) (Closas, Bieber, Rohde, de Castro, & Dusicka, 2017)

Desde el punto de vista de las distintas inteligencias, la enseñanza y el aprendizaje deben realizarse mediante una amplia variedad de actividades y proyectos de trabajo (Antunes, 2004) (Macías, 2002). Para ello, es conveniente que los profesores adapten las actividades a cada contexto escolar y también a los estilos de aprendizaje del estudiante. (Sánchez & García, 2001)

La existencia de distintas maneras de aprender ligadas a cada inteligencia, postulada por Gardner (Prieto, Navarro López, Villa, Ferrándiz, & Ballester, 2002), nos ayuda a enfocar nuestro estudio sobre diversos estilos de trabajo que en forma general un estudiante puede aplicar a una amplia gama de contenidos de su plan de estudios. la teoría de las inteligencias múltiples, por tanto, es un modelo cognitivo que utilizamos para identificar cómo nuestros estudiantes usan sus inteligencias para resolver problemas y generar conocimientos.

Metodología

Participantes

El presente estudio se ha realizado con 37 estudiantes, de los cuales 30 son del género masculino y 7 del género femenino. Los estudiantes pertenecen a la carrera de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico de Chilpancingo (ITCh). La región donde se ubica la institución educativa es en el suroeste de México, más específicamente en la región Centro del Estado de Guerrero. El contexto sociocultural se considera medio y medio-bajo. Su economía se sustenta en los sectores primario y secundario de producción.

Instrumentos

Con la finalidad de contar con información confiable, acerca de la detección oportuna de las inteligencias múltiples que poseen los estudiantes de nuevo ingreso, periodo agosto-diciembre 2019, de la carrera de Ingeniería informática del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, se utilizó el instrumento ***"Test de Inteligencias múltiples, de Howard Gardner"***, con un nivel de confianza de 93%, ver *Tabla 1*. Este test tiene como propósito esencial detectar las inteligencias que poseen nuestros estudiantes, que permitan un desempeño exitoso en la carrera profesional que estudian. Una vez detectadas las inteligencias que poseen, les daremos seguimiento e implementaremos acciones para potenciar el aprovechamiento de las inteligencias detectadas, y lograr un aprendizaje eficiente durante la preparación académica y profesional de su carrera, disminuyendo de manera importante la deserción escolar.

Tabla 1. Muestreo aleatorio de estudiantes de nuevo ingreso a Ingeniería Informática

Población	Número de estudiantes	Fórmula para calcular el tamaño de la muestra
44	37	$n = \frac{\mathrm{N}}{1+\mathrm{N(e)}^2} \quad \therefore \quad n = \frac{44}{1+44(0.07)^2} = 37$
N = 44		**n=37**

Donde:

n = Tamaño de muestra
N = Tamaño poblacional
e = error de la muestra
Con un 93% de nivel de confianza, dando como resultado 37 estudiantes a los que se les aplicó la encuesta de Inteligencias Múltiples.

Variables

Esta investigación utiliza una metodología cualitativo-cuantitativo para profundizar más en la eficacia de la teoría de Inteligencias Múltiples de Horward Gardner.

El instrumento de *Howard Gardner* consta de 35 reactivos de F (falso), V (verdadero) de los cuales cada inteligencia se agrupa en 5 opciones V donde a cada V se le asigna un punto y se considera que el estudiante posee la inteligencia marcada si tiene 4 puntos, y es sobresaliente si posee 5 puntos.

Las inteligencias aplicadas en esta investigación son: A) Inteligencia Lingüística; B) Lógico Matemático; C) Visual – Espacial; D) Kinestésica – Corporal; E) Musical – Rítmica; F) Intrapersonal; G) Interpersonal.

Análisis de los datos

Para evitar suspicacias, definimos claramente los pasos y las pruebas estadísticas que utilizamos antes de comenzar el análisis. Al interpretar el instrumento utilizado, tenemos siete factores cada uno compuesto de 5 reactivos (items), agrupados por su grado de relación entre ellos y tomando como referencia el análisis factorial, manejamos siete factores que representan las 35 variables del test. Una vez identificados los factores, analizamos las puntuaciones, considerando:

- Respuestas raras o extremas.
- Donde se ubican ciertos grupos de la muestra.
- En que factor sobresalen y en cual no.

Se procedió a calcular las puntuaciones de acuerdo a la *Tabla 2*

Tabla 2. Inteligencias Múltiples agrupadas por factor.

Factor	Reactivos agrupados
Inteligencia Lingüística	9, 10, 17, 22, 30
Lógica – Matemática	5, 7, 15, 20, 25
Visual – Espacial	1, 11, 14, 23, 27
Kinestésica – Corporal	8, 16, 19, 21, 29
Musical – Rítmica	3, 4, 13, 24, 28
Intrapersonal	2, 6, 26, 31, 33
Interpersonal	12, 18, 32, 34, 35

Los resultados obtenidos se detallan en la siguiente sección, para esto, trabajamos al máximo la información generada por las respuestas a los reactivos (items) del test aplicado y no minimizamos ninguna variable en el análisis.

Resultados y discusión

Test de Inteligencias múltiples, de Howard Gardner

Un modelo de cuestionario Howard Gardner se aplicó a estudiantes de Ingeniería en Informática de nuevo ingreso al semestre agosto-diciembre 2019, en el inicio del curso de nivelación académica, con la intención de conocer los tipos de inteligencia que predomina en los estudiantes, y con ello, buscar alternativas que mejoren su rendimiento en el aula de clases.

De una población de 44 estudiantes, se tomó una muestra de 37 estudiantes de los cuales 7 son del género femenino que corresponde al 19%, una particularidad de la carrera de Ingeniería Informática es que la mayoría de los estudiantes son varones, y así lo refleja la *Figura 1*, en donde se tiene un total de 30 estudiantes del género masculino lo que corresponde al 81% de la muestra encuestada.

 ISSN 2007-8102

En el cuestionario de inteligencias múltiples de Howard Gardner aplicado a los estudiantes de nuevo ingreso en Ingeniería Informática, también se consideró recabar información sobre el desempeño académico que obtuvieron una vez que egresaron del nivel medio superior, del cual se observó como calificación mínima de 6.5 y calificación más alta de 9.8, con el dato anterior y considerando el promedio de cada estudiante, se puede mencionar que el promedio del grupo es de 8.0.

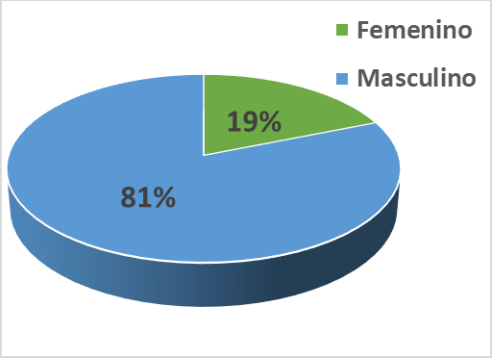


Figura 1 Total de estudiantes de nuevo ingreso de Ingeniería Informática, clasificados por genero (agosto - diciembre 2019).

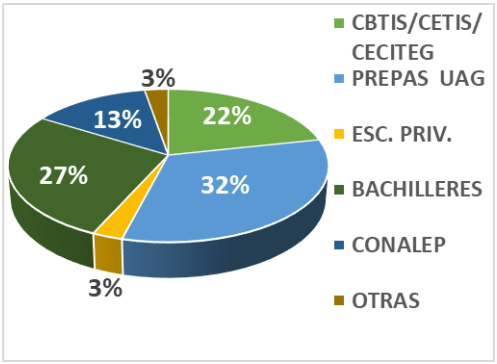


Figura 2. Estudiantes de nuevo ingreso de Ingeniería Informática, clasificados por tipo de bachillerato (agosto - diciembre 2019).

En lo que respecta al bachillerato de procedencia, se observó que son nueve las principales instituciones que incorporan a sus egresados al ITCh, como se muestra en la *Figura 2,* en donde se tiene que el 32% corresponde a 12 estudiantes tienen como escuela de procedencia las preparatorias dependientes de la Universidad Autónoma de Guerrero; mientras que el 27% corresponde a 10 estudiantes egresados de Colegio de Bachilleres; en tanto, el 22% provienen de bachilleratos técnicos como: Centro de Bachillerato Tecnológico y de Servicios (CBTIS), Centro de Estudios Tecnológicos y de Servicios (CETIS), Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Guerrero (CECYTEG) que corresponde a 8 personas; el 13% son egresados del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP), mientras que el 2% restante respondieron que proceden de escuelas privadas y otras instituciones.

Otro aspecto a considerar, fue la región de procedencia de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de Ingeniería Informática, provienen de instituciones aledañas al ITCh, como se observa en la *Figura 3*, en donde el 75% corresponde a la región Centro con 28 estudiantes; mientras que el 8% que corresponde a 3 estudiantes que estudiaron el nivel medio superior en la región Costa Chica del Estado de Guerrero, de las poblaciones como: Copala, Xochistlahuaca y Marquelia; en tanto, la región de Tierra Caliente aporta el 5% de la matrícula nuevo ingreso de la carrera. Mientras que las regiones: Acapulco, Costa Grande, Montaña y Norte aportan con el 3% de estudiantes de nuevo ingreso que corresponde 1 estudiante por cada región.

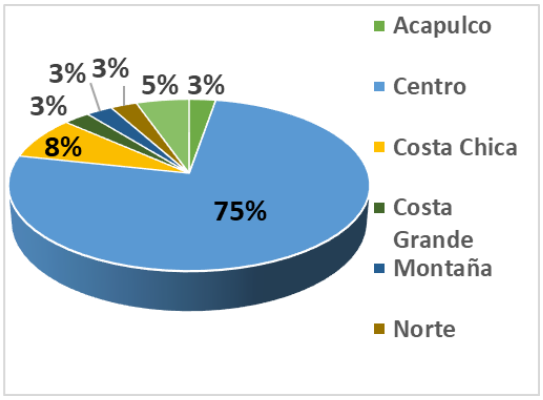


Figura 3. Estudiantes de nuevo ingreso de Ingeniería Informática, clasificados por lugar de procedencia.

 ISSN 2007-8102

Análisis de las inteligencias.

En cuanto a las inteligencias múltiples de Howard Gardner, se tomaron en cuenta solo siete inteligencias que a continuación se mencionan: Lingüística, Lógica Matemática, Visual – Espacial, Kinestésica – Corporal, Musical - Rítmica, Intrapersonal e Interpersonal; para determinar cada una de las inteligencias se realizaron de manera aleatoria 5 preguntas de cada una, con un total de 35 preguntas del cuestionario. Como se mencionó en la metodología, sí el estudiante obtuvo como resultado más de 4 respuestas verdaderas, se dice que tiene la habilidad marcada, mientras que sí obtiene como valor máximo 5 indica que tiene la inteligencia correspondiente como sobresaliente. De ahí los siguientes resultados:

1. ***Inteligencia Lingüística*.** Para el análisis de la inteligencia Lingüística se consideraron preguntas como: Tengo agudeza para encontrar el significado de las palabras, me gusta escribir cartas detalladas a mis amigos, entre otras. Del cual sólo el 16% de los estudiantes de nuevo ingreso a la carrera de Ingeniería Informática tienen la habilidad marcada, lo que corresponde a 6 estudiantes, mientras que el 5% de la muestra tiene la inteligencia sobresaliente, en tanto el 78% tiene que realizar más actividades de lecto-escritura para poder afianzar la Inteligencia Lingüística, como se puede ver en la *Figura 4*.
2. ***Inteligencia Lógica Matemática.*** En la inteligencia Lógica – Matemática se consideraron preguntas como: puedo sumar o multiplicar mentalmente con mucha rapidez, me gusta hacer rompecabezas y entretenerme con juegos electrónicos, entre otras. Al realizar el recuento de las respuestas se observó que 10 estudiantes tienen la habilidad marcada lo que corresponde al 27%, mientras que sólo 6 estudiantes que corresponde al 16% tiene la inteligencia como sobresaliente, lo que sugiere que el 57% no tiene la inteligencia desarrollada, aunque de ese dato el 32% que corresponde a 12 estudiantes están en el nivel tres, lo que indica que es necesario fomentar actividades que propicien la inteligencia Lógica - Matemática, como se puede observar en la Figura 5.

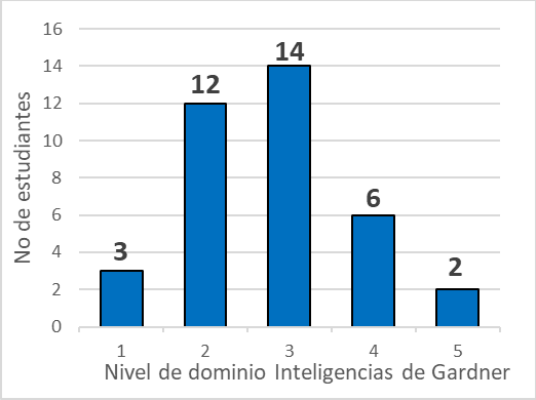


Figura 4. Nivel de Inteligencia Lingüística de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de ingeniería Informática.

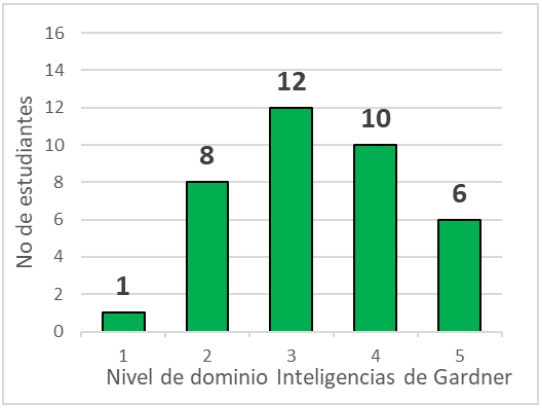


Figura 5. Nivel de Inteligencia Lógica - Matemática de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de ingeniería Informática.

3. ***Inteligencia Visual – Espacial.*** Por lo que se refiere a la Inteligencia Visual – Espacial se observa que el 24% es decir 9 estudiantes, tienen esta inteligencia marcada como sobresaliente, en tanto que 6 de ellos lo que corresponde al 16% tienen la inteligencia destacada, en contraste con el 12% que tuvieron puntuación de 3, mientras que el 27% requiere trabajar más en ello; una de las preguntas que se realizó para determinar esta inteligencia fue: siempre entiendo los gráficos que vienen en las instrucciones de equipos o instrumentos, así se puede observar en la Figura 6.
4. ***Inteligencia Kinestésica – Corporal.*** Por otra parte, la inteligencia Kinestésica – Corporal presenta una mayor cantidad de estudiantes con respuestas inferiores a 3 que corresponde al 78%, es decir a 29 estudiantes de nuevo ingreso, mientras que sólo el 16% tienen la inteligencia marcada y, el 5% tienen la inteligencia de manera sobresaliente, lo que corresponde a 2 estudiantes. Uno de los enunciados en el cuestionario fue: tengo buen sentido de equilibrio y coordinación. Ver Figura 7.

 ISSN 2007-8102

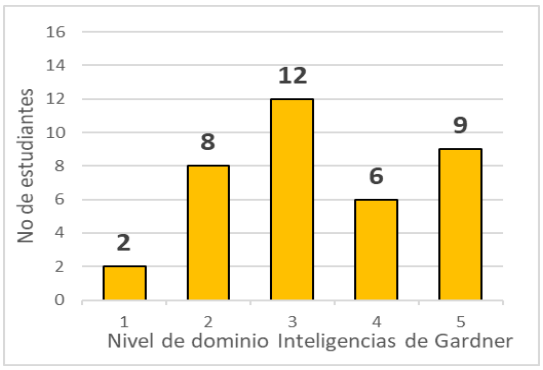


Figura 6. Nivel de Inteligencia Visual - Espacial de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de Ingeniería Informática.

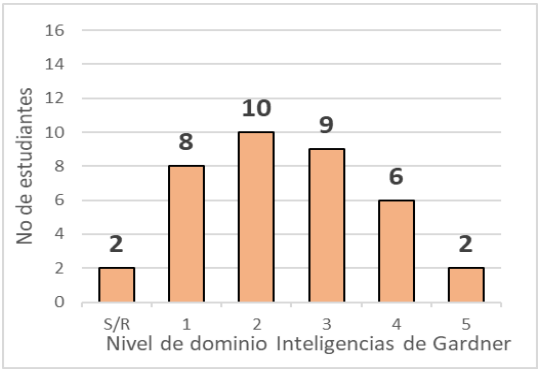


Figura 7. Nivel de Inteligencia Kinestésica – Corporal de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de Ingeniería Informática.

5. ***Inteligencia Musical – Rítmica.*** Es muy grato observar que, en la inteligencia Musical – Rítmica, se observe un alto porcentaje de los estudiantes tienen la habilidad marcada con un 35%, mientras que el 19% tiene la habilidad como sobresaliente, aunque es preciso mencionar que el 38% que corresponde a 14 jóvenes tienen un nivel de 3, lo que indicaría que se tiene que buscar estrategias didácticas para aprovechar esta inteligencia en los estudiantes. Ver *Figura 8*

6. ***Inteligencia Intrapersonal.*** Me gusta sentarme silenciosamente y reflexionar sobre mis sentimientos íntimos, fue una de las afirmaciones que se consideró para evaluar la inteligencia intrapersonal. De lo anterior, se observa que el 59% mejor dicho 22 estudiantes de nuevo ingreso a la carrera de Ingeniería Informática tienen la inteligencia Intrapersonal marcada, asimismo el 14% que corresponde a 5 estudiantes tiene la habilidad marcada, mientras que el 11% requieren desarrollar más la habilidad, en tanto el 17% carece de esta inteligencia según lo muestra la Figura 9.

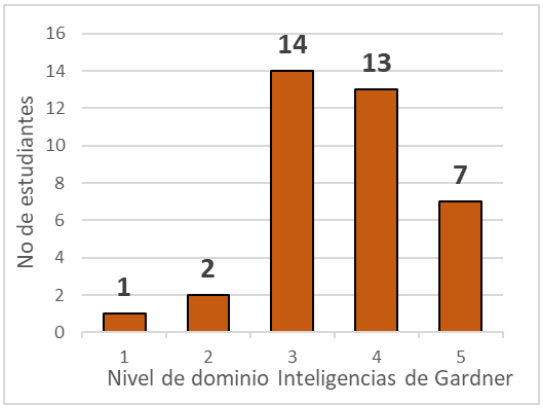


Figura 8. Nivel de Inteligencia Musical – Rítmica de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de Ingeniería Informática.

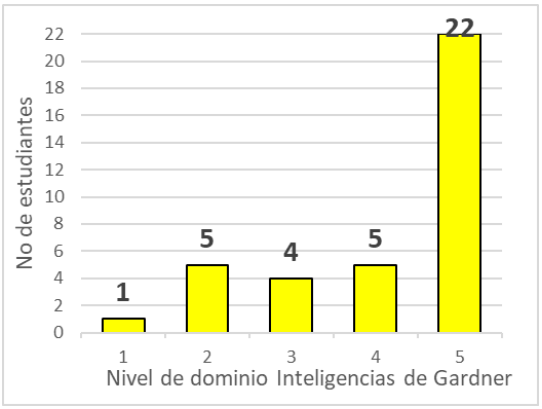


Figura 9. Nivel de Inteligencia Intrapersonal de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de Ingeniería Informática.

7. ***Inteligencia Interpersonal.*** Una de las afirmaciones consideradas para medir la inteligencia Interpersonal fue: soy capaz de convencer a otros que sigan mis planes, 13 estudiantes que corresponde a 35% de la muestra tiene la habilidad marcada mientras que el 16% que corresponde a 6 estudiantes resultó con la inteligencia de manera sobresaliente, en tanto el 48% requiere trabajar en actividades para reforzar esta inteligencia. Ver Figura 10.

Discusión

Al realizar un análisis de las siete inteligencias evaluadas en los estudiantes de nuevo ingreso, así como para corroborar lo mencionado anteriormente, en los alumnos de nuevo ingreso en el semestre agosto-diciembre 2019, de la carrera de Ingeniería Informática del ITCh, se puede señalar que la inteligencia que predomina es la inteligencia Intrapersonal con un 24%, seguida de la inteligencia Musical – Rítmica con 17%, después la inteligencia Interpersonal con 16% de la muestra. Sin embargo, se puede observar que el porcentaje restante están presentes las otras inteligencias. Ver Figura 11.

 ISSN 2007-8102

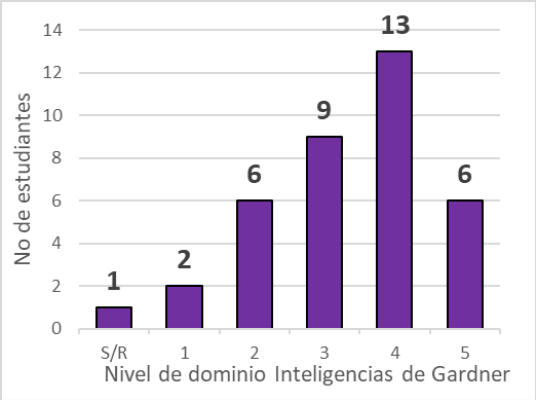


Figura 10. Nivel de Inteligencia Interpersonal de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de ingeniería en Informática.

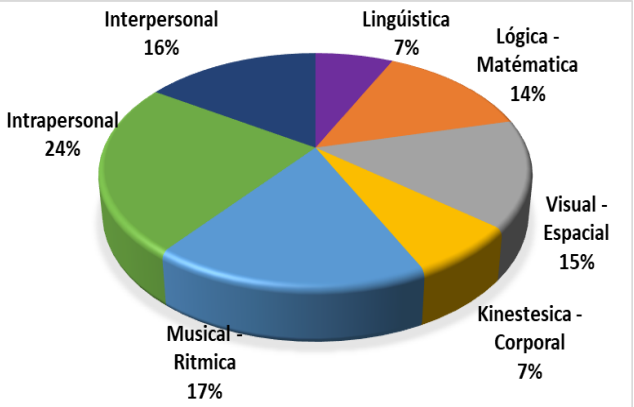


Figura 11. Inteligencias Múltiples de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de ingeniería en Informática.

Con base a los resultados obtenidos se propone adecuar los métodos de enseñanza-aprendizaje para poder aprovechar las inteligencias de los estudiantes, ya sea mediante el uso de estrategias como: el trabajo colaborativo, el uso de herramientas visuales y el uso de audio en las clases, puede reforzar las inteligencias señaladas.

Este trabajo de investigación, nos ha permitido valorar la bondad del modelo de las inteligencias múltiples de Howard Gardner, con la finalidad de aplicarlo a nuestros estudiantes desde los primeros semestres de su carrera para desarrollar en ellos la competencia cognitiva, así como trabajar las implicaciones educativas que de esto se deriven.

Hemos reconocido que, de acuerdo al perfil profesional del Ingeniero Informático, requiere desarrollar la inteligencia Lógica - Matemática, que se identifica con los perfiles del ingeniero, matemático, científico, programador, contador; ya que las personas con este tipo de inteligencia son buenas para razonar, reconocer patrones y analizar lógicamente diversos problemas. En términos generales su fortaleza es el análisis de problemas y operaciones matemáticas.

Trabajo a futuro

Los resultados obtenidos, nos permitirán visualizar la realización de trabajos futuros, respecto al desarrollo y la búsqueda de potenciar las inteligencias múltiples en nuestros estudiantes, principalmente las inteligencias que hemos detectado que no son marcadas, a fin de canalizar nuestras actividades académicas hacia los estudiantes. Atenderemos de manera prioritaria estrategias de aprendizaje cognitivo y metacognitivo, a fin de desarrollar en nuestros estudiantes las competencias profesionales propias de la carrera de Ingeniería Informática.

Conclusiones

Los resultados de nuestro estudio ponen de manifiesto que en los estudiantes de Ingeniería Informática de nuevo ingreso periodo agosto - diciembre de 2019, del ITCh, predomina la inteligencia Intrapersonal, seguida por la Musical y la Interpersonal. Esto nos permite identificar las inteligencias restantes en las cuales debemos trabajar estrategias de aprendizaje cognitivo y metacognitivo, principalmente en la inteligencia Lógica - Matemática.

Creemos necesario sensibilizar a la comunidad escolar de nuestra institución (estudiantes, académicos, personal de apoyo y directivos) con la finalidad de crear grupos de trabajo para analizar, debatir y reflexionar sobre la teoría de Inteligencias múltiples. Así como diseñar entornos estimulantes en la institución y el aula, que permitan potenciar las inteligencias múltiples de nuestros estudiantes, pero, sobre todo, implementar actividades y

practicas aprovechando el conocimiento personal de nuestra planta docente, sobre sus propias potencialidades y perfil de inteligencias.

Finalmente, destacamos que la teoría de las inteligencias múltiples es un modelo cognitivo que podremos trabajar con nuestros estudiantes para lograr un mejor rendimiento escolar.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el Departamento de Sistemas y Computación, así como por los miembros de la Academia de Informática del Instituto Tecnológico de Chilpancingo. Tecnológico Nacional de México.

Referencias

Antunes, C. (2004). Juegos para estimular las inteligencias mútiples. *Narcea Ediciones, 5*.

Armstrong, T. (2009). *Multiple intelligences in the classroom.* Ascd.

Closas, A. H., Bieber, M. L., Rohde, G. A., de Castro, I. G., & Dusicka, M. A. (2017). Caracterización de las inteligencias múltiples en una muestra de estudiantes universitarios. *Comunicaciones en Estadística, 10*(2), 345--358.

Davis, K., Christodoulou, J., Seider, S., & Gardner, H. E. (2011). The theory of multiple intelligences. *Cambridge Handbook of Intelligence*, 485--503.

Gardner, H. (1983). Inteligencias múltiples. *Paidós*.

Gardner, H. (1987). La teoría de las inteligencias múltiples.

Gardner, H. (1998). Inteligencias múltiples. *Paidós Barcelona*.

Macías, M. A. (2002). Las múltiples inteligencias. *Psicología desde el Caribe*(10).

Prieto, M. D., Navarro López, J., Villa, E., Ferrándiz, C., & Ballester, P. (2002). Estilos de trabajo e inteligencias múltiples. *Revista de educación, 4*, 107--118.

Sánchez, M. D., & García, C. F. (2001). *Inteligencias múltiples y curriculum escolar.* Aljibe.

Vivas, B. N. (2017). Las inteligencias múltiples como una estrategia didáctica para atender a la diversidad y aprovechar el potencial de todos los alumnos. *Revista de Educación Inclusiva, 8*(3).

Análisis de índices de reprobación en nomenclatura de compuestos químicos y uso de TICS

M. Guzmán Hernández
Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No. 852, C.P. 94320, Orizaba, Ver., México
mariguzman_ing@hotmail.com.mx
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Dentro de las asignaturas que forman parte del diseño curricular de casi todas las carreras del Instituto Tecnológico de Orizaba, se encuentra la Química. En esta asignatura, uno de los temas con alto índice de reprobación es el de nomenclatura de compuestos químicos inorgánicos. Con el avance de la tecnología, han aparecido nuevas formas de enseñanza-aprendizaje de la Química, que posibilitan una forma más atractiva de aprender y una adquisición permanente del conocimiento. En este contexto, se analizan los índices de reprobación de los semestres Ago-Dic 2016 a Ago-Dic 2018 en el tema de nomenclatura y se presenta una investigación de la importancia y trascendencia del uso de las TICS en la enseñanza del tema, para que derivado de esto se haga una propuesta para la aplicación de dichas herramientas tecnológicas, que traiga como consecuencia la disminución del índice de reprobación.

***Palabras clave:** Índice de reprobación, Aprendizaje significativo, TICS.*

Abstract

Within the disciplines that are part of the curriculum design of almost all ITO careers, is the Chemistry. In this subject, one of the topics with a high failure rate is the nomenclature of Inorganic Chemicals.
With the advancement of technology, new ways of teaching and learning have appeared, which enable a more attractive way of learning and a permanent acquisition of knowledge. In this context, the failure rates of the semesters Aug-Dec 2016 and Aug-Dec 2018 about nomenclature are analyzed and a documented investigation of the importance and transcendence of the use of ICTS in teaching the subject is presented. As a result, from this, a proposal is made for the application of these technological tools, which results in a decrease in the failure rate as well as an impact on dropout and performance rates.

***Key words**: Failure rate, Significant learning, ICTS.*

Introducción

Está ampliamente comprobado que en los primeros años de cualquier carrera universitaria ocurre un descenso importante en el número de integrantes de los grupos iniciales. Si analizamos la trayectoria escolar de un conjunto de estudiantes (cohorte) durante su estancia en una institución educativa, desde su ingreso, permanencia y

egreso, hasta la conclusión de los créditos y demás requisitos, nos encontramos siempre con los problemas de rezago, deserción, rendimiento académico, índice de reprobación, índice de promoción y la eficiencia terminal; todo esto se deriva de factores académicos y psico-sociológicos. El estudio de todos estos factores, es fundamental para entender cómo y cuánto influyen en el desarrollo de un grupo de estudiantes. Sin embargo, frente a la necesidad de tomar decisiones para poner en práctica acciones, es necesario identificar y avocarnos a aspectos particulares y uno de ellos es el índice de reprobación.
En el caso particular para las carreras de Ing. Industrial e Ing. Química, impartidas en el Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) y por experiencia docente en la impartición de la materia de Química, se ha detectado que para Ing. Industrial, la unidad 3 es la que presenta mayor índice de reprobación, siendo para Ing. Química, la unidad 2. Dichas unidades curriculares representan para el alumno un alto nivel de dificultad por uno de los temas que incluyen: “Nomenclatura e identificación de compuestos inorgánicos”.
Actualmente no existen en nuestro instituto estudios o investigaciones que se dirijan a la solución de la problemática anterior, lo que trae como consecuencia un impacto en la repetición de semestres, deserción, bajos niveles de desempeño y afecta también en el alcance de los índices institucionales de terminación establecidos como parámetros para el logro de la certificación y acreditación de los programas de Ing. Industrial e Ing. Química.

Objetivo

Analizar los índices de reprobación de la materia de Química en el área de ciencias básicas, específicamente en el tema de “Nomenclatura e identificación de compuestos inorgánicos”, para determinar los factores de influencia con la finalidad de definir la aplicación óptima del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TICS).

Metodología

Este trabajo es de tipo documental, cuantitativo y descriptivo, dividido en las siguientes etapas:
1.-Investigación y análisis de los elementos teóricos que fundamentan la investigación (organizada en 2 partes).
2.-Investigación en el departamento de Ciencias Básicas de los índices de reprobación de la materia de Química, tanto en la carrera de Ing. Industrial como en Ing. Química y elaboración de gráfica.
3.-Concentración de datos de los índices de reprobación por unidad donde se imparte el tema: “Nomenclatura e identificación de compuestos inorgánicos” y elaboración de tabla estadística.

Resultados

1.-Investigación y análisis de los elementos teóricos que fundamentan la investigación.

a) Conceptos relacionados: reprobación, índice de reprobación, eficiencia terminal y certificación.

“La reprobación es un indicador del número o porcentaje de alumnos que no han obtenido los conocimientos necesarios establecidos en los planes y programas de estudio de cualquier grado o curso y que, por lo tanto, se ven en la necesidad de repetir dicho grado o curso. Este indicador nos permite tener referencia de la eficiencia del proceso educativo (aprovechamiento), e induce a buscar referencias contextuales (sociales y económicas básicamente) de los alumnos que entran en este esquema de reprobación y de fallas posibles en el proceso de enseñanza-aprendizaje”. SEP [2017].

Amado y col. [2014] Este artículo menciona que el índice de reprobación es un fenómeno que impacta a las instituciones educativas y que sus principales causas en los Tecnológicos federales emergen bajo 3 perspectivas: desde el punto de vista del estudiante, comenta que la elevada reprobación es debida a factores administrativos como formación de grupos muy grandes, problemas emocionales, económicos, que no le entienden al maestro, falta de equipo en talleres y laboratorios, entre otros. [Jiménez y col. ,2013] por parte del docente expone que el principal motivo es el rendimiento escolar, es decir pocos hábitos de estudio por parte de los alumnos, falta de conocimientos previos, causas sociales y familiares y también a que existen grupos muy numerosos. La administración opina que los estudiantes reprueban porque: no están convencidos de la carrera, tienen malos hábitos de estudio, les falta vocación, tienen problemas de actitud, les faltan conocimientos previos, no muestran mucho compromiso de su parte. También observan que las técnicas de enseñanza actualmente utilizadas por los docentes pudieran ser obsoletas. Concluyen en este estudio: “El fenómeno de la reprobación en las instituciones

de educación superior ocasiona la incorporación tardía de los jóvenes al campo laboral y profesional, algunos son orillados a la deserción escolar y es también, una pérdida de recursos económicos para la institución y el país".

La eficiencia terminal ha sido definida por la Secretaría de Educación Pública en México en términos numéricos como "la proporción entre el número de alumnos que ingresan y los que egresan de una misma generación, considerando el año de ingreso y el año de egreso según la duración del plan de estudios" [SEP 2017].
La ANUIES [1986] precisa que la eficiencia terminal se ve afectada por la deserción y que ésta es el abandono que hace el alumno de las materias o cursos de la carrera en la que se ha inscrito, dejando de asistir a las clases y de cumplir con las obligaciones fijadas en el reglamento escolar.

En este artículo, [Domínguez y col., 2014] encontró que a partir del análisis de cohortes generacionales de alumnos que estudian Ing. Química en una Universidad Superior, los mayores índices de reprobación se dan en los primeros semestres de la carrera en las asignaturas del área de ciencias básicas; como consecuencia, los estudiantes se desmotivan y ocurre el abandono de los estudios. De igual forma, el rezago académico aparece como una de las principales causas de la deserción y por ende en la baja eficiencia terminal; en este contexto los autores recomiendan que estos fenómenos sean estudiados de manera integral y concluyen que para mejorar la eficiencia terminal se proporcionen cursos de formación e innovación docente a profesores de nuevo ingreso que , así como a aquellos cuyo resultado de la evaluación realizada por parte de los estudiantes haya sido baja y elaborar una base de datos que permita contar con información oportuna de las trayectorias académicas y así identificar docentes que presentan rezago.

Silas [2014] presenta un estudio donde se hace mención que la UNESCO estableció que la calidad de la educación superior abarca todas las funciones y actividades: docencia y programas académicos, becas e investigación, profesores y estudiantes, instalaciones, equipamientos y servicios que se ofertan a la comunidad universitaria, centradas en la modernización y rendición de cuentas. La certificación es un proceso muy importante que se convierte en un aval que da el organismo facultado, de que el egresado sí puede desempeñarse adecuadamente como un profesional. Estados Unidos fue el país pionero en el tema de la certificación y al analizar su impacto positivo, se ha difundido en todo el mundo, incluyendo nuestro país, en el cual los mecanismos de certificación se centran en la eficiencia institucional, bajo los estándares internacionales y con el objetivo de lograr que el estudiante se globalice.

De todo lo anterior investigado se concluye que el índice de reprobación es una problemática que conduce a otras situaciones indeseables como deserción, rezago, desempeño deficiente, pérdidas económicas y afecta a los índices de certificación, por lo que debe ser atendida con prontitud.

b) Importancia y características del empleo de TICS. Tipos, diseño y evaluación de software educativo.

Santiago y col. [2015] menciona algunos puntos deseables en la educación, cuando se emplean TICS como estrategias: *desarrollo del pensamiento crítico y creativo *fomento a la responsabilidad de los estudiantes frente a su formación *capacitación de los estudiantes para buscar, organizar, crear y aplicar la información *aprendizaje cooperativo.Hoy en día el cambio a que estamos sometidos desde la esfera tecnológica es extraordinario, pero el cambio en las escuelas se presenta con cierta lentitud. Es cierto que lo esencial es el diseño pedagógico centrado en el desarrollo de competencias del alumno, pero la tecnología y los dispositivos móviles son los mejores aliados para promover el necesario cambio de modelo de la Universidad. No podemos quedarnos estáticos cuando observamos que la tendencia y los caminos para la adquisición del actual conocimiento, son muy diversos.

Lorenzo [2017] El artículo propone la utilización del método blending teaching que consiste en el manejo de dos roles para el alumno: rol de alumno y rol de docente-evaluador en donde redescubre la emoción por lo desconocido, toma conciencia de sus propias limitaciones, enfrenta dificultades y mejora estrategias de lectura. También hace una propuesta para el profesor que es el uso del modelo PCK (Pedagogical Content Knowledge), modelo que ha tenido un alto impacto en todo el mundo ya que combina actividades presenciales con un trabajo sostenido a través del aula Virtual u otros dispositivos similares.

Daza y col [2009] describe en su artículo que se produce un rápido desarrollo en las herramientas tecnológicas y los alumnos que no se adapten a este ritmo pueden sentirse intelectualmente discriminados. Por esta razón el

uso de las TICS brinda la posibilidad de crear oportunidades para guiar e incrementar el aprendizaje y colaboran con el docente a llevar a cabo procesos innovadores. También gracias a las TICS los estudiantes discapacitados pueden aprender Química a través de estas rampas tecnológicas. Agrega que una característica importante de las TICS es su acelerado desarrollo; mientras hace pocos años se manejaban el correo electrónico, páginas Web estáticas, aplicaciones de Microsoft Office, applets, etc., después aparecen los blogs, las webquests, los wikis, los grupos de trabajo en línea, las simulaciones en Skype, etc. y recientemente programas como EasyPHP, MySQL. Como se ve la lista es inmensa y seguirá en aumento. Describen los autores ejemplos de inspiración para el docente a diseñar TICS como son: a) Los proyectos internacionales b) uso de simuladores c) libro de texto digital d) debates en línea e) uso de entornos de aprendizaje f) laboratorios virtuales de prácticas y simulación de procesos. Algo muy importante que plantea es que el profesor debe planear cuidadosamente el tiempo de uso de la tecnología, ya que si no es precavido la actividad puede convertirse en una sesión más de juego, olvidando los objetivos del aprendizaje.

Marqués [1999] en su artículo describe que el software educativo es un programa para computadora creado con el objetivo específico de ser empleado como medio didáctico para facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se puede desarrollar para cualquier materia y se puede clasificar tomando como base los siguientes criterios: a) programas tutoriales, que en mayor o menor medida dirigen y tutorizan el trabajo de los alumnos b) bases de datos, los cuales proporcionan datos organizados en un entorno estático, según determinados criterios y facilitan su exploración y consulta selectiva c) simuladores, presentan un modelo o entorno dinámico (generalmente a través de gráficos o animaciones interactivas) y facilitan su exploración y modificación a los alumnos para que pueden realizar aprendizajes inductivos o deductivos d) constructores, son programas que tienen un entorno programable, por ejemplo los constructores específicos y los lenguajes de programación e) programas herramientas, los cuales proporcionan un entorno instrumental como procesadores de texto, gestores de base de datos, hojas de cálculo, editores gráficos, programas de experimentación asistida, lenguajes y sistemas de autor.

Cataldi [2000] en su tesis expone la metodología para el diseño y evaluación de software educativo, menciona que puede ser realizada desde diversas perspectivas. En la evaluación se recomienda utilizar dos procedimientos: a) valoración por parte de los profesores y b) estudios experimentales, buscando identificar las siguientes dimensiones comunes:
* características técnicas de la presentación y realización del programa. * material de apoyo para los alumnos y el profesor. * dimensión didáctica (objetivos, contenidos, actividades) * adecuación del programa a las características de los receptores. *manejabilidad y accesibilidad del programa. *interactividad y flexibilidad del programa.
Presenta un resumen de los principales elementos identificados que se detallan a continuación:
* el color es una variable importante. * el uso cordial es esencial para facilitar la interactividad más efectiva. * referencia de las mayúsculas en la pantalla por los alumnos. * Información al usuario de los objetivos a alcanzar. *Yuxtaposición de dos o más sistemas simbólicos. * La estructura externa de presentación de la información, que facilita el almacenamiento de la información en la memoria. * La división de la pantalla en dos partes: la superior donde se ubica el título, las ayudas y seguimiento y en la inferior el contenido. * se prefiere las llamadas de atención en la parte inferior de la pantalla. * se prefiere el uso de subrayado, parpadeo y otras técnicas para llamar la atención sobre determinadas partes del programa. * utilización de animaciones en sectores de la pantalla. * diversificación de las pantallas para especificar diferentes informaciones sobre un mismo tema o contenido. * explotación de gráficos y animaciones. * enfatizar la retención y transferencia de información mediante resúmenes.

Los resultados de la investigación documental demuestran que las TICS son las mejores herramientas para desarrollar las competencias de los alumnos como lo marca el modelo educativo del Tecnológico Nacional de México [TecNM 2014] , son excelente aliados en el proceso de enseñanza-aprendizaje para cualquier asignatura y propone los fundamentos para su diseño y evaluación.

2.-Se presenta la siguiente gráfica, con la información proporcionada por el departamento de ciencias básicas de los índices de reprobación de la materia de Química.

 ISSN 2007-8102

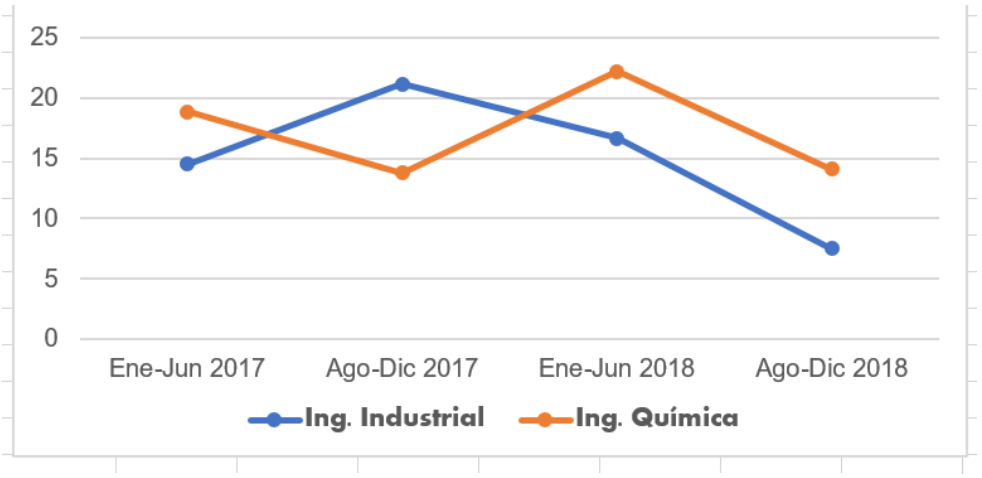


Figura 1. Porcentaje de reprobación de la materia de Química en el área de ciencias básicas del Instituto Tecnológico de Orizaba

3.-En la tabla siguiente se concentran los resultados de los índices de reprobación por unidad donde se imparte el tema: "Nomenclatura de compuestos inorgánicos".

	Ing. Química									Ing.Industrial
	Ago-Dic 2016		Ene-Jun 2017		Ago-Dic 2017		Ene-Jun 2018		Ago-Dic 2018	
Profesor										
P1		35%		37%	37%					32%
P2	35%	41%				42%		45%		20%
P3	46%	46%			33%		43%		25%	25%
P4			17%	25%		20%	20%	27%	20%	
P5				25%		20%				
P6	12%	33%				35%		31%		23%
P7		44%								
P8					36%				25%	
Media aritmética= 29.08%										
Media aritmética= 31.89%										
Promedio total= 30.49%										

Figura 2. Índices de reprobación en el tema: "Nomenclatura e identificación de compuestos inorgánicos"

Analizando los resultados de la fig.1 se detecta que Química es una de las materias con un alto índice de reprobación dentro del área de ciencias básicas. El análisis de la fig.2 demuestra claramente que las unidades que contienen el tema: "Nomenclatura e identificación de compuestos inorgánicos" son las causantes de este elevado índice por lo que se advierte la necesidad de una acción.

Trabajo a futuro

Desarrollo de un proyecto de investigación en el semestre feb-jun 2020, en donde los catedráticos que imparten la materia de Química para el área de ciencias básicas, utilicen las TICS en el tema de "Nomenclatura e identificación de compuestos inorgánicos" y se haga, al final del ciclo, el análisis respectivo de los resultados. Así mismo se incluya una recopilación de cuales son las TICS más útiles, eficientes y económicas.

Conclusiones

Nos enfrentamos hoy en día a cambios tecnológicos de extremada rapidez en el ámbito educativo. El docente debe hacer conciencia, que no puede quedarse estático y debe ser un aliado dinámico en el nuevo modelo de educación universitaria. En el Instituto Tecnológico de Orizaba se presenta una problemática porque el índice de reprobación de la materia de Química es elevado, sin embargo este índice se puede disminuir con el uso eficiente de las TICS las cuales deben ser elegidas adecuadamente y su uso debe estar regulado por cada catedrático, para obtener los objetivos deseados.

Referencias

1. Amado, M.; Brito, P.; García, V.; Sánchez, L.; and Sagaste, B. (2014). Causas de reprobación en ingeniería desde la perspectiva del académico y administradores. *Ciencia y Tecnología*.(14) 233-250.
2. ANUIES (1986) Trayectorias educativas y deserción escolar en los 80. Disponible en URL: http://publicaciones.anuies.mx/colecciones/temas-de-hoy-en-la-educacion-superior.Recuperado el 15 de Mayo de 2018
3. Cataldi, Z. (2000). Una metodología para el diseño, desarrollo y evaluación de software educativo. *Tesis de maestría*. 66 .Buenos Aires, Cordoba, Argentina.
4. Daza, P.; Gras-Marti, A.; Gras-Velázquez, A.; Guerrero, G. and Gurrola, T. (2009). Experiencia de enseñanza de la Química con el apoyo de las TIC. *Educación Química*. (20)320-329. Disponible en URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000300004 .Recuperado el 20 de Mayo de 2018
5. Domínguez, P.; Sandoval, C.; Cruz, C. and Pulido, T. (2014). Problemas relacionados con la eficiencia terminal desde la perspectiva de estudiantes universitarios. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación.* (12) 25-34.
6. Jiménez, H.;Amado M.; Montoya, P. and Elizalde, V. (2013). Aspectos que inciden en la reprobación desde la perspectiva del estudiante. *Multidisciplinas de la Ingeniería.(*1)19-28. Disponible en URL: http://www.fime.uanl.mx/multidisciplinas/aIn1/show/revista.pdf#page=19
7. Lorenzo, M. (2017). Enseñar y aprender ciencias. Nuevos escenarios para la interacción entre docentes y estudiantes. *Educación y educadores*. (20), 249-263.
8.Marqués, P.(2017) El software educativo. *Ceteulike*. Disponible en URL:http://www.lmi.ub.es/te/any96/marques_software/ .Recuperado el 15 Junio 2018
9. Santiago, R. (2015). Mobile Learning: nuevas realidades en el aula*. Ediorial Océano S.L.U.* (1) 3-20 Barcelona, España. Digital-Text
10. SEP. (2017). Glosario de Educación Superior. *Secretaría de educación pública*. Disponible en URL: http://dsia.uv.mx/cuestionario911/Material_apoyo/Glosario%20911.pdf Recuperado el 20 de Julio 2018
11. Silas, C. (2014). Calidad y acreditación en la Educación Superior: Realidades y retos para América Latina. *Páginas de Educación*. (7) 257-273. Montevideo, Uruguay.
12. CASEI (2018) Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional. Disponible en URL: http://www.cacei.org/docs/marco_ing_2018.pdf
13. Tecnológico Nacional de México (TECNM) (2014). Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales México. Disponible en URL: http://www.tecnm.mx/informacion/modelo-educativo-para-el-siglo-xxi-del-snest. Recuperado el 20 de julio de 2018

Causas de baja eficiencia terminal en carreras: Ing. Sistemas Computacionales e Informática, TecNM de SLP

M. G. Hernández Sierra[1], B.O. Ríos Velázquez[1], D.B. Oliva Garza[1], M.E. Vega Guerrero [1],* Estudiante: *A. K. Cabral Mirafuentes[1]*
[1]Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México en San Luis Potosí, Av. Tecnológico S/N, U.P.A., C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México
[*]magpehernandezs@gmail.com
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En el TecNM (Tecnológico Nacional de México) de SLP, se realizó un estudio de investigación, en el que se analizan las posibles causas por las que los estudiantes de las carreras Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática no pueden obtener el título profesional de manera inmediata. Las encuestas aplicadas mostraron que el bajo índice de titulación, es por no cubrir el requisito de acreditar la certificación de una segunda lengua extranjera. En la fase primaria de esta investigación se detectaron las incidencias más probables, que limitan a los estudiantes a completar su proceso terminal de carrera, y en una segunda fase, se propondrán las soluciones más inmediatas para resolverlo.

***Palabras clave**: inglés, titulación, TecNM San Luis Potosí.*

Abstract

In the TecNM (Tecnológico Nacional de México) of SLP, a research study was carried out, in which the possibilities of the students of the careers of Computer Systems and Computer Systems Engineering cannot obtain the professional degree so immediate. Applied surveys that the low degree index does not cover the requirement to prove the certification of a second foreign language. In the primary phase of this investigation the most probable incidents will be detected, which will limit the students to complete their terminal career process, and in a second phase, the most immediate solutions will be proposed to solve it.

***Key words:** English, University degree, TecNM San Luis Potosí.*

Introducción

Los estudiantes de las carreras Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática están demorándose en llevar a cabo su proceso de titulación. Alguna de las veces, es por no haber cumplido con el requisito que marca como obligatorio el manual de procedimientos del TecNM [2009], sobre la certificación del TOIC (Test of English for International Communication)[1] nivel B2. Por consecuencia, aceptan empleos con remuneración baja, y algunas veces ni siquiera pueden trabajar en puestos cualificados de su perfil, lo que ocasiona que no tengan la motivación para retomar sus trámites de titulación y realizar una meta que dejan pendiente. Ya que la demanda actual de estas carreras en el TecNM de SLP es baja y los parámetros que solicita el organismo acreditador de carreras de calidad, el Comité de Acreditación de Carreras en la Enseñanza de la Ingeniería[2], CACEI [2017], incluye elevar los índices de eficiencia terminal a un mínimo de 50%, debido a esto, es prioritario implementar estrategias de mejora.

[1] This is an English language test designed specifically to measure the everyday English skills of people working in an international environment. The TOEIC program offers various teaching and preparation resources for the TOEIC tests. These resources support the success of test takers through both individual learning products aimed at test takers and products that support English-language teaching. https://www.ets.org/toeic

[2] En la revisión por parte de CACEI a estas carreras, se observó el bajo índice de titulación, y se solicitaron las estrategias para elevar esos índices.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Planteamiento del problema

En el TecNM de SLP, en las carreras ISC (Ing. Sistemas Computacionales) e Ing. Inf., se exige como requisito para titulación, dentro del Manual de procedimientos, que el estudiante tenga aprobada alguna certificación de lengua extranjera, como el inglés, u otro idioma distinto al nativo. En el TecNM de SLP se tienen estudiantes sobresalientes que aun cuando han obtenido reconocimientos por el CENEVAL, no pueden obtener el título de manera inmediata. Esta investigación pretende explorar las causas del retraso en la obtención de dicha certificación. Un supuesto planteado es que la incidencia más general que se presenta es porque esta asignatura no se ofrece dentro del plan de estudios de las carreras, sino que se les ofrece como un servicio dentro de la institución en el propio Centro de Idiomas, pero como clases externas, en cuanto a horarios y cuotas. Esto ocasiona, que el estudiante deberá dedicar horas extras a su plan de estudios, además de pagar cuotas extra a la inscripción para ello. Otra de las causas supuestas es la falta de recurso económico para asistir a clases y prácticas en academias o escuelas de idiomas externas al TecNM, donde pudieran encontrar horarios flexibles y adecuados a sus actividades y hasta cercanos a su lugar de residencia.

Justificación

Por lo general, los egresados mejor preparados, tendrán más oportunidad de encontrar un trabajo de acuerdo al perfil de su formación universitaria. Los planes educativos tienen que ajustarse continuamente a los requerimientos de las demandas del mercado laboral globalizado a fin de garantizar que sus egresados posean las competencias necesarias. Dentro de las competencias requeridas actualmente se encuentra el manejo de TIC y el dominio del idioma inglés, aunque estas competencias no necesariamente se encuentren como materias de los planes reticulares. Los estudiantes de las carreras de ISC e Ing. Inf. del TecNM de SLP poseen a su egreso, el dominio de las TIC, ya que son competencias propias de su perfil. No así el dominio y certificación del idioma inglés. De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018: “La participación en la educación superior es hoy en día más importante que nunca. Contar con un título profesional es factor determinante para el incremento del desarrollo social, cultural, económico y político del país y con ello lograr que un mayor índice de población acceda a servicios que mejoren su calidad de vida.” La eficiencia terminal de una carrera, al ser un indicador cuantitativo, denota la calidad del programa educativo en una institución. Algunas causas de este indicador pueden ser el rezago académico y deserción, los cuales ponen en evidencia falta de estrategias de retención del alumnado. Otra causa importante es que los egresados terminan con la aprobación de su plan reticular y actividades extracurriculares (servicio social, residencia profesional, créditos complementarios) pero no pueden titularse al no poder completar los requisitos solicitados. Los estudiantes que cursan del 6º. Semestre en adelante, rara vez desertan del curso o adquieren un rezago que comprometa de manera definitiva su estancia de la institución. En el contexto promedio de los alumnos de las carreras de ISC e Ing. Inf. en el TecNM de SLP, los estudiantes no tienen acercamiento a la práctica del idioma inglés, ni posibilidad de recibir una capacitación de calidad de la lengua extranjera dentro de la escuela formadora a la que asistieron en los niveles educativos anteriores. Es de vital importancia incrementar el índice de eficiencia terminal como un indicador que prometa garantizar la mejora del proceso educativo nacional, a la vez que egresar estudiantes cualificados para acceder a puestos laborales.

Objetivo principal

Identificar, diagnosticar y analizar las causas que originan que los estudiantes no obtengan la titulación inmediata a su egreso, por no cubrir el requisito de la certificación de una lengua extranjera en las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática.

Marco teórico

Con la entrada al mundo globalizado, en el estado de San Luis Potosí, la oferta de empleos va en aumento, ya que muchas industrias y empresas trasnacionales se han venido a instalar en el estado. Desafortunadamente las plazas que requieren no siempre pueden ser ocupadas por los profesionistas de la institución, ya que, al solicitarles el título, estos egresados carecen de él por adeudar la certificación del idioma inglés. [Hernández, ,2018]. El dominio de idiomas se ha convertido en una necesidad apremiante como medio de comunicación mundial. La última encuesta publicada por OCDE [2017], da a conocer que al menos la mitad de los profesionistas

en México, han perdido una oportunidad en escalafón o trabajo inicial al no poderse comunicar en inglés, al menos en un 50%. Al idioma inglés se le considera actualmente como el idioma universal para la comunicación internacional. El Consejo Británico asegura que en inglés está: un tercio de los libros publicados y de estos, el 75% son de carácter científico, el 80% de la información almacenada electrónicamente y el 80% de los usuarios de Internet. El inglés es uno de los idiomas oficiales de la Unión Europea, Naciones Unidas y el Comité Olímpico Internacional. Como valor agregado, el dominar más de un idioma acrecienta el nivel cognitivo, socio-afectivo, cultural y obviamente de proyección laboral. Además, el inglés es el idioma que más personas dominan como segunda lengua. Por estas razones el idioma inglés es considerado el oficial para los negocios, los viajes, las relaciones empresariales y hasta personales. Quezada, [2005], señala: que al ser México un país colindante con Estados Unidos la sociedad está muy influenciada por la norteamericana y el idioma inglés adquiere aún más importancia para los negocios y la comunicación entre ambas naciones. El Lineamiento para la titulación integral versión 1.0, planes de estudio 2009-2010, con un enfoque en competencias profesionales, vigente para las carreras del Tecnológico Nacional de México, en el punto 4.1 de los requisitos inciso b) señala:
La acreditación de un programa de lengua extranjera, presentando un certificado o constancia emitido por una Institución u Organismo Nacional o Internacional con validez oficial, el cual debe validar las siguientes competencias: habilidades de comprensión auditiva y de lectura, así como la expresión oral y escrita de temas técnico-científicos relacionados con el perfil profesional. Pág. 1, TecNM [2009].
Según el Marco Común Europeo de Referencia, ECR [2019], el nivel B1 permite tener un nivel de inglés superior a las competencias básicas, sin garantizar aún que puedan trabajar o estudiar exclusivamente en inglés, pero si permite comprender textos sencillos sobre temas técnico-científicos del área y correos electrónicos, así como ser capaz de redactarlos.

Metodología

Se basa en el método científico. Es un experimento empírico para elevar el índice de titulación en las carreras y detectar las principales causas del bajo índice.

Diseño del estudio

Se utilizó la encuesta como instumento en la indagación de la información.
Utilizando una muestra aleatoria, estratificada, con las generaciones del 1º al 5º semestre, considerando

Determinación de la población.

La población actual de las carreras es de 121 estudiantes en la carrera de Ingeniería Informática y 450 en Ingeniería en Sistemas Computacionales, de los cuales 60 estudiantes de Informática están cursando entre 1º y 5º. Semestre y 261 de Sistemas Computacionales. El tamaño del universo es de 321 por lo que se tomó como muestra representativa 100 alumnos equivalentes 31.15 por ciento.

Construcción de la encuesta.

La encuesta se elaboró con preguntas de respuesta dicotómicas, nominales de opción múltiple, con el fin de obtener los datos sobre las causas de no acreditar alguna certificación del idioma inglés, y por consecuencia no obtener inmediatamente la titulación.

Resultados y discusión

Gráficos de las respuestas.

De los resultados obtenidos en la indagación sobre si los estudiantes están enterados que, para obtener su título, deben tener una certificación en una lengua extranjera, el 96 por ciento, respondió que, sí tenía conocimiento, y el 3.92 por ciento respondió que no tenía conocimiento.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Gráfico donde se muestra el porcentaje de alumnos con conocimiento del requisito obligatorio para titulación de la certificación de una segunda lengua extranjera.

La información recabada sobre si los estudiantes están enterados que el idioma inglés es considerado actualmente como el idioma universal, el 100 por ciento respondió que sí lo estaba. Este indicador demuestra que no es por desconocimiento el que los estudiantes no invierta su tiempo transcurrido en la carrera, en la capacitación del idioma.



Figura 2. Gráfico donde se muestra la cantidad de los alumnos encuestados que señalan conocen que el idioma inglés, es considerado como el idioma universal.

En la Figura 3, se muestran los datos sobre el nivel de estudios en que los estudiantes reciben clases del idioma inglés, en su mayoría, 49.02 por ciento comenzaron en el nivel medio. Solamente el 5.82 por ciento comenzaron en el nivel preescolar, el 35.29 por ciento en el nivel básico y el 9.80 por ciento hasta el nivel medio superior.

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Gráfico del nivel de estudios donde tuvieron el primer contacto los alumnos con el idioma inglés.

De los datos sobre si los estudiantes están enterados que, gran número de empresas tanto locales, nacionales e internacionales solicitan que los posibles empleados tengan el dominio y la certificación del idioma inglés, el 98 por ciento contestó que sí tiene conocimiento y solamente el 2 por ciento que no tienen conocimiento.

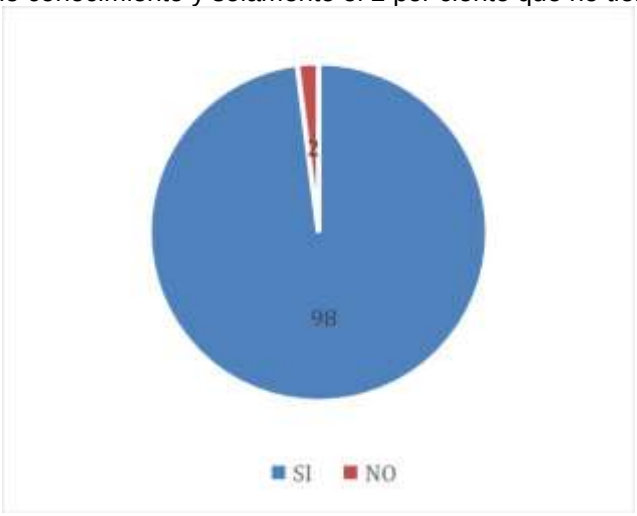


Figura 4. Gráfico que muestra el porcentaje de alumnos conocen que gran número de empresas requieren egresados con dominio del idioma inglés.

Los datos sobre la creencia de los estudiantes, si las empresas contratantes ofrecen mayor sueldo a los empleados que dominan el idioma inglés: el 96 por ciento respondió que sí lo creen y solo el 4 por ciento que no lo creen.

 ISSN 2007-8102

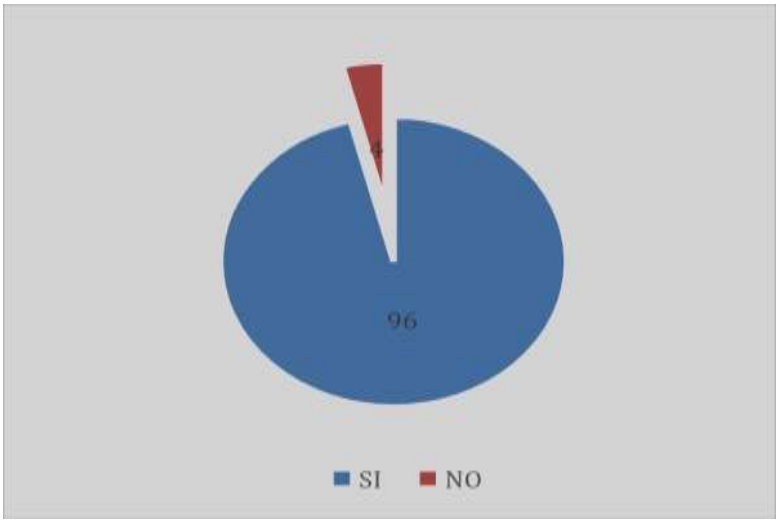


Figura 5. Gráfico que muestra el porcentaje de alumnos creen que las empresas ofrecen mayor sueldo a los empleados con dominio alto del idioma inglés.

El 96 por ciento respondió que si están interesados en tomar cursos intensivos de inglés y 4 por ciento que no lo están.

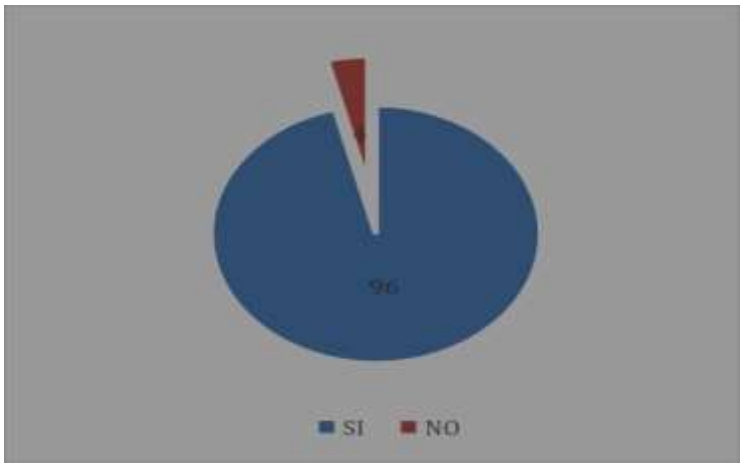


Figura 6. Gráfico que muestra el porcentaje de alumnos que están interesados en tomar cursos intensivos de inglés.

Sobre el porcentaje de estudiantes que deben trabajar para mantener sus estudios y/o apoyar en la economía familiar, el 96 por ciento respondió que trabaja y solo el 4 por ciento respondió que no trabaja.

 ISSN 2007-8102



Figura 7. Gráfico que muestra el porcentaje de alumnos trabajan para mantener sus estudios y/o apoyar en los gastos familiares.

Los resultados sobre las causas por las que los estudiantes no asisten a la capacitación del idioma inglés en el centro propio de la institución, el 83.14 por ciento respondió que: por causas de la inaccesibilidad en las cuotas, 70 por ciento por la indisposición de los horarios para asistir, 65.37 por ciento por no poder asistir físicamente a las clases y 73.37 por ciento por la razón de que el material no está accesible en formato digital.

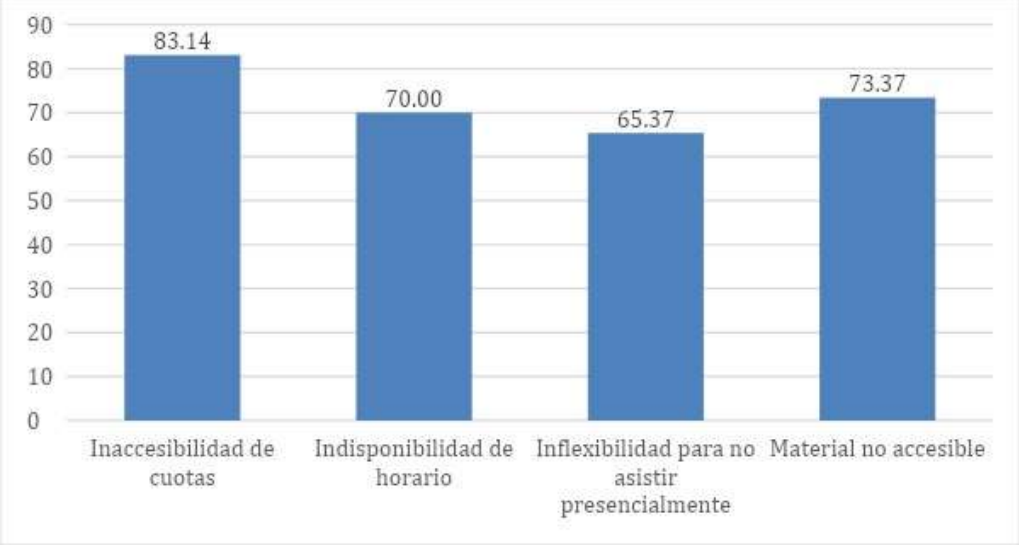


Figura 8. Razones por las que los alumnos no se capacitan en el centro de idiomas de la institución. En esta pregunta podían elegir varias respuestas.

Trabajo a futuro

- Tomar acciones sobre la capacitación y formación de profesores para que puedan impartir clases bilingües.
- Ofrecer cursos intensivos en periodo intersemestral y de preferencia, asegurar la inscripción de los estudiantes próximos a egresar.
- Promover Becas de estudio en el Centro de idiomas del Instituto a estudiantes sobresalientes.

- Informar y demostrar a los estudiantes las herramientas digitales para estudio del idioma inglés de acceso libre, que pueden usar en línea.
- Desarrollo de la propia herramienta digital el TecNM de SLP, para estudio del idioma inglés en línea.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a los alumnos de ISC e Ing. Inf. del ITSLP, se detectó que, aun conociendo la necesidad de dominar el idioma inglés y la obligatoriedad para obtener su certificación, tanto para trámites de titulación como para obtener un mejor proyecto de residencia profesional o trabajo mejor remunerado, los alumnos no se preparan durante su carrera Lane [2018]. La mayoría de los alumnos reciben clases de inglés a partir del nivel medio. Las principales causas son la falta de disponibilidad de tiempo para asistir a clase, aun cuando dentro de la Institución se cuenta con un Centro de idiomas, por tener que trabajar para generar ingresos tanto para mantener su carrera, como para ayudar con los gastos de su casa y la falta de recursos económicos para cubrir la cuota necesaria. En su mayoría los alumnos están interesados en llevar cursos intensivos en el período intersemestral a bajo costo.

Es necesario contar con alguna opción que permita al alumno poder capacitarse en el idioma inglés con algún método atemporal (no requiera su presencia física en horario determinado), que le permita avanzar a su ritmo y cuya cuota no resulte onerosa para su situación económica. Se pudiera ofrecer durante las 16 semanas de duración de un semestre o en los 2 períodos vacacionales del año (diciembre-enero y junio-julio). O proponer que el inglés sea una materia obligatoria durante todo su trayecto estudiantil.

En la medida que estas acciones se comiencen a poner en práctica, se asegurará de alguna manera, incrementar la eficiencia terminal de estas carreras, por lo que el estudiante al ingresar a su residencia profesional, contará con la certificación del idioma inglés, lo que conllevará que sea contratado por su buen desempeño y alta calidad en la preparación del inglés y a ser considerado en proyectos de impacto Internacional.

Bibliografía y Referencias

1. García A. (2016, 20 de febrero). La importancia del inglés, el idioma universal por excelencia. Docente de Inglés en la Institución Educativa. *El Nacional*, Sahagún, Colombia. CórdobaCompartirpalabramestra.org. Recuperado de: https://compartirpalabramaestra.org/columnas/la-importancia-del-ingles-el-idioma-universal-por-excelencia
2. Hernández, N. L. (2018, 21 de enero). Idioma inglés, barrera para potosinos profesionistas. *El Universal.* Recuperado de: https.//sanluis.eluniversal.com.mx/cartera/21-01-2018/idioma-ingles-barrera-para-potosinos-profesionistas
3. Informe Panorama de la Educación 2017. Indicadores de la OCDE. *OCDEiLibrary.* Recuperado de: https://www.oecd- ilibrary.org/education/panorama-de-la-educacion_20795793
4. Lane J. (2018, 20 de octubre) Los 10 idiomas más hablados del mundo. *La revista de Babbel.* Recuperado de: https://es.babbel.com/es/magazine/los-10-idiomas-mas-hablados-del-mundo/
5. Marco Común Europeo de Referencia (MCER). Recuperado de: https://www.efset.org/es/english-score/cefr/b1/
6. Narváez C.Q. (2005) La Popularidad del Inglés en el siglo XXI. *Tlatemoani, Revista Académica de Investigación.* Departamento Universitario de inglés, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Recuperado de: http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/05/cqn.htm
7. Plan Nacional de desarrollo 2013-2018. Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5299465
8. Tecnológico Nacional de México, Lineamiento para la titulación integral versión 1.0, planes de estudio 2009-2010, con un enfoque en competencias profesionales. Recuperado de: http://www.itq.edu.mx/lineamientos/lintitulacionintegral.pdf

Flipped Classroom en educación a distancia como estrategia de enseñanza en álgebra lineal del ITSCH

Y. González Cruz[1], E. Jacinto Martínez [2]*
[1]Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas, carretera Las Choapas-Cerro de Nanchital. Km. 6 colonia J. Mario Rosado. C.p. 98980, Las Choapas, Ver, México
** Yesy5740@gmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Los resultados de la investigación determinan la viabilidad de fomentar en el sistema a distancia Flipped Classroom como estrategia pedagógica, en la cual el docente innova su práctica dentro y fuera del aula, valiéndose para ello de los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA), esta estrategia le va a permitir realizar el abordaje completo y satisfactorio del contenido en cada una de las asignaturas, también será el responsable de la producción de material a utilizar en el proceso enseñanza aprendizaje, de la misma manera el alumno obtiene dentro y fuera del aula un aprendizaje autónomo, en ambos sentidos el docente debe reforzar la transmisión de conocimiento hacia el alumno, todo esto pretende satisfacer el modelo educativo actual planteado para la educación a distancia.

***Palabras clave**:* Modalidad a distancia, Aula invertida, Tecnologías de la información y la comunicación.

Abstract

The results of the research determine the feasibility of promoting the Flipped Classroom system as a pedagogical strategy in the distance system, in which the teacher innovates his practice inside and outside the classroom, using this virtual learning environment (AVA), this strategy It will allow you to make the complete and satisfactory approach to the content in each of the subjects, you will also be responsible for the production of material to be used in the teaching-learning process, in the same way the student obtains a learning inside and outside the classroom autonomous, in both directions the teacher must reinforce the transmission of knowledge to the student, all this aims to satisfy the current educational model proposed for distance education.

Key words: Distance mode, Inverted classroom, Information and communication technologies.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Introducción

Para el Tecnológico Nacional de México “Educación a Distancia es la educación en las modalidades No escolarizada a distancia y Mixta, con el apoyo esencial de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, que tiene la finalidad de incrementar la cobertura en Educación Superior Tecnológica, para formar profesionistas que sean un factor determinante en el desarrollo nacional e internacional, con una amplia perspectiva de inclusión, equidad y calidad”. (Manual de lineamiento TecNM, 2015, p. 101)

Con la investigación realizada se pretende el fomento de aula invertida, para que la educación se acerque al educando y exista un aprendizaje constructivista y significativo en donde el alumno se haga responsable de su propio aprendizaje, en la política de operación del TecNM, en el apartado 16.4.1.12 Describe la “modalidad mixta como la distribución de horas en plataforma educativa y las presenciales en aula o laboratorio, se dosifica con base en los créditos asignados para cada asignatura, tomando en cuenta las horas teóricas y las horas prácticas” (Lineamientos TecNM, p. 104).

Aula invertida, se presentó inicialmente como una iniciativa particular de la cual sus pioneros son Jonathan Bergman y Aaron Sams, estos personajes tuvieron como objetivo común, “conseguir que los alumnos que por diversos motivos no habían podido asistir a clase fueran capaces de seguir el ritmo del curso y no resultaran perjudicados por la falta de asistencia” (Berenguer, 2016, p. 3).

Actualmente este modelo ha sido utilizado en diversos centros educativos nacionales e internacionales, implementándose en sistemas escolarizados, semiescolarizados, e incluso a distancia, como una herramienta auxiliar para el aprendizaje, lo que implica para el docente, la elaboración de diversos tipos de materiales o recursos educativos en distintos formatos que ayuden al alumno a promover un aprendizaje constructivo y significativo (**Ver tabla 2**), por ello también se auxilia de los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) o el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), todas estas estrategias y herramientas le permiten al alumno acceder a los contenido cuando así lo desee, este proceso es de vital importancia para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje (PEA), considerando que el aprendizaje del alumno no se limite al aula, sino que vaya fuera de esta, al docente es a quien le corresponde diseñar las actividades áulicas y extraclase, lo teórico debe aprenderse fuera del aula y lo practico dentro del aula, en este proceso el alumno trabaja de manera autónoma y se hace responsable de su aprendizaje, volviéndose así un colaborador activo en este, para lograrlo el docentes debe guiarlo en este proceso. La investigación hace referencia a innovar la práctica educativa, con el objetivo de lograr en el alumno una mejor adquisición de conocimiento teórico práctico, por ello el estudio toma como referencia la implementación de flipped classroom como una estrategia, valiéndose de los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) y de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), como herramientas que influyan en el aprendizaje autónomo del alumno dentro y fuera del aula, con esto se pretende dejar de lado la educación tradicional, el estudio se realiza con la muestra que ha sido determinada estadísticamente, y como instrumento de recolección de información se utiliza una encuesta, la cual contiene preguntas cerradas de opción múltiple, primero se realiza una evaluacion diagnóstica que permite identificar si existe uso o fomento de los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) en la educación tradicional, así mismo posterior a la ejecución de aula invertida, se vuelve a evaluar, en ambos casos se utiliza el mismo instrumento, obteniéndose como resultados: en la evaluacion diagnóstica que el uso de ambientes virtuales de aprendizaje fue insuficiente, y para aula invertida oscilaron entre excelente y bueno, estos datos permiten determinar que si es una opción viable la implementación de este modelo pedagógico.

 ISSN 2007-8102

Metodología

El Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz, tiene como universo para la investigación los programas de educación en la modalidad a distancia: Ingeniería en Gestión Empresarial (IGEM), Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC), Ingeniería Industrial (IIND) como objeto de estudio, teniendo como población los alumnos de la carrera de Ingeniería en Gestión empresarial la cual es de: 106, dato que permite obtener por calculo estadístico una muestra de: 36 estudiantes con la cual se realiza el estudio.

Para realizar el estudio se utiliza una investigación experimental, con un alcance descriptivo, explicativo y de cohorte longitudinal, para determinar la muestra en la investigación se utiliza la formula finita **(Ver fig. 1)**, donde la población es de 106 estudiantes del tercer semestre de Ingeniería en Gestión Empresarial del ITSCH, en el periodo agosto 2018 - enero 2019, en *modalidad mixta.*

$$n = \frac{NZ^2\sigma^2}{e^2(N-1)+Z^2\sigma^2}$$

Figura 1. Formula finita (Díaz, 2012, p. 245-246)

La **tabla 1** incluye los valores de cada uno de los parametros de la formula finita **(Ver fig.1)**

Tabla 1. Parametros de la formula finita (Fig.1)

Parámetros	Valores	Valores elevados al cuadrado
Z :	1.96	3.8416
σ :	0.316228	0.1
e :	0.06	0.0036
N :	106	
N-1 :	105	

Fuente: Creacion propia (Díaz, 2012, p. 245-246)

Para la recoleccion de datos se utilizo una encuesta con preguntas cerradas de opcion multiple, la cual fue aplicada a los alumnos de la muestra antes de la implementacion de aula invertida y posterior a ella.

Donde:
Z: Valor que se obtiene de la distribución normal, para un nivel de significancia.
N: Tamaño de la población.
e: Error estándar igual a 6% determinado para este estudio determinado por el investigador.
n: Tamaño de muestra sin ajustar.

El valor de **n**= 53.4, por lo que se realiza un reajuste utilizando la siguiente formula **(Ver fig. 2)**:

$$n' = \frac{n}{1+\frac{n}{N}}$$

Figura 2. Formula probabilística (Hernández & Fernández, 2007, p. 266)

Donde:
n': Valor de la muestra ajustada y buscada
N: Tamaño de la población.

El valor de **n' =** 35.5232

 ISSN 2007-8102

Lo que permite considerar en la investigación una muestra de **36 alumnos.**

Tabla 2. Comparativo de recursos durante la enseñanza - aprendizaje

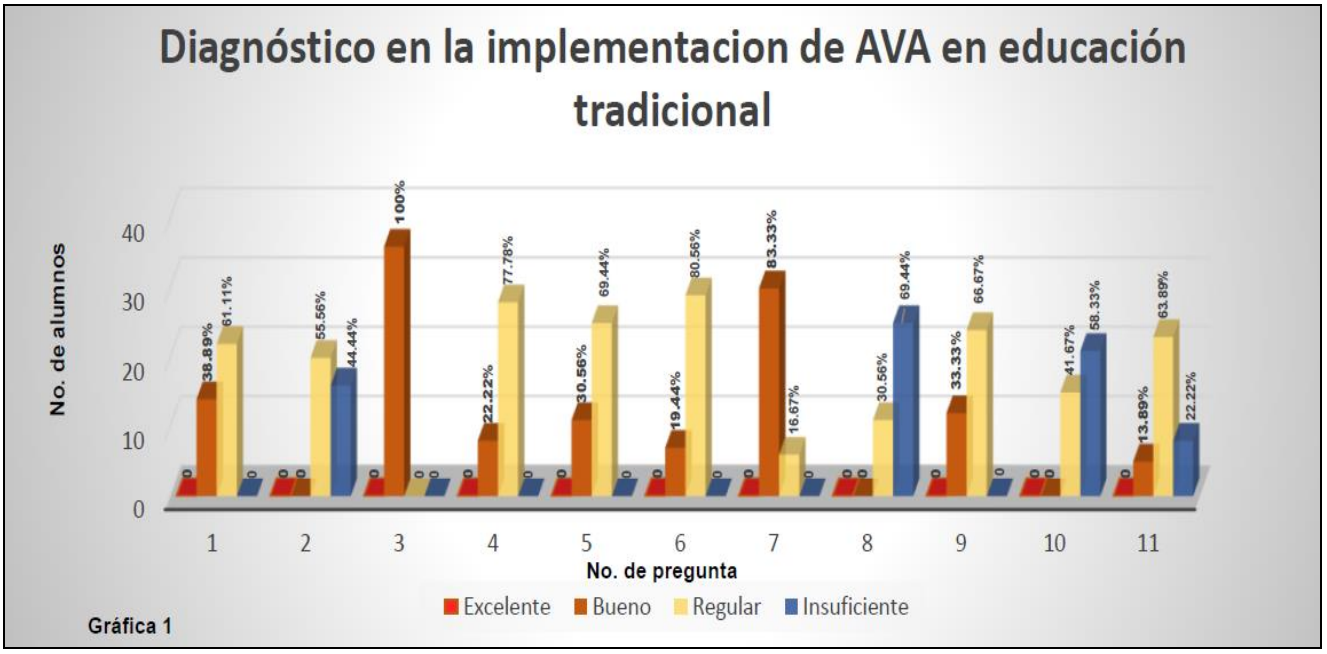
Estrategias implementadas en educación tradicional	Algunas estrategias actualmente más comunes	Lo utilizado en Flipped Classroom
*Pizarrón blanco *Investigaciones *Copias *Diapositivas (Power point) *Exposiciones (Con apoyo de cañón)	*Edmodo, Moodle (Plataforma educativa) *Classroom *Alternativas a Moodle: CHAMILO, CLASSONLIVE, DOKEOS, CLAROLINE, E-DOCEO, ATUTOR *Foros, Chats (En plataforma educativa) *Documentos electrónicos: libros, revistas *Infografías, carteles (Canva) *Video conferencias (Videos educativos) *Screencast-O-Matic (Clase invertida) *Educaplay (Interactividad) *Genially (Transferencia del aprendizaje) *Prezi (Diapositivas) *Hashtag de Facebook (Constructivismo social) *Google drive (Compartir documentos) *Dropbox (Compartir documentos) *Murally (Mural digital) *Padlet (Mural virtual) *Lino stick (Mural virtual) *Gnowledge (Cuestionarios interactivos) *Mindmeister (Mapas mentales) *Mindmaple (Mapas mentales) *TeAchnology (Rubricas) *Teacher planet (Rúbricas) *Rubistar (Rúbricas), etc.	*Edmodo *Uso de foro para preguntas o dudas en plataforma. *Libros, artículos (Documentos electrónicos) *Video conferencia de clases (Videos educativos) *Infografías (Canva) * Screencast-O-Matic *Genially *Mapas mentales (Canva) *Google Drive (Compartir documentos. *Uso de pizarrón *Uso de cañón

Fuente: Creación propia

 ISSN 2007-8102

Resultados

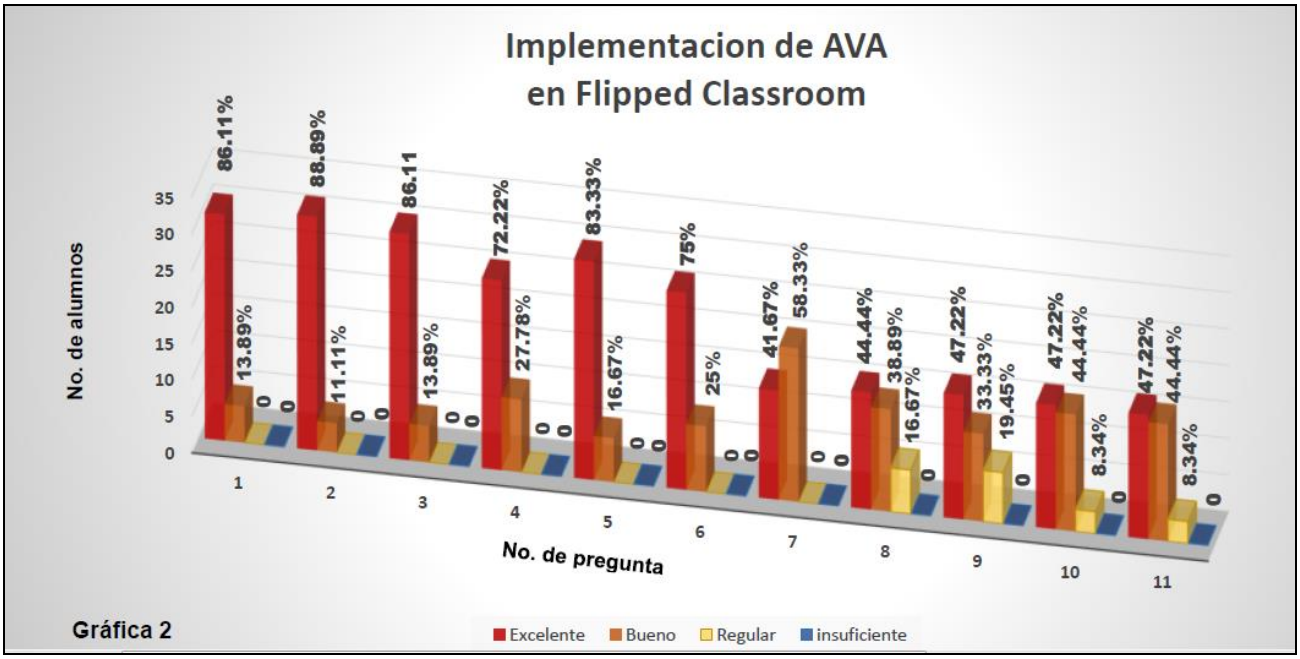
La **grafica 1** representa los resultados obtenidos en la encuesta aplicada antes de implementar Flipped Classroom a los alumnos tomados como muestra del estudio y la **gráfica 2** muestra los resultados obtenidos en la encuesta aplicada después de haber aplicado Flipped Classroom en la asignatura de álgebra lineal en la muestra determinada. En todas las respuestas se utilizan los parámetros de: Excelente, Bueno, Regular e Insuficiente.



AVA (Ambientes Virtuales de Aprendizaje)

Grafica 1. La **pregunta uno**; ella indica si el docente les dio a conocer a los alumnos el programa de asignatura, así como las reglas de operación del grupo, a lo que 14 alumnos consideran que ha sido Bueno (38.89%) y 22 alumnos lo consideran Regular (61.11%). **Pregunta dos**; hace referencia a si el docente indico que actividades se desarrollarían en cada una de las unidades, con sus respectivos porcentajes; 22 alumnos indican que Regular (55.56%) y 16 alumnos indican que Insuficiente (44.44%). **Pregunta tres**; hace alusión a si el docente utilizo algún medio digital para hacerles llegar información correspondiente a la asignatura, 36 alumnos indican que ha sido Bueno (100%). **Pregunta cuatro**; cuestiona a cerca si el material digital que proporciono el docente en cada una de las unidades les fue de utilidad, a lo que 8 alumnos consideran que ha sido Bueno (22.22%) y 28 alumnos indican que Regular (77.78%). **Pregunta cinco**; hace referencia a si el docente les proporciono rúbricas o listas de cotejo para cada una de las actividades encomendadas; 11 alumnos lo consideran Bueno (30.56%) y 25 alumnos Regular (69.44%). **Pregunta seis**; cuestiona a si las unidades de la asignatura se abordan en su totalidad, es decir completas, a lo que 7 alumnos indican que Bueno (19.44%) y 29 alumnos que Regular (80.56%). **Pregunta siete**; formula, si el número total de clases presenciales asignadas para las asignaturas es suficiente, a lo que 30 alumnos consideran que ha sido Bueno (83.33%) y 6 alumnos indican que Regular (16.67%). **Pregunta ocho**; solicita indiquen si se imparten todas las clases presenciales asignadas para las diversas asignaturas, a lo que 11 alumnos indican que Regularmente (30.56%) y 25 alumnos indican que insuficiente (69.44%). **Pregunta nueve**; solicita indiquen como consideran que son los materiales que les proporcionan la mayoría de los docentes, 12 alumnos indican que son Buenos (33.33%) y 24 alumnos afirman que Regular (66.67%). **Pregunta diez**; cuestiona acerca, que de usar alguna plataforma educativa el docente, en la impartición de diversas asignaturas, como ha sido su utilidad, a lo que 15 alumnos afirman que Regular (41.67%) y 21 alumnos considera que Insuficiente (58.33%). **Pregunta once**; cuestiona, que de utilizarse recursos digitales como han sido estos, a lo que 5 alumnos consideran que Bueno (13.89%), 23 alumnos consideran que Regular (63.89%) y 8 alumnos consideran que Insuficiente (22.22%).

 ISSN 2007-8102



Grafica 2. La **pregunta uno**; ella indica si el docente les dio a conocer a los alumnos el programa de asignatura, así como las reglas de operación del grupo, a lo que 31 alumnos lo consideran Excelente (86.11%) y 5 alumnos Bueno (13.89%). **Pregunta dos**; hace referencia a si el docente indico que actividades se desarrollarían en cada una de las unidades, con sus respectivos porcentajes; 32 alumnos indican que Excelente (88.89%) y 4 alumnos indican que Bueno (11.11%). **Pregunta tres**; hace alusión a si el docente utilizo algún medio digital para hacerles llegar información correspondiente a la asignatura, 31 alumnos indican que ha sido Excelente (86.11%) y 5 alumnos lo consideran Bueno13.89%). **Pregunta cuatro**; cuestiona a cerca si el material digital que proporciono el docente en cada una de las unidades les fue de utilidad, a lo que 26 alumnos consideran que ha sido Excelente (72.22%) y 10 alumnos indican que Bueno (27.78%). **Pregunta cinco**; hace referencia a si el docente les proporciono rúbricas o listas de cotejo para cada una de las actividades encomendadas; 30 alumnos lo consideran Excelente (83.33%) y 6 alumnos Bueno (16.67%). **Pregunta seis**; cuestiona a si las unidades de la asignatura se abordan en su totalidad, es decir completas, 27 alumnos indican que Excelente (75%) y 6 alumnos que Bueno (25%). **Pregunta siete**; formula, si el número total de clases presenciales asignadas para las asignaturas es suficiente, a lo que 15 alumnos consideran que ha sido Excelente (41.67%) y 21 alumnos indican que Bueno (58.33%). **Pregunta ocho**; solicita indiquen si se imparten todas las clases presenciales asignada a la asignatura algebra lineal, a lo que 16 alumnos indican que Excelente (44.44%), 14 alumnos que Bueno (38.89%) y 6 alumnos indican que Regular16.67%). **Pregunta nueve**; solicita indiquen como consideran que son los materiales que les proporciono el docente en la asignatura de algebra lineal, 17 alumnos indican que Excelente (47.22%), 12 alumnos que Bueno (33.33%) y 7 alumnos indican que Regular (19.45%). **Pregunta diez**; cuestiona acerca, que de usar alguna plataforma educativa el docente, en la impartición de diversas asignaturas, como ha sido su utilidad, a lo que 17 alumnos afirman que Excelente (47.22%), 16 que Bueno (44.44%) y 3 alumnos considera que Regular (8.34%). **Pregunta once**; cuestiona, que de haber utilizado recursos digitales como han sido estos, a lo que 17 alumnos consideran que Excelente (47.22%), 16 alumnos consideran que Bueno (44.44%) y 3 alumnos consideran que Regular (8.34%).

 ISSN 2007-8102

Conclusiones

Durante el diagnóstico se detectó que existe un nivel satisfactorio en la ejecución de la asignatura, más sin embargo se espera que posea un índice de excelente, también se encontró que de manera insuficiente se hace uso de plataformas educativas y que en un nivel de regular se les ha provisto de recursos digitales, en general; se promueven de manera insuficiente los ambientes virtuales de aprendizaje. Se implementa Flipped Classroom a la misma muestra, y al finalizar el estudio se obtienen mejores resultados, respecto al uso de plataforma los alumnos consideran que oscila entre excelente y bueno, y respecto al uso de recursos digitales los alumnos indican en un porcentaje favorable que ha sido excelente.

Al iniciar con la implementación de Flipped Classroom los alumnos tienen dificultades de adaptación, ya que no poseen buenos hábitos para administrar su tiempo, les cuesta involucrarse en la elaboración de tareas, el bloque de la asignatura se finalizó de manera satisfactoria, ya que el docente abordo todo el contenido de cada una de las unidades del programa de la asignatura, la distribución del tiempo para las clases áulicas y las fuera del aula (extra áulicas) fue satisfactoria para el docente y alumnos, ya que el docente antes de iniciar la primera sesión, se puso en contacto con los alumnos por plataforma y les hizo llegar contenidos previos a ver en la primera sesión presencial, por lo que al finalizar el bloque con la asignatura los alumnos obtuvieron excelentes resultados acreditando la asignatura, esto lleva a realizar algunas sugerencias las cuales son:

Se sugiere que institucionalmente se promueva el uso e implementación de plataforma educativa y uso de recursos en ambientes virtuales de aprendizaje, permitiendo que el docente genere la producción de recursos educativos y consumo de parte de los alumnos, siendo esto el promotor del pensamiento crítico y creativo en los educandos.

Se recomienda fomentar, estimular y capacitar a los docentes a cerca de la importancia de implementar o utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) dentro y fuera del aula con los alumnos, para cumplir con esto es de gran ayuda el uso de plataformas educativas lo que le permitirá a los alumnos acceder a los contenidos cuando lo desee, no hay que dejar de lado que el docente es el proveedor de recursos para propiciar el aprendizaje en los alumnos, por lo que él es el responsable de elaborar esos recursos didácticos en diversos tipos de formatos, ayudando así al alumno a promover un aprendizaje constructivista y significativo.

Por lo descrito en párrafo anterior se puede afirmar que es el docente quien debe valerse del uso de recursos o herramientas que contribuyan a mejorar el entorno colaborativo de aprendizaje, utilizando diversos tipos de material multimedia, movilidad y flexibilidad para que estos ambientes virtuales de aprendizaje contribuyan a que existan mejores resultados en la adquisición de aprendizaje en los alumnos, y que estos sean competentes ante las demandas de la globalización.

Se sugiere implementar Flipped Classroom en el sistema a distancia en todas las carreras con las que cuenta el ITSCH.

Referencias

1. Bergmann, J. & Sams, A. (2012). Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day. EE.UU.: International Society for Technology in Education.
2. Diaz Mata Alfredo (2013). Estadística Aplicada a la administración y la economía. Primera edición. Ed. Mc Graw Hill.
3. Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos & Baptista Lucio Pilar (1997). Metodología de la Investigación. 2da. Edición México Mc Graw-Hill.
4. Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos & Baptista Lucio Pilar (2007). Metodología de la Investigación. 5ta. Edición México Mc Graw-Hill.
5. Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México (2015). Derechos reservados.
   Recuperado de: http://www.itg.edu.mx/lineamientos/Manual_de_Lineamientos_TecNM.pdf
6. Parr, J. (2000). A Review of the Literature on Computer-Assisted Learning, Particularly Integrated Learning Systems, and Outcomes with Respect to Literacy and Numeracy. Wellington, Nueva Zelanda: Ministry of Education.

Artículos en revistas especializadas:

1. Berenguer Albaladejo C. (2016) Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom. Universidad de Alicate.
   Recuperado de https://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2016/documentos/tema-2/805139.pdf
2. Cabero, J. (1999). Tecnología Educativa. Madrid, España: Editorial Síntesis.
   Recuperado de: https://www.revistacomunicar.com/pdf/comunicar21.pdf
3. Cabero, J. (2003). Replanteando la tecnología educativa. Comunicar, 21, 23-30.
   Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/158/15802104.pdf
4. Merla González Alma Elizabeth y Yáñez Encizo Carlota Georgina. Revista mexicana de bachillerato a distancia. Experiencias de bachillerato a distancia. El aula invertida como estrategia para la mejora del rendimiento académico.
   Recuperado de: file:///E:/Datos/Descargas/57108-163811-1-PB%20(4).pdf

Referencias electrónicas

1. MindMaple. Mapas mentales. 2019.
   Recuperado de: https://www.mindmaple.com/
2. Mindmeister. Mapas mentales. 2019.
   Recuperado de: https://www.mindmeister.com/es
3. Rubistar. Rúbricas. 2019.
   Recuperado de: http://rubistar.4teachers.org/index.php?skin=es&lang=es
4. TeAchnology. Rúbricas. 2019.
   Recuperado de: http://www.teach-nology.com/web_tools/rubrics/
5. Teacher planet. Rúbricas. 2019.
   Recuperado de: https://www.teacherplanet.com/rubrics-for-teachers

Desarrollo de Habilidades de Programación Python mediante una App

E.C. Contreras Delgado[1], I. I. Contreras González[1]*
[1]Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. Venustiano Carranza #2500, Col. Tecnológico, Saltillo, Coahuila, C.P. 25280, México.
**icontreras@itsaltillo.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En la actualidad se emplean cursos en línea con la opción de inscripción gratuita y abierta (MOOCs) como recurso educativo autodidacta, pocas publicaciones mencionan el resultado obtenido en el proceso del aprendizaje y los indicadores empleados para medir este resultado. El presente trabajo muestra el estudio realizado a un grupo de estudiantes de nivel superior para enseñarles el lenguaje de programación Python mediante una aplicación móvil y la asistencia guiada. Se evalúa la lógica de programación mediante preguntas y programas informáticos, la interacción con la aplicación móvil mediante cuestionarios, y la actitud al aprendizaje con encuestas. Mediante el análisis estadístico de frecuencias la variable lógica de programación muestra un nivel de aprobado, en la aplicación móvil se registra un resultado competente y en la actitud un nivel bajo. Dando como resultado que el elemento que predomina en el estudio es la escasa actitud para el aprendizaje.

***Palabras clave**: Actitud al aprendizaje, Lógica computacional, Dispositivo móvil, Método de investigación Relacional.*

Abstract

Currently, Massive Open Online Courses (MOOCs) have been used as a self-taught educational resources, few publications mention the result obtained in the learning process and the indicators used to measure this result. The present work shows the study carried out to a group of under graduate students to teach them the Python programming language through a mobile application and the guided assistance by instructors. The logic of programming is evaluated through questions and computer programs, the interaction with the mobile application through questionnaires, and the attitude to learning through surveys. By means of statistical frequency the logic variable of programming shows a level of approved, in the mobile application, a competent result is registered and, in the attitude, a low level. The resulting element that predominates in the study is the poor attitude for learning.

***Key words**: Attitude to learning, Computational logic, Mobile device, Relational research method.*

INTRODUCCIÓN

En el presente en las escuelas de nivel superior, se ha hecho necesario emplear herramientas modernas para resolver problemas en ingeniería, como lo es mediante la programación informática que permite realizar cálculos con mayor rapidez, inferir y analizar resultados. En el aspecto educativo se pueden utilizar y aplicar diferentes métodos de aprendizaje mediante dispositivos electrónicos en ambiente multimedia por internet. Un recurso didáctico para aprender a programar es el uso de los "MOOCs", permiten a un estudiante aprender un tema en específico en un tiempo conveniente en forma autodidacta.

Estado actual

Se han publicado diversos estudios sobre la aplicación de los MOOC en diferentes ambientes entre ellos el trabajo presentado por Ramírez, Iniesto y Covadonga (2017), cuyo propósito es realizar una investigación específica para evaluar el grado de accesibilidad por personas discapacitadas a varios MOOCs en el área de las matemáticas, ofrecida a través de diferentes plataformas y proveedores. Hernández et al (2017) proponen en Colombia el empleo de un *Framework* como plataforma para el desarrollo de medios de aprendizaje masivos, con el propósito de que motiven y comprometan al estudiante a tomar cusos por internet. Un artículo publicado por Herrero et al (2018) discute el empleo de un MOOC como alternativa educativa sobre el tema Los Retos y Problemas del cambio Climático, para profesores de primaria y secundaria en España. Describen las razones para: emplear cursos masivos, la motivación para crearlos, los principios de diseño y la estructura del contenido de un MOOC. En un estudio exploratorio realizado por Rosé et al (2014) de Carnegie Mellon University, sobre el comportamiento de deserción de un grupo de estudiantes que tomaron un MOOC, el enfoque del estudio consistió en conocer la participación de los estudiantes en los foros de discusión de los cursos masivos tomados. Se han presentado otros estudios como (Bouchet y Bachelet, 2019) y (Doug, 2013). A diferencia de las publicaciones mencionadas, el presente trabajo muestra el empleo de un curso por internet para aprender programación en estudiantes de ingeniería.

Problemática

La problemática que se identificó mediante encuestas realizadas a estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales y Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Saltillo en el año 2018, para conocer el aprendizaje de la programación informática, muestran que aproximadamente a el 50% de los estudiantes encuestados se les dificulta aprender un nuevo lenguaje de programación. El resto de los estudiantes manifiestan que solo si cuentan con las bases sólidas de lógica en programación se le facilita comprender conceptos nuevos. También se identificó en estudiantes de Mecatrónica la deficiencia de la comprensión y el uso de la Programación Orientada a Objetos (POO), debido a que los cursos oficiales se centran en la programación estructurada y no dominan completamente la POO. Además, los estudiantes y profesores de Mecatrónica manifiestan que existe una insuficiencia al aplicar un lenguaje de programación para resolver problemas en Ingeniería o en su especialidad.

Se ha planteado la siguiente interrogante de estudio. ¿En un estudiante de ingeniería se pueden desarrollar habilidades de programación informática mediante la persuación de los elementos multimedia de una aplicación móvil (MOOC), y con la asistencia de instructores que apoyen al estudiante a aplicar la lógica computacional?

El propósito de este proyecto es proporcionar a los estudiantes oportunidades de autoaprendizaje mediante el uso de herramientas tecnológicas disponibles, siendo en este caso aprender el lenguaje de programación Python, además de fomentar la cultura autodidacta Pardo et al (2018) a su ritmo de aprendizaje y la iniciativa de hacer búsquedas en diferentes fuentes de información y consultas entre pares (compañeros de estudio) y blogs. Python proporciona un gran poder de cómputo para resolver problemas en las diferentes disciplinas de la ingeniería, así como el uso en sistemas de control, sistemas embebidos, aplicaciones para internet, microcontroladores y mucho más (González, 2018), (Fangohr, 2015).

MÉTODO

El método empleado para el desarrollo es el Método Relacional Sistémico, Contreras (2018), Contreras y Contreras (2018), que consiste en crear un modelo del estudio que contiene los elementos básicos de Investigación para guiar el proceso de investigación.

Habilidades de Programación=f(Lógica de programación, Aplicación móvil, Actitud al aprendizaje)

Objetivo General: Evaluar el desarrollo de habilidades de programación del lenguaje Python aplicando la lógica de programación, mediante una aplicación móvil que influya en una actitud positiva al aprendizaje en estudiantes de ingeniería.

Hipótesis General: Un estudiante desarrolla habilidades de programación, si emplea adecuadamente la lógica de programación con el uso de una aplicación móvil (Solo Learn), de manera que los elementos multimedia lo parsuadan a una actitud positiva para el aprendizaje del lenguaje Python.

Para responder a la interrogante de estudio, se desarrolló un estudio mediante el cual se implementó el uso de una aplicación móvil “Aprenda Python”, de Solo Learn, para aprender el lenguaje de programación Python en 40 estudiantes de los primeros semestres de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, del Instituto Tecnológico de Saltillo en el año 2018.

La aplicación móvil es útil para Windows, Android e IOS, que contiene nueve módulos de programación del lenguaje Python que parten desde conceptos básicos hasta algoritmos de programación avanzados que son resueltos en un lapso de nueve semanas. Los módulos se conforman de preguntas abiertas, opciones múltiples, ejemplos de código, acciones interactivas, etc. Facilitando así la experiencia del usuario al aprender los conceptos y forma de programar en Python (Tusa y San Martín, 2015). Tres instructores apoyan el desarrollo del curso, para evaluar el progreso de los estudiantes, resolver dudas, solicitar a tiempo las tareas y el avance en los módulos. Se evalúa el aprendizaje en la aplicación y mediante un grupo de ejercicios de elaboración propia, que se aplicaron al finalizar cada módulo. Los resultados se muestran en forma empírica al evaluar a los estudiantes en la práctica y madiante matrices de valoración.

Descripción de variables

De acuerdo al modelo de estudio presentado se define el sistema de variables, como se describe a continuación:
Variable independiente Habilidades de Programación
Variables dependientes: Lógica de programación, Aplicación móvil, Actitud al aprendizaje.

Variable: Lógica de programación

Atributo de la variable: conceptos de POO con sus indicadores (comprensión de conceptos, relación y aplicación).
Atributo de la variable: resolución de problemas con sus indicadores (comprensión, retrospectiva, alternativa, planificación).
Atributo de la variable: Manejo de algoritmos con sus indcadores (lógica, orden, completitud).

Mediante esta variable se evalúa el aprendizaje de los conceptos básicos de la POO, resolver problemas de acuerdo al método de Poyla (2004) y la aplicación de algoritmos de acuerdo con Knuth (1986). El procedimiento para evaluar la variable, es el siguiente:

Para el atributo conceptos de programación, se muestra a los estudiantes textos y ejemplos de clase, objeto, método, atributo, etc. Se elabora un cuestionario para evaluar su comprensión, relación y aplicación de los conceptos.
Para el atributo resolución de problemas se les explica con textos y ejemplos el proceso para resolver un problema a partir de cuatro etapas de acuerdo al método de Poyla. Para evaluar su aprendizaje, se les entrega un problema, para que desarrollen su solución de acuerdo a los indicadores, debe de comprender primero el problema, enseguida planear y proponer soluciones, posteriormente seleccionar la mejor alternativa solución, en caso de no tener la solución realizar una retrospectiva para encotrarla.
Para el atributo manejo de algoritmos se le pide al estudiante que desarrolle de forma textual un algoritmo simple con la estructura propuesta por Knuth. Se evalúa la lógica, el orden y la

completitud del algoritmo en el intérprete de Phyton de acuerdo a las reglas de léxico y sintaxis que presenta el lenguaje.

Variable: aplicación móvil
Atributo: información con sus indicadores (contenido, orden, actividades). Atributo: interacción con sus indicadores (comunicación, comprensión, facilidad de uso) Atributo: funcionamiento con sus indicadores (motiva, permite ayuda entre pares, enfoque didáctico).

Mediante esta variable se mide en los estudiantes la interacción, uso del contenido de información y la funcionalidad del software educativo Solo Learn, la cual contiene diferentes apartados donde se pueden aprender distintos lenguajes de programación, se seleccionó el lenguaje Python, que se divide en nueve módulos, cada uno con su explicación teórica, preguntas y actividades prácticas en el intérprete, que al final de cada módulo se evalúa en la aplicación el aprendizaje de cada tema. Para evaluar esta variable, se consideraron los resultados a las preguntas y a las prácticas realizadas en la aplicación. Además se empleó una plantilla de evaluación para cada tema, conteniendo una serie de preguntas y de problemas de programación de elaboración propia, con la finalidad de abarcar los indicadores establecidos. Las plantillas de cada tema se enviaban los jueves de cada semana y tenían un lapso de respuesta hasta el sábado antes de las 11:59 pm para enviar los correos de respuesta. Se creó una cuenta en específico para que los estudiantes enviaran todos los exámenes resueltos, así como su avance dentro de la aplicación, con la finalidad de obtener la información necesaria para su evaluación, durante nueve semanas.

Variable: actitud al aprendizaje

Atributo: conductual indicadores (constancia, compromiso, participación, interés) Atributo: cognoscitivo indicadores (memoria, atención, comprensión, razonamiento).

Mediante esta variable se miden los aspectos conductuales y cognoscitivos de los estudiantes, partiendo de la matriz de congruencia metodológica para elaborar las rúbricas de evaluación, una para el atributo conductual y otra para el atributo cognoscitivo. El instructor evalúa la constancia, compromiso, participación e interés de acuerdo con la respuesta actitudinal de cada estudiante durante el curso. Al terminar el curso se le entrega al estudiante un cuestionario vía correo electrónico para evaluar el aspecto cognoscitivo, el estudiante responderá a su criterio las preguntas en la matriz de valoración.

Instrumento de recolección de datos

Los resultados de las evaluaciones están agrupados en tablas, una tabla para cada atributo de las variables, en total ocho. Se registran y cuantifican las respuestas y se convierten a una escala de uno a cuatro en una matriz de valoración con una escala de medición apropiada a cada inicador, como se menciona en reslutados.

Análisis estadístico principal

La muestra poblacional fué no aleatoria intencional o de conveniencia que consistió inicialmente con la participación de 40 estudiantes de Mecatrónica, se recabaron datos de solo 18 estudiantes debido a la deserción, con nivel de significancia del 5% con una distribución normal $p(-1.96 < z < +1.96) = 95\%$. Se recopiló la información de todos y cada uno de los indicadores en una hoja de cálculo Excel y se procesó con la herramienta estadística R de distribución libre. Con respecto a las variables, se realizó el análisis de frecuencias absolutas y relativas para ordenar y distribuir los datos de acuerdo a las categorías de la escala de medición de cada indicador. Se calcula el porcentaje de la mayor frecuencia de los datos, por ejemplo en la evaluación de un examen mediante la aplicación móvil, a la respueta de un problema, se calculó el porcentaje de la mediana de la muestra poblacional. Se puede apreciar en los resultados valores bajos, debido a la cantidad de datos nulos de las personas que desertaron.

 ISSN 2007-8102

RESULTADOS

De acuerdo con el análisis estadístico de frecuencias los resultados obtenidos del total de la población, en cada uno de los indicadores, se ha obtenido lo siguiente:

Variable: aplicación móvil

La escala de medición de la variable es: 1 insatisfactorio, 2 básico, 3 competente, 4 destacado. De acuerdo con la distribución de frecuencias de los indicadores, Figura 1, la variable se puede calificar con nivel 3 como competente, esto indica que la aplicación móvil es un recurso didáctico adecuado.

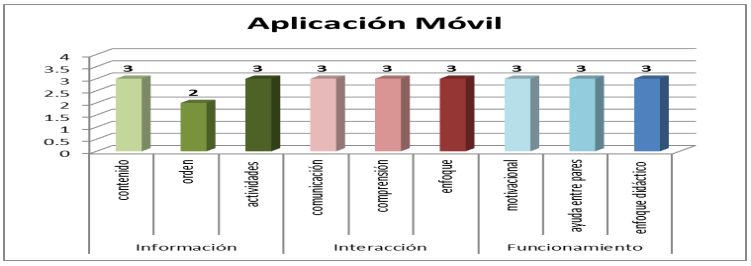


Figura 1. Resultado de la Aplicación móvil con nivel 3

Variable: Lógica de programación

La escala de medición de la variable es: 1 insuficiente, 2 aprobado, 3 notable, 4 sobresaliente. De acuerdo con la distribución de frecuencias de los indicadores, la variable se puede calificar con nivel 2 como aprobado, ha resultado que los estudiantes muestran deficiencia en su lógica de programación. Vea la Figura 2.

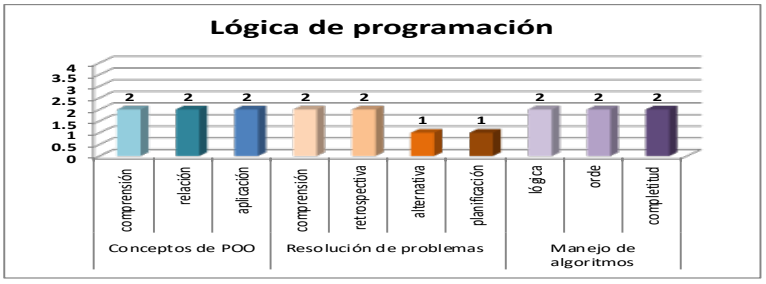


Figura 2. Resultado de la Lógica de programación con nivel 2

Variable: actitud al aprendizaje

La escala de medición de la variable es: 1 deficiente, 2 poco, 3 bueno, 4 completo. De acuerdo con la distribución de frecuencias de los indicadores, la variable se puede calificar con nivel 2 como poco, dando como resultado una actitud no muy favorable en cuanto el atributo conductual, en el grupo, más no en lo individual, ya que los que terminaron el curso, fue a su actitud positiva. Vea la Figura 3.

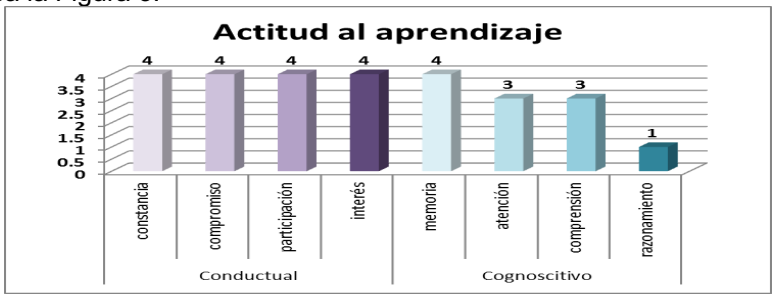


Figura 3. Resultado de la Actitud al aprendizaje en un nivel 2

CONCLUSIÓN

La aplicación móvil como instrumento de aprendizaje (MOOC), es útil para desarrollar habilidades de programación informática con el apoyo de instructores de acuerdo con el estudio, del 11 al 12% de la población resulta en un nivel competente. En cambio, la lógica de programación queda en el nivel aprobado que es bajo del 6 al 8% de la población, esto indica que se debe de reforzar en los estudiantes el dominio de la POO, resolver problemas y la lógica en los algoritmos. En cuanto a la actitud al aprendizaje el resultado es poco, esto porque desertaron más de la mitad del grupo. Se identificó que el atributo conductual influye negativamente en los resultados puesto que se obtuvieron los valores más bajos que el atributo cognoscitivo y no solo en esta variable, ya que es el menor valor de todas las variables.
En el modelo de estudio planteado, se relacionan diferentes disciplinas Lógica de programación (Ciencias Computacionales), Aplicación móvil (Ciencias de la Educación) y Actitud al Aprendizaje (área de Psicología), esto indica que para desarrollar estudios de este tipo se deben de relacionar conocimentos de estas áreas, mediante una participación interdisciplinaria.
La información nueva que se ha generado es que los estudiantes que terminaron el curso fue por la actitud positiva que mostraron lo cual ayudó a alcanzar un buen desempeño en al aprendizaje del lenguaje de programación Python.

Referencias

1. Bouchet, F., Bachelet, R. (2019). Socializing on MOOCs: Comparing University and Self-enrolled Students. Digital Education At the MOOC Crossroads Where the Interests of Academia and Business Converge. Calise,M., Delgado, C., Reich, J., Ruiperez, J., A., y Wirsing, M. 6th European MOOCs Stakeholders Summit, EMOOCs 2019 Naples, Italy, Proceedings.
2. Clow, Doug (2013). MOOCs and the funnel of participation. In: Third Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK 2013), 8-12 Apr 2013, Leuven, Belgium, pp. 185–189.
3. Contreras, E.,C. (2018). *Desarrollo de habilidades de Programación Informática en Niños de Primaria. Nuevos paradigmas del trabajo de investigar en la sociedad y en la educación en latinoamérica*. México. Cenid**.**
4. Contreras, E. C., & Contreras, I. I. (2018). *Development of Communication Skills through Auditory Training Software in Special Education*. In M. Khosrow-Pour, D.B.A. (Ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology, Fourth Edition* (pp. 2431-2441). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-2255-3.ch212
5. Fangohr, H. (2015). *Python for Computational Science and Engineering*. USA. University of Southampton.
6. González, R. (2018). *Python para todos*. España. Creative Commons.
7. Hernández, R., Amado, H.R. (2017). Full Engagement Educational Framework: A Practical Experience for a MicroMaster. Proceedings of the Fourth ACM Conference on Learning. Pp 145-146. USA. ACM.
8. Herrero, P. , Sánchez,S.A., Asensio, M.I., Bellegeer, A.M., Fernández, D.C., Delgado, M.L., Izquierdo,V., Lagüela, S. Sampedro, J.M., Ruiz,C. (2018). A MOOC on the Science of Climate Change for primary and secondary teachers in Spanish. Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality. pp 525-529. USA., ACM.
9. Knuth, D. E. (1986). *El arte de programar ordenadores. Tomo I Algoritmos Fundamentales*. España, Editorial Reverté, S. A.
10. Pardo, A., Jovanovic,J., Dawson, S., Gasevic, D., y Mirriahi, N.(2019). Using learning analytics to scale the provision of personalised feedback. British Journal of Educational Technology *Vol 50 No 1 2019* 128–138 doi:10.1111/bjet.12592
11. Poyla, G. (2004). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (No. 246). Princeton University Press.
12. Ramírez, A., Iniesto, F., y Covadonga, R. (2017). Raising awareness of the accessibility challenges in mathematics MOOCs. Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality. USA, ACM.
13. Rosé, C.P., Carlson R, Yang, D., Wen, M., Resnick, L., Goldman, P., y Sherer, J. (2014). Social factors that contribute to attrition in MOOCs. Proceedings of the first ACM conference on Learning. USA. Publisher**:** ACM
14. Tusa, E.A., San Martin, H.D.(2015). *Fundamentos de programación para Ciencias e Ingeniería*. Ecuador. Ediciones UTMach.

Impacto de la asesoría entre iguales en índices de reprobación en el nivel medio superior

A.D. Hernández Vargas[1], G. Robles Calderón[2], R. Mora Reyes[3], J.A. Reyes Martínez[4], G.E. Romero Peralta[5]
[1]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México
[2]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México
[3]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México
[4]Alumno de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México
[5]Alumno de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México

almadhvargas@hotmail.com
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Este trabajo presenta resultados de la implementación en 2018 del "Programa asesoría entre iguales" en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, el objetivo es reforzar el conocimiento a alumnos con problemas de aprendizaje en materias de tronco común. El docente en constante supervisión, cede el control a alumnos tutores y son ellos quienes proveen ayudas a compañeros para la construcción de aprendizajes. Esta estrategia pedagógica benefició a los alumnos tutorados ya que se reforzaron hábitos de estudio, rendimiento académico y aumentaron promedios; y al mismo tiempo, los alumnos tutores afianzaron conocimientos, habilidades de comunicación y obtuvieron experiencia. A cada docente se le asignó un grupo y actividades, debiendo mostrar evidencias al final del periodo escolar. Se concluye en los resultados obtenidos que los alumnos tutorados consiguieron adquirir el conocimiento necesario para seguir cursando sus carreras respectivas, con una disminución en los índices de reprobación globales de 17.94 % a 13.38%.

***Palabras clave**: Asesoría, pares, tutoría, asesores.*

Abstract

This paper presents the results of the implementation in 2018 in the "Programmed peer counseling" in the Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, the objective is to reinforce the knowledge to students with problems of learning in core subjects. Teachers in constant supervision, ceded control to students_tutores and they are the people who provide assistance to partners for the construction of learning. This pedagogical strategy benefited the tutored student's study, academic habits were reinforced and increased average; and at the same time, students tutors they strengthened knowledge, communication skills and gained experience. You are assigned to each teacher a group and activities, and must show evidence at the end of the school year. It is concluded in the results that tutored students managed to acquire the necessary knowledge to continue pursuing their respective careers, with a decrease of the global rates of reproach of 17.94% to 13.38%.

***Key words**: Advice, peers, tutorial, advisors*

Introducción

La Presidencia de la República en el orden de sus facultades, emitió el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, donde prevalece el trabajo compartido que debe realizar tanto la ciudadanía como el Estado, considerando que la tarea del desarrollo y del crecimiento corresponde a todos los actores, todos los sectores y todas las personas del país, y uno de sus ejes es la educación, que ha sido desde todas las perspectivas un factor fundamental de desarrollo que promueve la incorporación plena de los individuos a la vida social, económica y política del país.

Es un aspecto clave que deben desarrollar los profesionistas competentes con el potencial necesario para el desempeño de las actividades productivas remuneradas.
Y es por ello que la educación ha impactado en todos los niveles, y en uno de los puntos fundamentales es como ha afectado el bloque universitario a partir de su implantación en los Institutos Tecnológicos de México, el denominado “Modelo educativo del siglo XXI” Formación y desarrollo de competencias docentes. (Tecnológica, 2012). Que tiene como objetivo: Orientar el proceso educativo central a la formación de profesionales que impulsen la actividad productiva en cada región del país, la investigación científica, la innovación tecnológica, la transferencia de tecnologías, la creatividad y el emprendedurismo para alcanzar un mayor desarrollo social, económico, cultural y humano. De esta manera, los egresados serán aptos para contribuir en la construcción de la sociedad del conocimiento, participar en los espacios comunes de la educación superior tecnológica y asumirse como actores protagónicos del cambio.
La vida universitaria de los adolescentes es un cambio importante, ya que su adaptabilidad depende de varios factores entre los que se encuentran: una escuela distinta, nuevos compañeros, un sistema de enseñanza desconocido, el miedo al fracaso; ello conlleva que al tomar clases de las asignaturas de diferentes carreras en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, se vean afectados por no comprender adecuadamente la metodología de las materias de tronco común que están cursando y ello lleve a que reprueben el primer examen, y observando esos resultados comiencen a presentar situaciones en las cuales su rendimiento escolar se vea afectado, no continúen en el proceso de enseñanza aprendizaje adecuado y sigan reprobando las siguientes unidades, no logrando recuperar su asignatura y por ende ya no existe esfuerzo extra, abandonando la materia e incluso el recinto escolar al no poder aprobar sus materias de los primeros semestres. Por lo anterior descrito, son de inmensa importancia las acciones académicas del fomento en el aprendizaje entre iguales, ya que sus compañeros pueden apoyarle en el conocimiento de los temas abordados en sus asignaturas, tomando más significado las asesorías académicas de sus propios compañeros ya que no se sienten presionados por el maestro, sino que generan lazos de confianza entre ellos provocando que las pláticas-clase sean más “nobles” y sean fundamentales para la formación universitaria.
No ha de pasarse por alto que, a pesar del valioso apoyo de los estudiantes más avanzados, es necesario que el docente adapte e instrumente periódicamente sus estrategias y objetos de aprendizaje, promoviendo el saber para disminuir el rezago de los estudiantes con menos habilidades y competencias. (UNESCO, 1998)
De esta manera, el departamento de ciencias básicas y los integrantes de su academia, instrumentaron esta acción que promueve la regularización de los alumnos mediante “el programa de asesoría entre iguales” en las asignaturas de matemáticas y contabilidad que son las de más alto índice de reprobación en los semestres de primero, segundo, tercero y cuarto de las carreras de Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Informática.

El objetivo general de este trabajo de investigación es: Analizar el impacto en los índices de reprobación de los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, apoyándose en los procesos de aprendizaje mediante tutorías entre iguales de las asignaturas problemáticas dentro de los programas académicos en vigor.

Los objetivos específicos que se determinan con este plan son:
- Orientar el proceso de aprendizaje de los alumnos irregulares
- Motivar a los estudiantes a seguir cursando sus carreras en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.
- Aprendizaje significativo y aprobación de la asignatura irregular.
- Resolver problemas vinculados con el contenido.
- Atender cuestiones personales.

Metodología.

La sicología de la educación forma parte de los mecanismos que intervienen en la educación entre pares, surgiendo a partir de las escuelas Lancasterianas que utilizando técnicas pedagógicas en la cual los alumnos más avanzados enseñaban a sus compañeros (Garcia, 2015) y es en este contexto se ha aplicado el marco de la sicología genética propuesta por Piaget, en la que establece que la conducta del niño que es el sujeto activo conoce el mundo que lo rodea a partir de su actuar, y con ello es el constructor de su propio conocimiento, resultado de su interacción entre lo que ya conoce y lo que desea conocer, Si reflexionamos sobre las dimensiones en las que puede actuar el conocimiento tendemos a varios escenarios a partir de las características de sus miembros y las interacciones que se establezcan, entre las cuales se relacionan: (Durán & Vidal, 2004)

 ISSN 2007-8102

1. Tutorías: relación entre dos alumnos que ante un tema específico presentan diferentes niveles de habilidad.
2. Cooperación: relación centrada en la adquisición y/o aplicación de un conocimiento, establecido entre un grupo de alumnos con habilidades heterogéneas dentro de márgenes de proximidad.
3. Colaboración: relación centrada en la adquisición y/o aplicación de un conocimiento, entre dos o más alumnos con habilidades similares.

Considerando lo anterior es permisible mencionar que desde su creación en el 2011, el departamento de ciencias básicas en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y por ende, la formación de su academia la cual está integrada por docentes de diversos perfiles, se ha dado a la tarea de llevar a cabo el análisis de los índices de reprobación de las distintas carreras que integran su oferta educativa, anteriormente esto lo realizaban los jefes de carrera, pero al establecerse como base de las materias del tronco común, al final de cada semestre se analiza la información que se entrega sobre estos indicadores, lo que se refleja en la figura 1. permitiendo en primer plano considerar la manera en que estos datos cambiarán en forma positiva, por lo cual se decidió implementar el programa de asesoría entre iguales para el ejercicio escolar enero junio 2018.

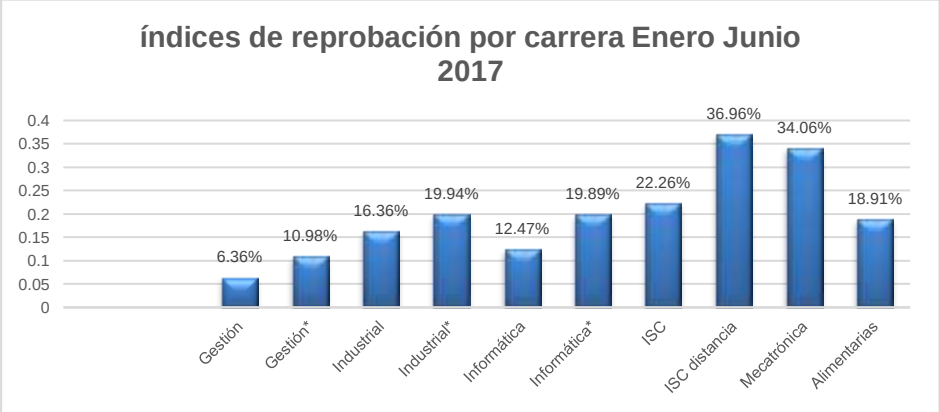


Figura 1. Índices de reprobación por carrera periodo enero junio 2017. Fuente: Datos de departamento de ciencias básicas

Los programas que asisten la forma de aprender entre pares, consideran que la colaboración horizontal es de mucha ayuda, y si es entre adolescentes que comparten situaciones semejantes conlleva a una mejora en el ambiente pedagógico de dialogo y desempeño, entendiéndose como una construcción de comunicación asertiva y prácticas educativas que llevan al desarrollo de competencias de carácter profesional que ayudarán a los estudiantes en los ámbitos laborales donde desarrollen sus habilidades. (Federal, 2010)
Durán y Vidal (David & Vidal, 2004) hace referencia al modelo tradicional de educación, donde el maestro era el depositario del saber y era exclusivamente el indicado para transmitir el conocimiento, hoy en día ese modelo es obsoleto e inusual ya que en el presente las interacciones existentes debieron diversificarse hacia todos los integrantes del grupo, el cual permite que el alumno pueda estar a la par en lo enseñado por el maestro, y pueda transmitir el conocimiento a sus compañeros de clase.
De esta manera se aprobó mediante junta de academia que, para poder combatir los altos índices de reprobación en los primeros semestres de las carreras del Instituto, se debía trabajar colegiadamente y es por ello que, en la consecución del objetivo planteado de la presente investigación, se utilizó el “programa asesoría entre iguales”, considerando los indicadores siguientes:

1. Índice de reprobación, definidos como la cantidad de alumnos reprobados por grupo reportado por el docente en la plataforma institucional de tutorías y/o reportes mensuales enviados al departamento de ciencias básicas.
2. Promedio de calificaciones de exámenes parciales, definido como la cantidad obtenida por unidad de los alumnos de grupo definido. Obtenido de la plataforma institucional.
3. Encuestas en plataforma Moodle sobre la aceptación o rechazo a participar.

Para poder realizar el programa de asesoría entre iguales durante el semestre enero junio 2018, los integrantes de la academia de Ciencias Básicas establecieron las siguientes actividades como plan de acción:

1. El maestro identifica al alumno que sobresalga en capacidad respecto a la materia impartida

2. Identifica a los alumnos que necesiten desarrollar habilidades en la materia cursada.
3. No más de 5 personas por equipo (incluyendo al asesor alumno)
4. Mostrar calificaciones de las unidades a recuperar
5. Mostrar resultados al final del periodo escolar (calificaciones y evidencia)

Para el presenta trabajo de estudio, se seleccionaron los grupos de 11 maestros en los cuales los índices de reprobación son muy altos, con un promedio de 10 a 22 alumnos reprobados por grupo, participaron las carreras de ingeniería en sistemas computacionales (ISC), ingeniería en gestión empresarial (IGE), ingeniería industrial (II) e ingeniería en informática (IIN), con las materias de métodos numéricos ISC (20); cálculo integral IGE (12); investigación de operaciones IGE (20); instrumentos de presupuestación empresarial IGE (10); álgebra lineal ISC (15); contabilidad orientada a los negocios IGE (20); cálculo integral II (22); probabilidad y estadística II (10); investigación de operaciones IIN (10); ingeniería económica IGE (21); y gestión de costos II (14); con un total de 174 alumnos reprobados de los 314 alumnos que cursan esas materias, tal como lo muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Materias con altos índices de reprobación. Fuente: Datos Departamento de Ciencias Básicas (enero 2018)

Docente	Materia	Alumnos inscritos	Alumnos aprobados	Alumnos reprobados
1	Métodos numéricos (ISC)	34	14	20
2	Calculo integral (IGE)	20	8	12
3	Investigación de operaciones (IGE)	30	10	20
4	Instrumentos de presupuestación empresarial (IGE)	35	25	10
5	algebra lineal (ISC)	30	15	15
6	Contabilidad orientada a los negocios (IGE)	35	15	20
7	Calculo integral (II)	34	12	22
8	Probabilidad y estadística (II)	17	7	10
9	Investigación de operaciones (IIN)	19	9	10
10	Ingeniería económica (IGE)	37	16	21
11	Gestión de costos (II)	23	9	14
	Total	314	140	174

Como puede apreciarse en la Figura 2, se dio a conocer a los alumnos el programa asesoría entre iguales y se les pidió que realizaran la encuesta de aceptación. En el mes de febrero del 2018, comenzaron a realizarse las actividades extraordinarias con 150 alumnos (86%), ya que el otro 14% no le interesó y/o están en estatus de deserción ya que no contestaron la encuesta que se les plantearon.



Figura 2. Información del programa y encuesta realizada a los alumnos del Instituto

Entre las estrategias utilizadas por los maestros participantes, se escogieron algunas de ellas las cuales se presentan a continuación:

- Se creó la frase dentro del equipo [Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo. (Benjamín Franklin)]
- Se creó una comunicación directa de seguimiento de aprendizaje piloto (WhatsApp)
- Se crea una lista de dudas por temas
- Se utiliza un foro de debates de temas
- Se utiliza herramientas secundarias para reforzar el conocimiento y dudas (Matlab-Excel) en la materia a regularizar.
- Se revisará el examen en equipo y se corregirá para encontrar los errores realizados en el mismo.

 ISSN 2007-8102

Como puede observarse en la tabla 2, donde se tomaron lista de los alumnos participantes, todavía hubo resistencia al participar en el programa, lo que es alentador es que menos del 1%, lo cual deja un gran margen que nos va a permitir analizar los resultados.

Tabla 2. Asistencia por grupo. Fuente: Elaboración propia

Docente	Materia	Alumnos participantes	Alumnos asistentes	Alumnos que no asistieron
1	Métodos numéricos (ISC)	18	16	2
2	Calculo integral (IGE)	15	15	0
3	Investigación de operaciones (IGE)	16	16	0
4	Instrumentos de presupuestación empresarial (IGE)	8	8	0
5	Álgebra lineal (ISC)	15	14	1
6	Contabilidad orientada a los negocios (IGE)	16	16	0
7	Calculo integral (II)	15	14	1
8	Probabilidad y estadística (II)	10	9	1
9	Investigación de operaciones (IIN)	9	9	0
10	Ingeniería económica (IGE)	15	15	0
11	Gestión de costos (II)	13	13	0
	Total	150	145	5

Aplicación de la solución.

Durante los subsecuentes meses, los participantes estuvieron trabajando en el modelo mencionado, entregando los docentes oportunamente sus reportes al departamento de Ciencias Básicas, incluyendo las evidencias de lo realizado, entre lo cual destaca: **atención a los problemas de razonamiento lógico, uso de software (Matlab) aprovechando las ventajas del uso de la tecnología, resolución de exámenes preparatorios, seguimiento a las segundas intenciones realizando mini talleres de preparación especialmente diseñados para evaluar las asignaturas y encontrar los nichos de oportunidad.**

En cuanto al impacto que tuvo en los alumnos participantes fue satisfactorio, si hubo resistencia por parte de los alumnos, ya que en los primeros semestres requieren mucha mayor atención, sin embargo, el propósito fundamental era brindarles la oportunidad de regularizar su situación académica, en aras de que no perdieran el ciclo escolar y pudieran reinscribirse el próximo semestre.

Como puede observarse en la Tabla 3. De los 145 participantes del programa, 91 de ellos que representa el 63% de la muestra aprovecho la oportunidad y aprobó sus exámenes correspondientes y pudo acreditar la materia, la situación general que comentaron fue lo siguiente: **Entendí mejor los conceptos, los ejercicios ya no me parecieron tan difíciles, no era tan difícil solo tenía que poner más atención, me gustó esta nueva forma de estudio, la recomendaré**. Los 50 alumnos que no aprobaron y que representan el 34% de la muestra, no pudieron acreditar la materia, esto se debió a que faltaron a las asesorías y entre los motivos destacan: **enfermedades generales, situación económica inestable, problemas en el entorno familiar, desinterés.** Las 4 personas que ya no se presentaron y que representa el 3%, no comentaron ningún motivo.

Tabla 3. Resultados generales. Fuente: Elaboración propia

Docente	Materia	Alumnos participantes	Aprobados	no aprobados	no presentados
1	Métodos numéricos (ISC)	16	9	7	0
2	Calculo integral (IGE)	15	10	4	1
3	Investigación de operaciones (IGE)	16	14	2	0
4	Instrumentos de presupuestación empresarial (IGE)	8	4	4	0
5	algebra lineal (ISC)	14	10	4	0
6	Contabilidad orientada a los negocios (IGE)	16	9	5	2
7	Calculo integral (II)	14	9	5	0
8	Probabilidad y estadística (II)	9	8	1	0
9	Investigación de operaciones (IIN)	9	4	5	0

 ISSN 2007-8102

10	Ingeniería económica (IGE)	15	6	9	0
11	Gestión de costos (II)	13	8	4	1
	Total	145	91	50	4

Los resultados satisfactorios de la puesta en marcha del programa de asesoría entre iguales, representa un gran logro para la academia de ciencias básicas, a continuación, se presentan los resultados en la figura 3.

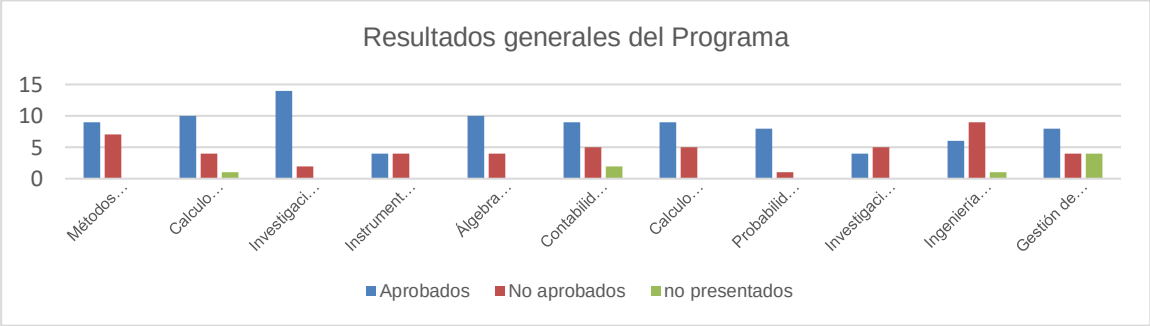


Figura 3. Resultados generales. Fuente: Elaboración propia

Las evidencias del trabajo colegiado de los docentes de la Academia de Ciencias Básicas que participaron en el programa se presentan en la figura 4, que a continuación se muestra:



Figura 4. Evidencias generales del programa. Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión.

Las dinámicas cognitivas que los docentes aplicaron a los participantes del programa de tutorías entre iguales de los primeros cuatro semestres de las distintas carreras del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán con una muestra de 145 participantes de las diversas materias que presentan dificultan en su aprendizaje fueron asertivas y de esta manera se logró disminuir el rezago, presentando gran ayuda para la acreditación de su asignatura ya que les permitió pasar al siguiente semestre. Ya que los porcentajes de reprobación pasaron de 17.94% a 13.38% por el primer semestre 2018. Las iniciativas tomadas por los docentes y los alumnos en esta primera etapa (medida académica que se implantó a partir del primer semestre del 2018), dieron resultados favorables que impactaron a las academias como se muestra en la figura 5.

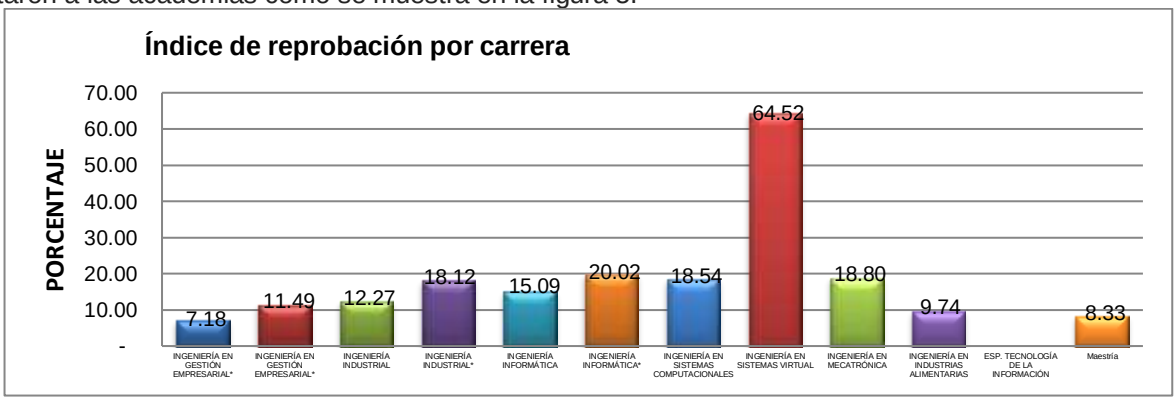


Figura 5. Índices de reprobación por carrera del Fuente: Elaboración propia

 ISSN 2007-8102

Si analizamos los datos de los índices de reprobación por el periodo enero junio 2018, en comparación con las demás carreras, se puede verificar que estos no son los más altos, tomando en cuenta que la Academia de Ciencias Básicas está integrada por diversos perfiles, se muestran los resultados en las tablas 4 y 5, se anexó la lista de docentes por índices de reprobación y el ranking por academia, la cual se encuentra en 2 lugar de toda la institución

Tabla 4. Índices de reprobación por docente. Fuente: departamento de ciencias básicas

Ciencias Básicas		
No.	**Nombre**	**índice**
1	A	32.1428
2	B	9.7643
3	C	15.7894
4	D	32.7044
5	E	11.3821
6	F	1.5384
7	G	26.8041
8	H	36.6071
9	I	17.2661
10	J	11.8279
11	K	46.5020
12	L	17.8770
13	M	43.7500
14	N	18.4313
15	O	0.0000
16	P	17.9856
17	Q	15.8653

Tabla 5. Porcentajes globales, Fuente: departamento de ciencias básicas

No.	Academia	índice
1	Ingeniería Mecatrónica	34.6174
2	Ciencias básicas	20.9551
3	Industrias alimentarias	20.9123
4	Ingeniería en sistemas computacionales	20.3137
5	Ingeniería Industrial	16.3210
6	Inglés	14.8184
7	Ingeniería en informática	10.9163
8	Ingeniería en gestión empresarial	8.7410

Trabajo a futuro.

En el proceso de implementación de la asesoría entre iguales es fundamental la actuación del estudiante tutor como parte eje del programa, en ese aspecto el docente debe cuidar que ellos se sientan seguros y capaces de transmitir su conocimiento a sus compañeros y toca al maestro implementar estrategias que permitan que los alumnos que requieren ayuda en sus estudios sean atendidos y con ellos lograr su permanencia dentro del instituto. Es importante mencionar que los alumnos tutores de la carrera de ingeniería en sistemas computaciones están en el programa anual de dualidad vigente en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán en este ejercicio 2019, lo cual va a permitir que ellos ya puedan desarrollar esas estrategias adquiridas y aplicarlas en la empresa D Toltek SA de CV, donde van a realizar actividades de formación real y aplicativa dentro de la empresa, lo cual va permitir verificar mediante resultados reales la efectividad del “programa asesoría entre iguales” ya que en este momento se encuentran en la industria, desarrollando soluciones de software que permitan a esta empresa la competitividad laboral que México tanto desea, tal como se muestra en la Fig. 6.

 ISSN 2007-8102




Figura 6. Alumnos tutores en dualidad. Fuente: Elaboración propia

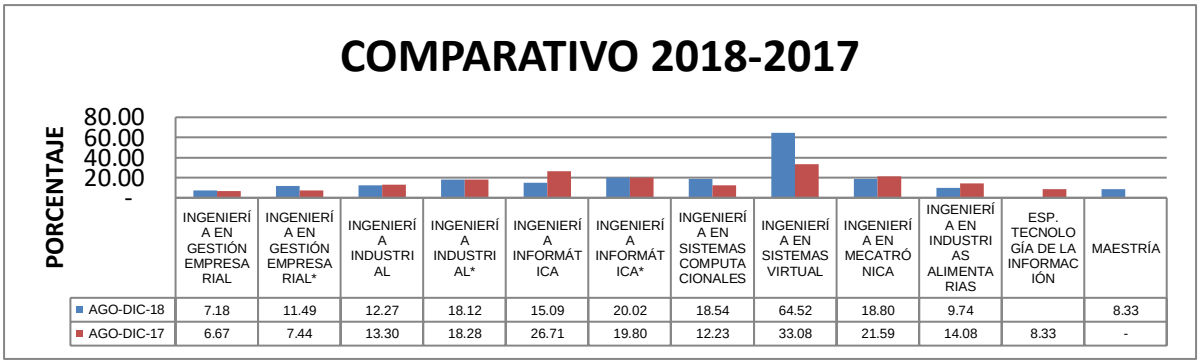
Conclusiones.

El Departamento de ciencias básicas en conjunto con su academia, tiene la finalidad de contribuir a la formación integral de los estudiantes principalmente en las materias del tronco común que monitorean en todo momento, por lo cual se ha visto en la necesidad de buscar estrategias pedagógicas que mejoren el rendimiento escolar para disminuir el rezago de los alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Por tal razón, el presente trabajo ha presentado los resultados obtenidos de la implementación del programa asesoría entra iguales, el cual, debido a su impacto en la comunidad estudiantil, se pretende consolidar y de esta manera se siga implementado en los semestres subsecuentes, atendiendo a las materias que corresponden a cada ciclo.

Evidentemente, para lograr el éxito total de esta nueva forma de combatir el rezago estudiantil, ha sido la fundamental la participación activa de los integrantes del departamento y la interacción que se tenga en las juntas de academia, en las cuales se han aportado vivencias valiosas que han permitido corregir y subsanar las prácticas educativas y hacer más eficiente el trabajo colegiado. Como lo muestra la tabla 6, donde se hace un comparativo de los índices de reprobación de los años 2017 y 2018.

Tabla 6. *Comparativo de índices de reprobación enero junio 2017 y 2018*



	INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL	INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL*	INGENIERÍA INDUSTRIAL	INGENIERÍA INDUSTRIAL*	INGENIERÍA INFORMÁTICA	INGENIERÍA INFORMÁTICA*	INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES	INGENIERÍA EN SISTEMAS VIRTUAL	INGENIERÍA EN MECATRÓNICA	INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS	ESP. TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN	MAESTRÍA
AGO-DIC-18	7.18	11.49	12.27	18.12	15.09	20.02	18.54	64.52	18.80	9.74		8.33
AGO-DIC-17	6.67	7.44	13.30	18.28	26.71	19.80	12.23	33.08	21.59	14.08	8.33	-

Referencias.

Araya, M. (2008). La formación dual y su fundamentación curricular . *Revista Educación*, 61.

Durán, D., & Vidal, V. (2004). *Tutoría entre iguales: de la teoría a la práctica.* Barcelona: Editorial GRAÓ, de IRF, S.L.

Federal, A. F. (2010). Aprender entre pares. Una propuesta de desarrollo profesiona para la mejora de la escuela. *Supervisión XXI. Herramientas para su actuación* , 25.

Garcia, J. (2015). La escuela Lancasteriana en México y América Latina como solución del estado Liberal ante el vacio dejado por la iglesia . *Universidad pontificia de México* , 19.

Tecnológica, D. G. (2012). MODELO EDUCATIVO PARA EL SIGLO XXI Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales. *Modelo Educativo* , 102.

UNESCO. (1998). Conferencia Mundial Sobre la Educación Superior. *La educación superior en el siglo XXI. Visión y acción*, (pág. 25). París .

Marco conceptual de las Tecnologías de la Información en la Educación

J.P Melo Morín[1], E. Álvarez Baltierra[2]*
[1]Departamento de Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Prol. Avenida Articulo Tercero Constitucional S/N, Colonia Solidaridad, C.P. 93990, Pánuco, Veracruz., México
[2]Departamento de Informática, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, 93990, Pánuco, Veracruz, México
**patricia.melo@itspanuco.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En la actualidad es común escuchar el término de tecnologías de la información, las cuales han generado cambios de actuar y de pensar de los seres humanos; en el área educativa es necesario utilizarlas como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este artículo describe el uso de las nuevas tecnologías factibles a implementarse en cualquier nivel educativo, pero se enfatiza su uso en el nivel medio superior, describiendo los beneficios e importancia de tecnologías tales como, plataformas virtuales, redes sociales, comunidades virtuales y herramientas de software; que permiten proporcionar a los estudiantes habilidades tecnológicas actuales.

***Palabras clave**: Tic's, educación, plataforma, comunidad.*

Abstract

Nowadays it is common to hear the term of information technologies, which have generated changes in the actions and thinking of human beings; in the educational area it is necessary to use them as support in the teaching-learning process. This article describes the use of the new feasible technologies to be implemented at any educational level, but its use is emphasized in the upper middle level, describing the benefits and importance of technologies such as virtual platforms, social networks, virtual communities and software tools; which allow students to provide current technological skills.

***Key words**: Tic's, education, platform, community.*

Introducción

El avance tecnológico actual ha dado origen a diferentes cambios y formas de actuar de las personas e instituciones, y la educación no puede ser ajena a estos cambios. Existen muchas tecnologías que en la educación es factible utilizarse y en ocasiones urgente de aplicar. Las tecnologías de la información y la comunicación (Tics) es el conjunto de técnicas, actividades y conocimientos, que con el surgimiento de internet han provocado un cambio y trasmisión de información de forma rápida y segura (González, 2017).

El uso de las Tics es una necesidad urgente, ya que los cambios constantes y los avances tecnológicos han modificado la forma de comunicación, actividades laborales y sociales, así como la integración de personas que físicamente están en lugares lejanos, provocando un intercambio constante de información.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Desarrollo

Las Tics giran en torno a tres medios básicos interrelacionados no de forma aislada: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; sino de manera interactiva e interconectada, permitiendo generar nuevas realidades de comunicación (Cabero, 1998).

Los jóvenes que cursan el nivel medio superior y superior, son nativos digitales, y se encuentran en constante uso de la tecnología; sin embargo el uso de la misma es para ocio y comunicación, utilizando principalmente las redes sociales. Es necesario orientar el uso de la tecnología en beneficio del proceso educativo, motivando y orientando el uso de la misma en actividades que favorezcan el aprendizaje de los alumnos.

La tecnología debe ser un apoyo en el proceso educativo, utilizando nuevos métodos y estrategias de enseñanza-aprendizaje, ya que no se debe continuar con los mismos métodos anteriores. Los jóvenes han cambiado la forma de aprendizaje, por estar rodeados desde su nacimiento de las nuevas tecnologías y en la educación ha sido un cambio lento, ya sea por falta de infraestructura o por conocimientos propios de los profesores, ya que la utilización de la tecnología es un nuevo paradigma en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Algunas tecnologías de información y de comunicación factibles de utilizarse como apoyo actividades académicas son: Plataformas virtuales, nubes informáticas, redes sociales, software de aplicación y comunidades virtuales, las cuales se describirán a continuación.

Plataformas virtuales

Una plataforma virtual es la ejecución de aplicaciones no instaladas en una computadora personal, sino que son accedidas a través de Internet, desde cualquier dispositivo con conectividad y acceso a sitios web.

Existen diferentes plataformas virtuales, un ejemplo son los programas de ofimática, definidos como el conjunto de aplicaciones y herramientas informáticas básicas incluidas en un solo paquete que tienen un aspecto similar y se complementan entre sí.

El manejo de los programas de ofimática en línea, permite ofrecer a los estudiantes habilidades tecnológicas actuales y utilizar los servicios de internet en actividades diferentes a los que realizan actualmente, así como fomentar el trabajo colaborativo con sus compañeros desarrollando habilidades de encontrar, asimilar, interpretar y reproducir información, aplicando directamente los elementos teóricos del tema que se esté desarrollando.

Algunas dificultades en el uso de esta tecnología es la falta de conectividad a internet por parte de algunos estudiantes, ya que no todos tienen ese servicio en su casa y en algunas instituciones el servicio puede llegar a ser deficiente.

Nube informática

La nube informática aporta la posibilidad de crear, almacenar y compartir información de cualquier tipo, se aloja en servidores externos y se puede acceder a ella con una conexión a internet en el momento que se desee.

A través de diferentes servicios ofrecidos por la nube se permite el alojamiento de archivos de una forma fácil, rápida y en muchas ocasiones económica.

La educación es una área de oportunidad para la aplicación y uso de los servicios en la nube, usos como el alojamiento de una gran cantidad de evidencias de los estudiantes (trabajos, exámenes, evaluaciones, etc.), así como la posibilidad del trabajo colaborativo entre estudiante y profesor, además de la comunicación estudiante-estudiante.

Los servicios en la nube permiten la conectividad a Internet desde cualquier área de la misma, así como los estudiantes la posibilidad de conectividad desde su dispositivo móvil o desde su computadora en sus hogares.

En la educación se puede utilizar la nube para:

- Identificar los repositorios y bibliotecas digitales en los que existen materiales educativos
- Crear, editar o utilizar materiales didácticos. Por ejemplo la creación de presentaciones dinámicas y vistosas utilizando Prezzi.
- Compartir información y fomentar el trabajo colaborativo.
- Presentación de cursos en línea, utilizando plataformas de e-learning.
- Reducción de costos de almacenamiento.
- Respaldo de información, utilizando el almacenamiento de archivos con Google Drive, Dropbox, Skydrive, Live.

Los beneficios de almacenamiento que permite el uso de esta tecnología, es ya no tener que almacenar información de forma local, descartando dispositivos de almacenamiento, reduciendo costos de almacenamiento, además de proteger la información ya que solo se otorgan permisos a las personas deseadas y el trabajo colaborativo.

Los beneficios de la tecnología en la nube en la educación es la flexibilidad que existe tanto para los alumnos y docentes de compartir información rápidamente, así como la capacidad de almacenamiento.

Red social

Con la evolución de la Web y la llegada de la Web 2.0 como una red colaborativa, surge la utilización de las redes sociales, siendo ellas una herramienta de comunicación altamente utilizada por los jóvenes en México. Vidal, Vialart y Hernández (2013) definen las redes sociales como:

Estructuras formadas por individuos vinculados por motivos como la amistad, parentesco, ideas, aficiones, relaciones de trabajo, entre otras; constituyen un sistema abierto de construcción permanente, que involucra a personas que se identifican con necesidades y problemas similares, cuyos principios son el de crear, compartir y colaborar (Vidal et al, 2013).

Las redes sociales pueden ser aplicables como una herramienta de colaboración en el proceso de enseñanza como apoyo y complemento de las actividades realizadas en clase, tales como el uso de Facebook y YouTube que son plataformas utilizadas y por los jóvenes, además de ser fáciles de manejar y atractivas.

Así mismo el uso de redes sociales como Facebook, en grupos cerrados, donde se establezcan preguntas detonadoras, que permitan una reflexión de los estudiantes y un análisis de la información presentada por sus compañeros, dando una especie de debate y comunicación entre los participantes.

Otras tecnologías de la Web 2.0 que también puede implementarse son el uso de los Blogs, Wikis, podcasts, foros, etc.

Herramientas de software

El cuanto al uso del software se puede fomentar el uso de software gratuito que no genere gastos por las licencias, así como utilizar ciertos servicios que ofrece la nube para aprovechar sus potencialidades.

Software como Prezi, Powtoon para diseño de presentaciones llamativas, muros en línea con Padlet o Emaze pueden implementarse, así como el uso de los servicios de google para la de creación de documentos.

Creación de video y la opción de insertar preguntas como Playposit, Movenote; recursos educativos iterativos como Educaplay; creación de mapas conceptuales con Cmaps tools.

Comunidad virtual

Las comunidades virtuales o comunidades digitales es donde se lleva a cabo la interacción, relación y comunicación, mediante un espacio virtual y no un espacio físico. Las comunidades aplicadas en la educación permiten organizar a los actores de la misma en base a un tema específico o de interés común.

Las comunidades virtuales pueden ser implementadas al utilizar herramientas de gestión de aprendizaje (LMS) que facilitan la entrega y seguimiento de materiales educativos.

Por ejemplo, crear comunidades virtuales utilizando LMS tales como Moodle, Claroline, schoollogy, entre otros; donde los estudiantes puedan subir evidencias relacionadas al tema que se está abordando, así mismo el planteamiento de foros y cuestionarios que fortalezcan las actividades realizadas en clase con apoyo de los equipos de cómputo, para generar un portafolio de evidencias virtual de cada una de las practicas.

Es evidente el uso que actualmente se da de la tecnología por parte de los jóvenes estudiantes, el ocio y la distracción prevalecen; es papel del maestro y de los miembros de la comunidad educativa involucrar a los alumnos en comunidades virtuales de aprendizaje, fomentar el trabajo colaborativo y desarrollar habilidades para encontrar, asimilar e interpretar los elementos teóricos de determinado objeto de estudio.

Resultados y discusión

Para identificar los beneficios de las tecnologías de la información en los estudiantes, se trabajó con un grupo de 30 alumnos donde se implementaron las diferentes tecnologías descritas en este artículo, los resultados se describen a continuación.

Los alumnos están familiarizados con el uso de la tecnología, al considerarse nativos digitales, ya que nacieron después del surgimiento de internet; una tecnología no conocida es fácil para ellos su utilización sin necesidad de seguir tutoriales, ya que son intuitivos y no tienen miedo de acceder o seleccionar diferentes opciones.

Los jóvenes están habituados al uso de la tecnología, ya que constantemente se enfrentan a cambios en la misma y por diferentes intereses se enfrentan a ella, así como tener acceso fácilmente a diferentes tipos de información como infografías, posters, artículos, blogs, etc.

El uso de tecnologías como las comunidades virtuales y redes sociales, permitió que el trabajo colaborativo se diera más fácilmente, propiciando compartir el conocimiento, generando una participación más activa de los estudiantes y permitir un pensamiento crítico hacia un tema en particular.

Las diferentes actividades establecidas que permitieron complementar las actividades en clase ayudaron para que existiera mayor eficiencia y productividad en las horas de clase presenciales, ya que la utilización de diferentes tecnologías motivan a los estudiantes y mantienen la atención más fácilmente, ya que se utilizan programas diferentes a los tradicionales, tales como el uso de Prezi, Powtoon, Padlet, en comparación de una presentación tradicional.

El uso de la tecnología en la nube y el almacenamiento de datos, permite asegurar la información y compartirla al instante, además de contar con evidencias de los estudiantes del avance de su proceso educativo, que son útiles para cualquier revisión de calificación e inclusive para revisiones de evaluaciones de aprendizaje que ofrecen los organismos certificadores a las instituciones. La reducción de papel es un gran beneficio para el uso de estas tecnologías.

Es de gran importancia resaltar que los estudiantes permiten acceder a diferentes tecnologías utilizando el Smartphone, más que una laptop y/o computadora de escritorio, ya que cuentan con la conectividad directa en sus manos en el momento en que se requiera.

Cabe mencionar que es de gran importancia las actividades que se implementen utilizando las nuevas tecnologías, ya que si no existe una buena planeación, pueden no lograr los objetivos deseados.

Trabajo a futuro

Con el objetivo de experimentar la influencia y beneficio de la tecnología que acceden los estudiantes actualmente, se realizará un estudio para identificar si el uso de los videojuegos como parte de las nuevas tecnologías puede repercutir en el rendimiento académico y motivación en los estudiantes; ya que algunos estudios identifican que el uso correcto de los videojuegos puede llegar a beneficiar a los alumnos en materias como matemáticas y programación, ya que se someten a búsqueda de estrategias en la solución de problemas.

Además para los estudiantes principalmente de nivel superior la utilización de las tecnologías de la Web 3.0 son útiles para poder discernir entre la gran cantidad de información cual es útil y accesible a la misma fácilmente, por lo que se propone la utilización de la Web 3.0 para que los alumnos aprendan a identificar entre la información importante y la información basura que existe en la web, utilizando una web inteligente. Así como permitir la adaptación de contenidos al avance de cada estudiante y sus características y formas de aprendizaje.

Conclusiones

La aplicación de las nuevas tecnologías han incursionado en todos los ámbitos, en especial en el ámbito educativo, considerando las ventajas que ofrecen. Si los profesores fomentan el uso de la tecnología para aplicarlas y dar soluciones a problemas de aprendizaje, los estudiantes darán aplicabilidad al conocimiento y permitirá fortalecer las competencias colaborativas en actividades que permitan la interacción con sus compañeros.

Es de gran importancia que los profesores cambien la forma de aplicar el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que la tecnología permite cambiar formas de actual; se tiene que tener el compromiso de actualización constante de la práctica docente, se cuente o no con conocimientos en la tecnología, además de facilitar el trabajo en muchas tareas cotidianas.

Referencias

1. Belloch, C. (2012). Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje. Recuperado en Enero 2019 en: http://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA1.wiki?all
2. Bernal Pinzón, M. L. (2017). ¿qué escriben los niños?, una mirada desde el modelo escuela nueva. Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación Doi: 10.19053/20278306.v7.n2.2017.6069
3. Cabero, J. (1998). Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas, en Lorenzo, M. y otros (coords): Enfoques en la organización y dirección de instituciones educativas formales y no formales, Granada, Grupo Editorial Universitario, 197-206. Recuperado en Enero 2019 en http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1MZF0MGPJ-DW0C5J-NB1S/TICS%20EN%20EDUCACION.pdf
4. De La Hoz, L., Acevedo, D., & Torres, J. (2015). Uso de Redes Sociales en el Proceso de Enseñanza y Aprendizaje por los Estudiantes y Profesores de la Universidad Antonio Nariño, Sede Cartagena. Formación Universitaria.
5. González, B. (2017). Innovación en la enseñanza con TIC Trayecto inacabado e ilusión persistente en una universidad pública de México. Editorial Qartuppi, S. de R.L. de C.V
6. Vidal, M., M.N. Vialart & L. Hernández (2013). Redes sociales. Educación Médica Superior.

Modelo Binomio Educativo ITCJ: Estrategia didáctica para minimizar los índices de reprobación en Ciencias Básicas

J. Alanís Villaseñor[1], E.R. Poblano-Ojinaga[2], E.E. Díaz López[3], M. Velázquez Campos[4] y R. Reyes Valenzuela[5].

[1,4] Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. Av. Tecnológico No. 1340, Frac. El Crucero. CP 32500. Cd. Juárez, Chihuahua, México.
[2] Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de la Laguna. Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de la Laguna s/n. CP 27000. Torreón, Coahuila, México.
[3, 5] Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Orizaba. Oriente 9, Emiliano Zapata Sur, CP 94320. Orizaba, Veracruz, México.

jalanis@itcj.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa.

Resumen

El presente trabajo de investigación propone el Modelo Binomio Educativo – MBE, implementado en el IT de Cd. Juárez, como estrategia para disminuir el alto índice de reprobación en el área de ciencias básicas y se centra en desarrollar y medir el aprendizaje colaborativo por medio de actividades de aprendizaje expresamente diseñadas para el trabajo entre binomios, pares o grupos interactivos de estudiantes con objetivos comunes. Durante este proceso el docente desempeña el papel de facilitador y el estudiante de asesor – asesorado - líder del aprendizaje, potenciando el aprendizaje y el cambio de roles. El modelo presenta seis etapas para su implementación y fomenta el desarrollo de las habilidades intelectuales y valores. Estas habilidades son identificadas por la UNESCO (2005) como destrezas de un ser humano para formar seres competitivos para el siglo XXI. Hasta el momento, en el grupo de control de profesores capacitados en el MBE, los resultados empíricos muestran una reducción del 33.3 % en el índice de reprobación en comparación a los profesores que no llevan el modelo.

***Palabras clave**: Reprobación, aprendizaje, colaborativo, pares*

Abstract

This research work proposes the Binomial Educational Model - MBE implementing in the IT of Cd. Juarez as a strategy to reduce the high rate of failure in the area of basic sciences and focuses on developing and measuring collaborative learning through activities of learning expressly designed for work between binomials, peers or interactive groups of students with common goals. During this process the teacher plays the role of facilitator and the student of adviser - advised - leader of learning, promoting learning and changing roles. The model presents six stages for its implementation and encourages the development of intellectual skills and values. These skills were identified by UNESCO (2005) as skills of a human being to form competitive beings for the 21st century. So far, in the control group of teachers trained in the MBE, the empirical results show a 33.3% reduction in the failure rate compared to teachers who do not implemented it.

Keywords: Non accreditation, learning, collaborative, peers.

Introducción

Dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2019-2024, en el Eje de Bienestar, el Objetivo 2.2 es el de garantizar el derecho a la educación laica, gratuita, incluyente, pertinente y de calidad en todos los tipos, niveles y modalidades del Sistema Educativo Nacional y para todas las personas. Dado que el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos opera bajo estos lineamientos, se creó el Programa Nacional de Tutorías (PNT), cuyo propósito es “contribuir al mejoramiento del rendimiento académico de los estudiantes, coadyuvar en el logro

de su formación integral, e incidir en las metas institucionales relacionadas con la calidad educativa…" (DGEST, 2007).

Con base a lo anterior, en diversos planteles del TecNM se desarrollan acciones que fortalecen el PNT, como lo son los programas de asesorías de pares, asesoría de maestro a estudiante, por grupos, etc., la mayoría ubicadas como actividades extraescolares o fuera del aula, siendo un área de demanda las materias de ciencias básicas por sus altos índice de reprobación, que en algunos campus superan el 50 %.

A partir de la experiencia de la Universidad Autónoma de Yucatán, Unidad Tizimin, el Programa Institucional de Tutorías (PIT) se implementó en el año 2002, promoviendo la tutoría entre iguales, y se identificaron ventajas al contar con estudiantes como apoyo en el programa. Los tutorados se sintieron con "más confianza de exponer sus dudas académicas a otros estudiantes" (Chan y Leal, 2006), lo que favorece "la identificación de dificultades y errores del estudiante, ayuda a superar obstáculos del aprendizaje y observa el progreso del beneficiario, interviniendo oportunamente en asuntos de índole formativa" (Torrado, 2016).

En otro contexto, se ubica la implementación de un "Programa de Asesoría de Pares" en diferentes campus del TecNM, los cuales en algunos de los casos inician de manera empírica, como fue el caso del IT de Orizaba, y se formaliza en el Programa Institucional. Con su implementación se pretende un incremento en el índice de acreditación, y ofertar una estrategia de apoyo en la atención a estudiantes de todas las especialidades que presentaban dificultades académicas.

Los estudiantes registrados en el programa de asesoría en pares se benefician con una atención personalizada y asesoría orientada a temas específicos de las materias solicitadas, sus dudas son aclaradas, y como lo han manifestado en las entrevistas, se sienten motivados para afrontar los retos que se les presentan en la universidad al ver cómo su rendimiento académico mejora. Se cumple lo que escribieron Rodríguez y Rojas en 2003: "Algunas investigaciones demuestran que los asesores pares desarrollan competencias académicas y profesionales haciendo frente a los desafíos que se generan en el acompañamiento a los estudiantes de nuevo ingreso, pues se ha comprobado que los asesores pares incrementan su sentido de responsabilidad, perfeccionan sus competencias comunicativas, su capacidad de escucha y argumentación, entre otros; valores como la preocupación por el otro, solidaridad y tolerancia se hacen presentes".

Como resultado, el 90% de los estudiantes que participaron en el programa de asesoría de pares acreditaron las materias cursadas, sin embargo, por diversas razones como lo son asuntos familiares, económicos o de distancias, un gran número de estudiantes no puede participar en este programa extra curricular.

En esta dinámica, este trabajo presenta la implementación de la estrategia didáctica llamada Binomio Educativo, la cual se sustenta en el aprendizaje colaborativo para la construcción de conocimientos de la materia. Dicha estrategia consiste en intervenir con el grupo de estudiantes mediante la selección de varias herramientas como la fenomenología, la evaluación diagnóstica, formativa y sumativa, entre otras, para generar binas de trabajo en función de diversos criterios, esto con el fin de desarrollar una sinergia entre el aprendizaje colaborativo y la asesoría de pares en el aula durante el periodo de impartición/semeste de la clase.

En el IT de Ciudad Juárez se lleva a cabo el MBE en algunas materias de Ciencias Básicas, Administración y Contaduría, identificando que el impacto del Modelo ha tenido resultados favorables.

Es importante señalar que hay en estudio otras formas diferentes de aprendizaje y evaluación en el TecNM y que en un futuro podrian coadyuvar al MBE a ser más eficaz y eficiente para bajar los índices de reprobación-deserción a nivel institucional, y con esto, elevar los índices de terminación de nuestros estudiantes del Sistema Nacional de Tecnológicos.

 ISSN 2007-8102

Metodología

La participación de los profesores en el modelo enfocado al Proceso Enseñanza-Aprendizaje es de suma importancia para el logro del objetivo de reducir los índices de reprobación y de deserción en el departamento de Ciencias Básicas, por lo que el Modelo Binomio Educativo propuesto incluye la participación activa del profesor en todas y cada una de las etapas.

En la figura 1 se muestra el método general, así mismo, se presenta una breve descripción de cada una de las seis etapas del MBE.

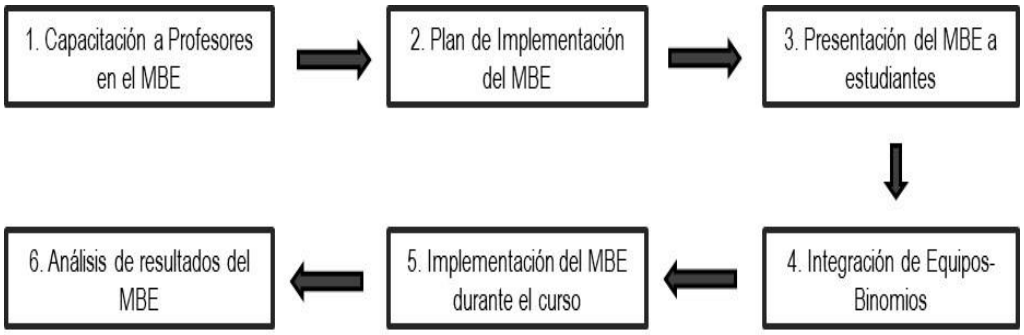


Figura 1.- Método propuesto Binomio Educativo

Etapa 1. Capacitación a profesores.

La primera etapa del modelo consiste en familiarizar al profesor con el Binomio Educativo. Esta etapa se lleva a cabo mediante un curso de capacitación teórico-práctico, donde el profesor conoce y discute los conceptos, alcances, estrategias, implementación, análisis, resultados y comentarios del MBE.

El docente en la educación tradicional ha estado destinado a ser el único responsable del aprendizaje de los estudiantes, definiendo los objetivos del aprendizaje o de las competencias temáticas, diseñando las tareas y evaluando lo que se ha aprendido por parte de los estudiantes. Algunas investigación hoy en día giran en torno a las nuevas metodologías colaborativas como instrumentos para medir, analizar y tomar decisiones en el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro y fuera del salón de clases, pero poco se ha mencionado respecto a cómo su implementación genera cambios significativos en el entorno, por ejemplo el cambio en los roles, fundamental para comprender el MBE.

Etapa 2. Plan de implementación.

En la siguiente etapa el profesor responsable, con base a su instrumentación didáctica de la materia, elabora un programa de actividades bajo el MBE, indicando responsables, fechas de inicio y fechas terminación.

Definir los mecanismos de evaluación que se tendrán y monitorear el aprendizaje de los estudiantes dentro del salón de clase permitirá generar igualdad de oportunidades y generar cambios en el Modelo Binomio Educativo en caso de ser necesario. Las funciones que debe llevar el docente corresponden a crear ambientes interesantes del aprendizaje y actividades para enlazar la nueva información con el conocimiento previo, brindando oportunidades para la colaboración, ofreciendo una variedad de actividades.

Etapa 3. Presentación del Modelo Binomio Educativo a estudiantes.

En esta etapa, el docente explica el plan de trabajo a los estudiantes resaltando la importancia, criterios de evaluación al formar los binomios, tareas, exámenes, reglas y roles de la relación docente-alumno al principio del semestre, haciendo énfasis en el aprendizaje colaborativo-cooperativo y trabajando en binomios/ asesoría en pares; así como en las probabilidades muy altas de aprobar una materia.

Es importante señalar que el docente debe estar inmerso en la filosofía de trabajo colaborativo, diseñar ambientes de aprendizaje donde existan oportunidades para que los estudiantes accedan al contenido de una

forma colaborativa y mostrar con claridad las temáticas y conocimientos mínimos que deben ser adquiridos durante el proceso en cada una de ellas. Esto requiere adicionalmente definir las reglas del juego, los criterios de éxito, los objetivos, los alcances, las justificaciones, el análisis y los resultados esperados

Etapa 4. Integración de equipos - binomios.

El siguiente paso para el profesor es el de formar equipos heterogéneos basado en las experiencias temáticas de los docentes. Existen varias formas de integrar los binomios: Acciones pre-instruccionales, exámenes de diagnóstico, por lista, por género, por promedios de semestres anteriores de los estudiantes, estudiantes que la llevan por segunda o tercera vez la materia correspondiente, etc.

Se recomienda formar binomios heterogéneos, sin embargo dependerá del objetivo de la actividad. Otro punto importante es elegir a un grupo de líderes de estudiantes para monitorear las actividades durante el proceso.

Etapa 5. Implementación del MBE.

El profesor responsable, con acuerdo previo de los estudiantes, durante el semestre y con base a la instrumentación didáctica y al lineamiento de acreditación de asignaturas del TecNM, lleva paso a paso la implementación del Modelo BE, así como la retroalimentación del grado de aprendizaje de los estudiantes, indicando las áreas de oportunidad y estrategias para un mejor aprovechamiento.

Se explica a los estudiantes por parte del docente los siguientes conceptos:

- **Responsable por el aprendizaje**. Los estudiantes se hacen cargo de su propio aprendizaje y se autoregulan. Ellos definen los objetivos del aprendizaje y los problemas que les son significativos, entienden la relación actividades-objetivos.
- **Motivados por el aprendizaje**. Los estudiantes comprometidos encuentran dedicación, pasión y alegría por el aprendizaje. Poseen estas características para resolver problemas, entender ideas y conceptos aplicados en un entorno real, ya sea de los problemas cotidianos y profesionales, generando un aprendizaje altamente significativo.
- **Colaborativo.** Los estudiantes entienden que el aprendizaje es profesional y social, están abiertos a escuchar las ideas de los demás, poseen empatía y tienen mente abierta para conciliar diferencias y llegar a un consenso que los ayude a resolver problemas. Tienen habilidades para identificar las fortalezas de los demás.
- **Estratégico.** Los estudiantes continuamente aprenden y toman decisiones sobre su aprendizaje para resolver problemas. Esta capacidad para aprender incluye construir modelos o mapas conceptuales efectivos de conocimiento y de recursos aún cuando los modelos y problemas puedan estar basados en información compleja, abstracta o cambiante. Este tipo de estudiantes son capaces de aplicar y transformar el conocimiento con el fin de resolver los problemas de forma creativa y de hacer conexiones a diferentes niveles.

Etapa 6. Análisis de resultados del MBE.

Elaboración de un informe técnico final y una presentación ejecutiva de resultados. El MBE implica una dinámica de transformación para llegar a la autonomía y adaptación a los diversos roles, esto permite construir conocimiento, diseñar estrategias, tomar decisiones y evaluar su proceso. Siendo corresponsable el docente enfocándose en guiar el proceso de aprendizaje, motivando al estudiante a desarrollar ideas, talentos y competencias utilizando nuevas metodologías de enseñanza

El lograr cambiar el modelo de enseñanza tradicional requiere de una capacitación y compromiso continuo por parte de los docentes rompiendo viejos paradigmas para una mejora continua.

Resultados y discusión

En el periodo comprendido de enero del 2016 a diciembre del 2018, 87 profesores del IT Cd. Juárez han participado en el curso de capacitación docente Modelo Binomio Educativo ITCJ, de los cuales 45 profesores pertenecen al departamento de ciencias básicas.

 ISSN 2007-8102

A partir del 2017, la jefatura del departamento de Ciencias Básicas promueve que los profesores que imparten los cursos propedéuticos para estudiantes de nuevo ingreso se capaciten previamente en el MBE por medio de cursos intersemestrales, observándose un impacto positivo en los índices de reprobación como se presenta en la figura 2.

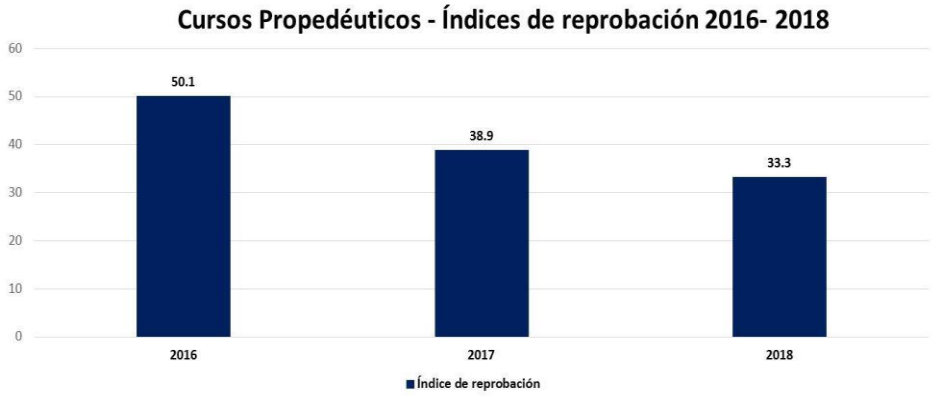


Figura 2. Índices de reprobación cursos propedéutico

De los profesores participantes en el curso MBE, se determinó un grupo de control formado por 6 profesores seleccionados bajo los siguientes criterios de selección:

- Haber participado en el curso de capacitación MBE,
- Haber impartido catedra a grupos de entre 20 y 25 estudiantes, y
- Llevar a cabo el modelo a partir de agosto del 2016.

El los índices de reprobación del grupo de control se compararon contra un grupo de profesores que seguían "impartiendo las materias de forma tradicional", lo anterior con la finalidad de evaluar el impacto que ha tenido el MBE en los índices de reprobación del Departamento de Ciencias básicas.

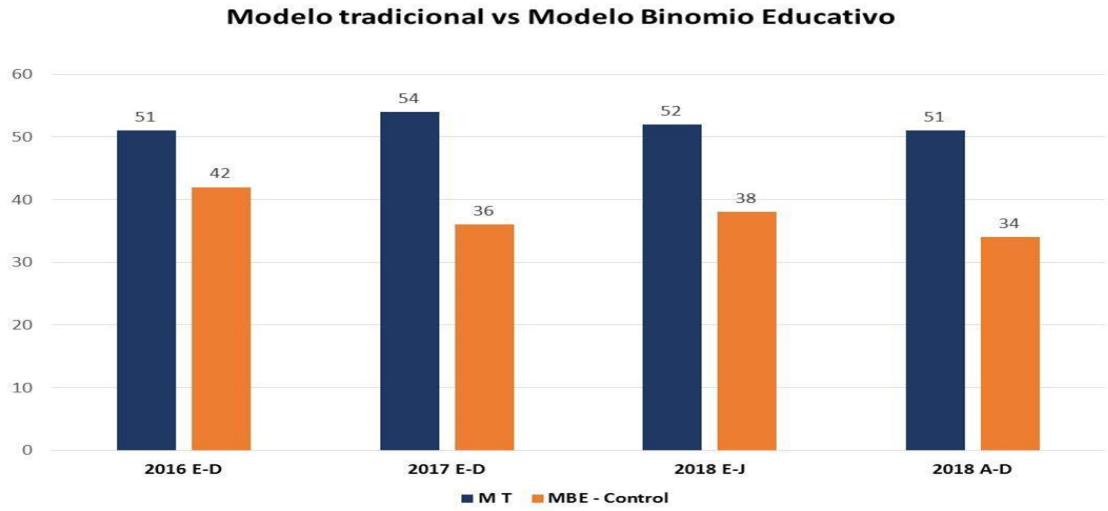


Figura 3. Índice de reprobación Modelo tradicional vs. MBE

La figura 3 muestra los índices de reprobación del grupo de control (MBE-Control) vs el grupo tradicional (MT) durante el periodo comprendido de enero de 2016 a diciembre del 2018. Los índices de reprobación fueron

calculados con base a la información proporcionada por la jefatura de departamento y se observa una mejoría en el periodo evaluado.

Trabajo a futuro

A través del presente trabajo de investigación se busca corroborar las afirmaciones que se encontraron en investigaciones pasadas o refutadas dado el caso. Por ejemplo, que el alumno que desempeña la función de asesor obtiene más beneficio, así como el grado de responsabilidad excesiva que se puede ejercer sobre el líder; que combinar estudiantes que presentan un mejor andamiaje que otros no siempre se llega al objetivo educativo, así como no incrementar el nivel de reto que puede llegar a enfrentar el asesor.

Se requiere mejorar los mecanismos para su aplicación, definir los procesos para la impartición de la asesoría, crear estrategias de difusión e instrumentos para su seguimiento y retroalimentación, además de definir un programa que permita a los asesores obtener algún incentivo por el tiempo dedicado a tal acción.

Conclusiones

Es importante considerar “El Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y Desarrollo de competencias profesionales" que opera el Tecnológico Nacional de México porque es una herramienta sistémica y multi-estratégica que se basa en tres dimensiones: la filosófica que con base en valores, le dan sentido y dirección humana, histórica y política; la académica que integra los parámetros de referencia para la formación profesional, la concepción del aprendizaje; y la organizacional que coadyuva al cumplimiento de los fines del modelo y garantiza la correcta aplicación de los recurso

Con base en esta concepción sistémica, en el manual de procedimientos del TecNM 2015, Trascender, para el SNIT, significa que su gente y sus egresados impulsen la innovación, la creación y el desarrollo tecnológico, desde la perspectiva de la sustentabilidad y el cultivo del humanismo.

Por ello, el Modelo Educativo para el Siglo XXI busca asegurar la equidad en el acceso, la permanencia y el éxito académico. Para la comprensión de este trabajo acotaremos como “Competencia profesional" la integración y aplicación estratégica de conocimientos, procedimientos y actitudes necesarios para la solución de problemas, con una actuación profesional, ética, eficiente y pertinente en escenarios laborales heterogéneos y cambiantes” (Tobón 2000). Por lo que "Competente", dentro del lineamiento de acreditación de materias, es una condición en la cual el estudiante demuestra haber cubierto la(s) evidencia(s) conceptual(es), procedimental(es) y actitudinal(es) propuesta(s) en la(s) actividad(es) de la asignatura.

Esto impulsa a incursionar en un nuevo marco didáctico que proponga una reingeniería profunda de los diseños curriculares vinculados estrechamente con el campo laboral (empresarial), que le permitan a los estudiantes contextualizar sus aportaciones eficientes y generen un cambio social y personal. De esta forma, todo lo que se hace tiene un sentido dado por la orientación general de la estrategia. En el campo de la pedagogía, las estrategias didácticas se refieren a planes de acción que pone en marcha el docente de forma sistemática para lograr unos determinados objetivos de aprendizaje en los estudiantes (Pérez, 1995).

Dado lo anterior y con base a los resultados empíricos, se podría afirmar que el MBE es una estrategia didáctica para reducir los índices de reprobación-deserción sin modificar la calidad de los programas educativos, promoviendo el aprendizaje colaborativo-cooperativo para tener un impacto significativo en la eficiencia terminal a nivel institucional. Dicho modelo promueve la responsabilidad social sobre la igualdad de oportunidades para construir conocimiento en pares, así como la formación integral.

El MBE representa una propuesta para la resolución de una problemática escolar, así como la vinculación con actores de instancias gubernamentales y en consecuencia, se recomienda la implementación en otras instituciones, tanto de nivel superior como medio superior y educación básica.

Finalmente, cuando el maestro se siente alumno y el alumno se siente maestro hay una sinergia positiva de conocimiento entre los dos (Alanís, 2018).

Agradecimientos

Un especial agradecimiento al **Maestro Hermenegildo Lagarda,** Director del Tecnológico de Cd. Juárez por su visión y liderazgo en la realización de este programa de fortalecimiento académico y al **Maestro José Luis Zapata Dávila y al Maestro Rigoberto Reyes Valenzuela**, Director del IT de la Laguna y de IT de Orizaba respectivamente, por su apoyo decisivo.

Referencias

1. Alanís V., J. (2018). Binomio Educativo como estrategia de aprendizaje de las Ciencias. Conferencia magistral presentada en el *Congreso Internacional Academia Jornual- Tepic 2018*.
2. Chan, L. y Leal N. (2006), Formación de tutores pares. *Primer encuentro regional de tutorías*. Memorias, Sonora, México.
3. DGEST (2007). Programa Nacional de Tutorías. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Ciudad de México.
4. Gobierno de la República (2019-2024). Plan Nacional de Desarrollo. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.
5. López M. (2009). *Evaluación educativa*. Editorial Trillas. México. D.F
6. Perez, Y. (1995). Manual Práctico de Apoyo Docente: Centro para la Excelencia Académica. *Monterrey: ITESM*
7. TecNM (2015). *Manual de Lineamentos Académico - Administrativo del Tecnológico Nacional de México*.
8. TecNM (2018). *Nuevo modelo educativo del Tecnológico Nacional de México*. Recuperado de www.tecnm.mx/director-general/modelo-educativo-para-el-siglo-xxi-formacion-y-desarrollo-de-competencias-profesionales-dp2
9. Tobón, S. (2000). Pensamiento complejo y formación humana.
10. Torrado-Arenas, D. M., Manrique-Hernández, E. F., & Ayala-Pimentel, J. O. (2016). La tutoría entre pares: una estrategia de enseñanza y aprendizaje de histología en la Universidad Industrial de Santander. *Medicas UIS*, *29*(1), 71-75.
11. UNESCO (2005). *EFA Global Monitoring Report*. UNESCO, Paris pp. 30-37, http://www.unesco.org/education/gmr_download/chapter1.pdf

Ingeniería didáctica y modelo en cascada como metodología para desarrollar material educativo computarizado matemático

G. Sánchez García[1], A. Jiménez Ortíz[2].*
[1]Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico De Tuxtepec, Avenida Dr, Víctor Bravo Ahuja S/N, 5 de Mayo, 68350 San Juan Bautista Tuxtepec, Oax.
[2] Docente de Informática, Universidad Madero, Tecnológico 999, San Bartolo, 68446 San Juan Bautista Tuxtepec, Oax.
**gaspar.sg@tuxtepec.tecnm.mx*
Área de participación: *Investigación Educativa*

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo probar la eficacia de aplicar la ingeniería didáctica y el modelo en cascada como Metodología de Ingeniería de Software Educativo (MeISE), para desarrollar Material Educativo Computarizado (MEC) para la enseñanza de Matemáticas I en nivel secundaria. La investigación fue de enfoque cuantitativo, no experimental, de tipo descriptivo y transversal, la cual se realizó en una secundaria particular del estado de Oaxaca con dos grupos de primer grado; uno de estudio, el cual se instruyó utilizando MEC resultado de la metodología propuesta y otro de control, que fue instruido de manera tradicional. Al analizar los resultados obtenidos, se aprecian diferencias significativas en la dispersión de calificaciones; la media aritmética y las calificaciones reprobatorias entre ambos grupos. La hipótesis de investigación fue validada mediante la prueba estadística t-student para dos muestras independientes.

Palabras clave: *Ingeniería Didáctica, Modelo en Cascada, MEC, Matemáticas.*

Abstract

The objective of this investigation was to test the effectiveness of applying the Didactic Engineering and the Waterfall model as Development Methodologies for Educational Software (ESEM), to design Computerized Educational Material (CEM) for the teaching of Mathematics I in high school. This investigation was a quantitative, non-experimental, descriptive and cross-sectional approach, which was carried out in a private high school in the state of Oaxaca with two groups of first level, one of which was taught using MEC as a result of the proposed methodology and another control that was instructed in a traditional way. When analyzing the results obtained, significant differences were observed in the dispersion of grades, the average and the failing grades between both groups. The investigation`s hypothesis was validated by the t-student statistical test for two independent groups.

Key words: Didactic Engineering, Waterfall Model, CEM, Mathematics.

Introducción

Los países que apuestan por el desarrollo y la tecnología, necesitan dominio de las matemáticas; sin embargo, para México el Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA), sitúa a sus estudiantes de educación básica con un dominio matemático inferior al 54% [OCDE, 2015]. Por su parte; el Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA); arrojó resultados en el 2018 poco alentadores para los estados de la república, debido a que solo el 5.1% de los estudiantes de educación básica cumple con las competencias de nivel IV. Más preocupante aún, el estado de Oaxaca no ha podido aplicar las pruebas anteriormente descritas. PLANEA en su reporte nacional incluye la leyenda: “En las diferentes entidades de la República se alcanzó la tasa de participación prevista, con excepción de Chiapas, Michoacán y Oaxaca” [PLANEA, 2018, p.9].

En la década de los 90, México intentó ayudar al aprendizaje de las matemáticas con el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC): El proyecto EMAT (Enseñanza de las Matemáticas con Tecnología); promovido por la Secretaría de Educación Pública (SEP), se inició en 1997 en 16 escuelas distribuidas en 8 estados de la República Mexicana [Ursini & et al, 2004, p.60]. Otro proyecto que se implementó y obtuvo buenos resultados, fue el de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) K-12; en la actualidad, éste se

convirtió en un programa educativo que comprende desde el jardín de niños hasta bachillerato; el proyecto afirma que la vocación para la ingeniería y la ciencia se inicia en la etapa temprana [Rascón, 2013].

La implementación de los proyectos antes mencionados tuvo resultados favorables en la actitud del alumnado hacia la enseñanza con TIC; sin embargo, en cuanto a indicadores de dominio matemático los instrumentos de evaluación no presentan aumento hasta el día de hoy. Lo anterior impulsó la siguiente investigación; desarrollar MEC, el cual Vidal, Gómez y Ruíz [2010] los define como "aplicaciones o programas computacionales que faciliten el proceso de enseñanza aprendizaje" [p.97], como una herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en primero de secundaria.

Galvis Panqueva precursor de las MeISE, propone un modelo de evaluación de MEC como herramienta básica para la toma de decisiones, siendo aplicable a cualquier sistema; en el cual se consideran los aspectos de calidad educativa, calidad computacional y calidad de uso del recurso informático; la evaluación se realiza con pruebas piloto y de campo, a través del juicio de expertos y la participación de usuarios en general [Citado por Reyes et al., 2015, p.188].

Para los expertos del software, el éxito o fracaso depende de los requerimientos, Norris y Rigby [1999], menciona que la captura y el análisis de los requerimientos del sistema son una de las fases más importantes para que el proyecto tenga éxito [Citado por Gómez Fuentes, 2011, p. 3]. La IEEE en su estándar [610.12-1900, IEEE] define un requerimiento como: "Una condición o necesidad de un usuario para resolver un problema o alcanzar un objetivo" [p. 65]. Los requerimientos deben detallar los criterios que favorezcan la comprensión de un contenido temático de la asignatura Matemáticas, lo cual es un reto ya que el aprendizaje de cada alumno es un tema complicado y afectado por diversos factores; los requerimientos deben apoyarse de bases psicopedagógicas de aprendizaje, como las teorías conductista, cognitivista, constructivista y a la vez, conjugarse con las mejores prácticas de la ingeniería de software para poder lograr un MEC exitoso. En concordancia con Reyes, Fernández y Duarte, [2015]; se debe tomar en cuenta las exigencias técnicas y pedagógicas para desarrollar software educativo de calidad; de lo contrario, las consecuencias serían la mala formación del estudiante, lo que impediría su desarrollo de competencias esperadas; así mismo, las tareas del docente se verían entorpecidas por la pérdida de tiempo, esfuerzos y recursos.

Esto representa un problema para las técnicas de recolección de datos de la ingeniería de requerimientos tradicional, ya que las entrevistas, cuestionarios o encuestas al ser aplicadas a los alumnos y profesores, se verán afectadas por la falta de entendimiento de los temas por parte de los alumnos o la alfabetización digital por parte de los maestros. Medina et al [2012], afirma que:

No existen herramientas que vinculen los requerimientos funcionales con los requerimientos no funcionales, donde se ilustren la importancia y el efecto que tendrán estos vínculos. Aún no existe la manera automatizada de conocer cuando los requerimientos están completos en el documento de requerimientos. Este proceso actualmente se lleva a cabo mediante sesiones donde los usuarios, el cliente y el equipo de desarrollo realizan las revisiones pertinentes [p. 124].

Para resolver la problemática de los requerimientos y la obtención de las técnicas necesarias para el aprendizaje de matemáticas, se emplea la siguiente metodología para la creación del MEC, que posteriormente se pondrá a prueba en el grupo de estudio.

Metodología

La Ingeniería didáctica proporcionó los requerimientos del MEC, ya que por sus características metodológicas proporciona técnicas de enseñanza eficientes que ayudan al alumno a comprender los temas; la metodología se llevó a cabo por un profesor-ingeniero que organizó los tópicos del plan de estudio SEP 2011 de la asignatura Matemáticas I, para efectuar un estudio de contenido para los alumnos que conformaron el grupo objeto de estudio. A lo largo de las situaciones didácticas, el proceso evolucionó por los intercambios entre el profesor y los alumnos, en función de la transposición didáctica y las decisiones tomadas por el profesor-ingeniero; dichas decisiones resultan del análisis a priori y la adaptación de las elecciones dinámicas en clase [De Faria, 2011]. Cuando el resultado de la experimentación de la técnica fue favorable para el aprendizaje del tema, se incluyó como requerimiento en la etapa de definición de requerimientos del modelo en cascada para desarrollo del MEC de acuerdo a la metodología propuesta por Sommerville en su libro "Ingeniería de Software", como los requerimientos son un producto de las situaciones didácticas ya analizadas, no se necesita la intervención del

 ISSN 2007-8102

cliente(alumnos y profesores) en el desarrollo; por esta razón, no se utilizó una metodología ágil, se optó por este modelo porque permite desarrollar el MEC con mayor rapidez.

En la figura 1 se muestra la metodología para desarrollar el MEC para la enseñanza de matemáticas I en ESO.



Figura 1. MeISE

Ingeniería didáctica

1. **Análisis preliminar**

En la Figura 2, se muestran los pasos que se realizaron para obtener el análisis preliminar.

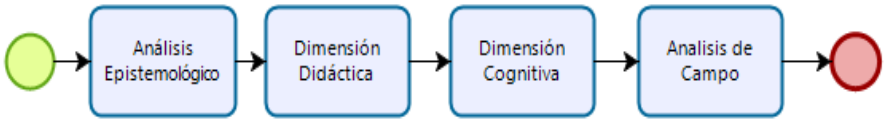


Figura 2. Proceso análisis preliminar

— **El análisis epistemológico de los contenidos contemplados**

Se llevó a cabo el análisis del temario de la asignatura Matemáticas I de educación secundaria de acuerdo al plan de estudios SEP 2011. Los temas para el MEC fueron elegidos a criterio del profesor–ingeniero tomando en cuenta la importancia y dificultad de cada tópico.

— **Dimensión didáctica**

Se realizó un análisis minucioso de la enseñanza tradicional y los efectos observados en el comportamiento de los alumnos sobre los temas en la generación 2016-2017.

— **Dimensión cognitiva**

En esta etapa se realizó un análisis de las concepciones de los estudiantes, de las dificultades y obstáculos que determinan su evolución en los temas, se utilizó la observación por parte del profesor-ingeniero, así como la revisión de las competencias logradas en los exámenes y ejercicios en los grupos de la generación 2016-2017, a fin de identificar su concepción y obstáculos que les impiden llegar a las competencias esperadas.

— **El análisis del campo**

En este apartado se listaron las restricciones del lugar donde se llevó a cabo la situación didáctica.

2. Concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas

Se realizó un análisis a priori para determinar si las restricciones consideradas sobre la enseñanza didáctica tradicional y la elección de las variables que afectan el conocimiento, tienen una relación directa con el comportamiento de los alumnos y los logros esperados. Este análisis se basa en un conjunto de hipótesis sobre lo que harán los estudiantes; es decir, contemplar todo lo que pueda suceder durante la situación didáctica de acuerdo a las fases que se ilustran en la Figura 3.

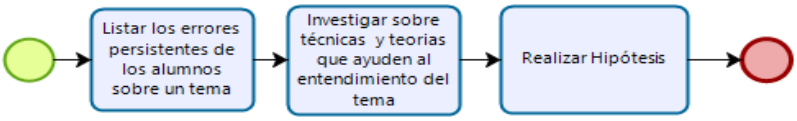


Figura 3. Concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas.

3. Experimentación

Se aplicaron las estrategias diseñadas al grupo 2016-2017 para validar las hipótesis planteadas, las cuales siguieron los pasos mostrados en la Figura 4.

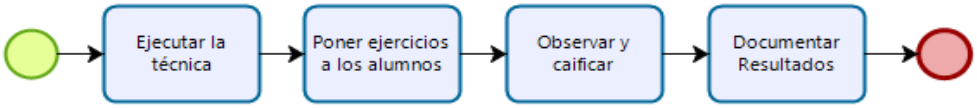


Figura 4. Experimentación

4. Análisis posteriori

Esta fase se basa en el conjunto de datos recolectados a lo largo de la experimentación, estos datos se completaron con el contraste de los resultados de las situaciones didácticas, entrevistas individuales o en pequeños grupos, realizadas durante cada sesión de la enseñanza y los resultados favorables para ésta se incluyeron como requerimientos en la realización del MEC, tal como lo muestra la Figura 5.

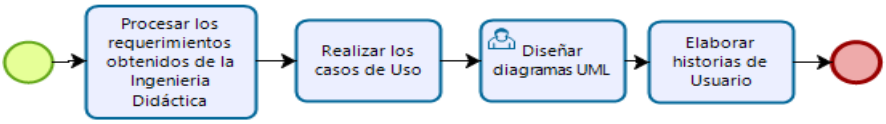


Figura 5. Análisis posteriori

Modelo en cascada

1. **Definición de requerimientos:** Los resultados de la etapa de análisis posteriori de la ingeniería didáctica, se convirtieron en los requerimientos para desarrollar el MEC que contiene las técnicas pedagógicas con los mejores resultados frente a grupo; con esa información se crearon los casos de uso, diagramas UML, historias de usuario y diagrama de secuencias.
2. **Diseño del sistema y del software:** El diseño de los Mockups se realizó directamente en Adobe Animate CC 2018 ® debido a que utiliza imágenes vectoriales, lo que asegura que el MEC se mostrará sin pixelar en cualquier dispositivo de reproducción o explorador de internet. En la figura 6 se muestra la interfaz interactiva del MEC para comparar fracciones equivalentes donde el alumno deberá colocar una fracción a un extremo y su equivalente al otro, si es correcto la balanza quedara en equilibrio, se programó el MEC utilizando animación por capas, HTML5 y ActionScript 3.

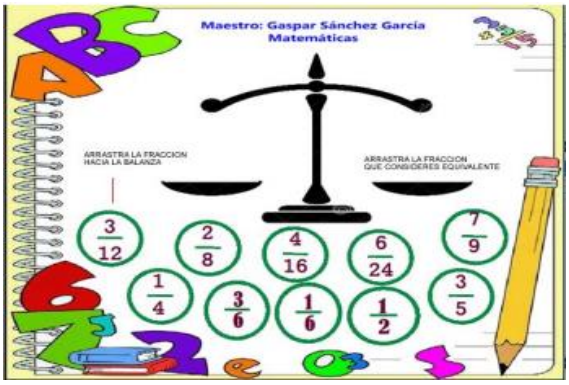


Figura 6. MEC fracciones equivalentes.

3. **Implementación y prueba de unidad:** Se aplicó la prueba de humo para comprobar la integridad del sistema y de esta manera encontrar los posibles bugs de manera temprana; así mismo, se utilizó la herramienta AIR Debug Launcher (Escritorio) para optimizar el código fuente.
4. **Integración y prueba del sistema:** Se realizaron tres diferentes pruebas al finalizar las pruebas de unidad. En la figura 7, se ilustra las pruebas realizadas.

 ISSN 2007-8102

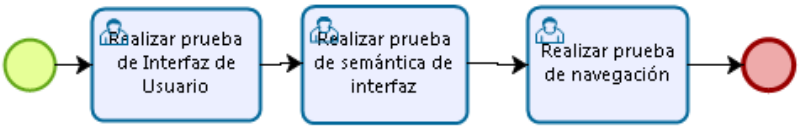


Figura 7. Proceso prueba

- Prueba de interfaz de usuario: Se probó la funcionalidad del software y el uso de la interfaz por los alumnos.
- Prueba de semántica de interfaz: Se contrastó el MEC terminado, contra cada caso de uso y se aseguró que el usuario llegara al objetivo propuesto en cada caso.
- Prueba de navegación: Se realizaron pruebas de relación entre las interfaces, que cada botón y menú enlazara hacia la dirección correcta.

5. **Operación y mantenimiento:** En la figura 8 se muestra la instalación y el despliegue del MEC en el grupo de estudio.



Figura 8. Despliegue del MEC fracciones equivalentes.

Resultados y discusión

Al enseñar al grupo de estudio con MEC en primero de secundaria, se observaron diferencias significativas entre ambos grupos con respecto a: la dispersión y varianza de las calificaciones, índices de reprobación, media aritmética y por último la percepción hacia la enseñanza de las matemáticas con tecnología.

- Dispersión y varianza de calificaciones

En el grupo de estudio, las calificaciones de los alumnos se encontraron cerca de la media aritmética obsérvese la figura 9, lo que denota un aprendizaje uniforme en los alumnos; en cambio, en el grupo de control, las calificaciones estuvieron notoriamente más dispersas.

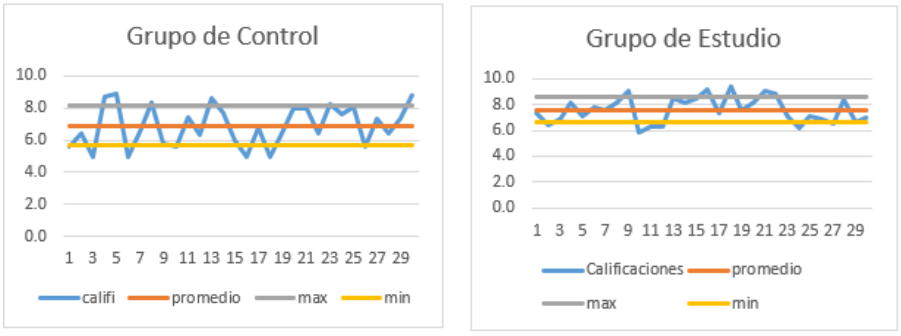


Figura 9. Comparación de la desviación estándar entre los grupos.

 ISSN 2007-8102

— Índice de reprobación.

En la Tabla 1 se muestran las calificaciones obtenidas por ambos grupos en el ciclo escolar 2017-2018, en rojo se marcan las calificaciones reprobatorias, se puede observar una disminución de 47 del grupo de control a 11 del grupo de estudio.

Tabla 1. Comparación de las calificaciones entre los grupos.

GRUPO DE CONTROL

Alumno	Bimestre 1	Bimestre 2	Bimestre 3	Bimestre 4	Bimestre 5
1	7	5	5	6	5
2	7	7	8	5	5
3	5	5	5	5	5
4	9	7,6	8	9,1	10
5	9,6	7	8,6	9,2	10
6	5	5	5	5	5
7	8	5	7	5	7,5
8	9	8,1	8,5	8,1	8
9	5	5	5	7	7
10	6	5	5	5	7
11	8	6	8	8	7
12	6,6	7,1	8	5	5
13	9,3	8,1	8,5	8,5	8,5
14	7,3	7	8	8	8
15	7	5	8	5	5
16	5	5	5	5	5
17	6	7	7	6,8	7
18	5	5	5	5	5
19	7	8	7	5	5
20	8	7,6	8	8,5	7,6
21	7	7	8	10	8
22	5	7	6	7	7
23	8	8	9,5	8	8
24	8	8	8,5	7,5	6
25	8	8	8,5	8,5	7,5
26	5	5	6	7	5
27	7	7	8	7,5	7
28	8	7	5	5	7
29	8	8,6	7,5	5	7,5
30	9	8	9,3	8,5	9

GRUPO DE ESTUDIO

Alumno	Bimestre 1	Bimestre 2	Bimestre 3	Bimestre 4	Bimestre 5
1	6.8	6.8	8	7.8	7.5
2	5,0	5	7	6,0	9,0
3	6,0	7,3	8	5,6	7,5
4	6,0	6,5	9,7	9,5	9,3
5	7,3	7	7	7,3	7,0
6	8,0	8	8	5,7	9,3
7	7,1	7	8,5	8,0	7,5
8	7,2	7	9	8,1	9,5
9	9,3	8	9	9,5	9,3
10	6,5	5	6,5	5,1	6,0
11	6,0	6,5	6	6,2	7,0
12	6,4	5	7	6,1	7,0
13	6,7	7	9	9,7	10,0
14	6,0	8	9,5	8,2	9,0
15	9,0	7	9,6	9,0	8,0
16	9,7	9	9	9,0	9,0
17	6,1	7	10	6,1	7,7
18	8,9	9	10	9,4	9,7
19	8,1	8	8	6,5	7,0
20	8,8	8,5	8	6,0	9,7
21	9,2	8	10	8,1	9,8
22	8,2	7,5	9,1	9,4	10,0
23	7,5	6	6	7,8	8,0
24	6,2	6	5	7,2	6,7
25	7,1	6	7,3	6,9	8,0
26	6,8	7	7	6,8	7,0
27	8,5	9	5	5,0	5,0
28	6,1	6,7	10	9,8	9,2
29	6,1	6	7,5	7,6	6,0
30	7,0	7	7	7,0	7,0

— Media aritmética.

Se obtuvo un aumento de 7 décimas del grupo de estudio contra el grupo de control, el promedio obtenido por el grupo de control fue de 6.8 contra 7.5 del grupo de estudio.

— Percepción estudiantil ante el MEC.

En la figura 10, se muestra la gráfica de la variación de la percepción entre el pre-test y post-test de acuerdo a la respuesta del item 8 del instrumento ¿Piensas que las herramientas tecnológicas como pizarrón interactivo, video, etc. facilitarían el aprendizaje de las matemáticas?

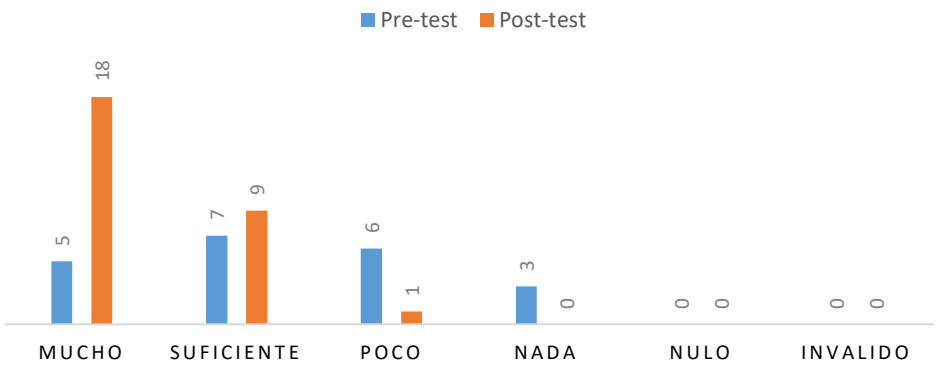


Figura 10. Gráfica comparativa del nivel de percepción

Prueba de hipótesis

Se aplicó la prueba estadística paramétrica t-student para dos muestras independientes considerando α=0.05.

H1: La enseñanza de la asignatura Matemáticas I utilizando MEC programado con requerimientos obtenidos por la ingeniería didáctica a través de metodología de cascada de la ingeniería de software, mejora el aprendizaje de los alumnos en secundaria.

Cálculo de la prueba t-student manual

Cálculo de la Varianza (S^2)

Cálculo de la varianza para datos no agrupados de las calificaciones obtenidas por cada unidad en los 5 bimestres de los 30 alumnos:

$$s^2 = \frac{\sum fx^2 - \frac{(\sum fx)^2}{n}}{n-1}$$

Donde:

x = calificación
n = número de datos

Cálculo de la varianza para el grupo de estudio:

$$s^2 = \frac{8908.93 - \frac{1293451.29}{150}}{149} = \frac{8900 - 8623}{149} = 1.9$$

Cálculo de la varianza para el grupo de control:

$$s^2 = \frac{7452.1 - \frac{1068328.96}{150}}{149} = \frac{7452.1 - 7122.19}{149} = 2.21$$

Fórmula para dos muestras independientes:

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Donde:

$\bar{x}$ simboliza la media aritmética de ambos grupos.
n_1 y $n_2$representan el tamaño de la muestra.
s_n^2 es la varianza de cada muestra.

$$t = \frac{7.5 - 6.8}{\sqrt{\frac{(29\ x\ 1.89) + (29x2.21)}{30 + 28}\left(\frac{1}{30} + \frac{1}{30}\right)}} = \frac{0.7}{\sqrt{\frac{54.81 + 64.09}{58}(0.06)}} = \frac{0.7}{\sqrt{2.05(0.06)}} = \frac{.7}{0.36} = 1.9$$

Reglas de decisión:

Si t ≤ -1.671 o t ≥ 1.671, Aceptar H1 ; de acuerdo a la figura 11, t = 1.9 se encuentra en la zona de rechazo de Ho, se acepta H1 como hipótesis verdadera.

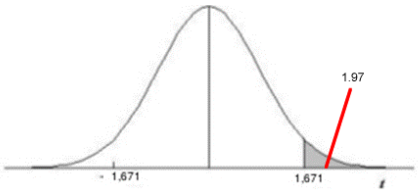


Figura 11. Localización del valor critico

En la figura 12, se muestra el resultado de la prueba t en el software **IBM SPSS STATICS 21®,** como se puede apreciar ambos resultados confirman la hipótesis de investigación.

Prueba T para la igualdad de medias						
					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Inferior	Superior
2.340	58	.023	.6867	.2935	.0992	1.2742
2.340	55.100	.023	.6867	.2935	.0985	1.2748

Figura 12. Resultado de la prueba T para muestras independientes

El valor de significancia fue de 0.023 < α = 0.05 por lo que se concluye que existen diferencias significativas entre ambos grupos.

Trabajo a futuro

- Utilizar la metodología propuesta para desarrollar MEC para matemáticas II y III de nivel secundaria.
- Probar la usabilidad del MEC desarrollado durante la presente investigación.
- Pasar del diseño de investigación no experimental al experimental.

Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos de la investigación y los elementos metodológicos se llega a las siguientes conclusiones:

1. En concordancia con otras investigaciones realizadas, la utilización de software coadyuva el mejoramiento de la actitud y la percepción de los alumnos con respecto a las matemáticas.
2. Si los requerimientos del software reflejan la situación didáctica del alumno a través de la ingeniería didáctica, optimizan al software para ejecutar una técnica didáctica con resultados positivos para alcanzar las competencias deseadas en los alumnos.
3. Finalmente, se determina que el MEC es una herramienta que impacta directamente el índice de reprobación de los estudiantes que lo utilizan y reduce la dispersión del conocimiento en el grupo.

Referencias

1. De Faria Campos, E. (2006). INGENIERÍA DIDÁCTICA. *Cuaderno de investigación y formación en educación matemática*, 1-9.
2. Gómez Fuentes, M. D. (2011). Notas del Curso: Análisis de Requerimientos. México, D.F.:Universidad Autónoma Metropolitana.
3. Rascón Chavez, O. A. (2011). La educación en ingeniería en México y el mundo. Estado del Arte y Prospectiva de la Ingeniería en México y el Mundo, 4-330.
4. Medina Martínez, J. C., Hérnandez Alarcón, V. M., Alonso Guzmán, L., & Solís Carmona, E. (2012). Análisis de ingeniería de requerimientos: Alta de unidades de aprendizaje UAI-Agro (México).
5. Ursini & et al. (2004). Validación y confiabilidad de una escala de Actitudes hacia las Matemáticas y hacia las Matemáticas Enseñadas con Computadora, 59-78.
6. Vidal Ledo, M., Gómez Martínez, F., & Ruiz Piedra, A. M. (2010). Software Educativos. *Scielo*, 97-110.
7. Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Standard 610. (1990). *Computer dictionary. Compilation of IEEE Standard Computer*. Obtenido de www.ieee.org .
8. OCDE. (2015). OECD. Obtenido de https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Mexico-ESP.pdf
9. Secretaría de Educación Pública. (2017).Obtenido de http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2017/RESULTADOS_NACIONALES_PLANEA2017.pdf

Módulo Generador de código PHP para la herramienta SODRA a partir del intermediario XMI

S. E. Cruz Sánchez[1], S. G. Peláez Camarena[2], M. A. Abud Figueroa[3],
L. Rodríguez Mazahua[4], U. Juárez Martínez[5].
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Orizaba
Orizaba, Ver., México, 94300
esthefany.cruz.sanchez@gmail.com[1], sgpelaez@yahoo.com.mx[2],
{mabud[3], lrodriguezm[4], ujuarez[5]}@ito-depi.edu.mx
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Buena parte de las metodologías que se emplean en el modelado de aplicaciones Web se basan en el lenguaje de modelado unificado (UML) con un enfoque Orientado a Objetos, lo cual implica para los desarrolladores tener conocimiento amplio en el uso y gestión de los diagramas implementados para este lenguaje de modelado. Dado que el uso de UML es muy importante en el desarrollo software, lo cual permite entregas en tiempo y forma de los productos. Una característica importante de las aplicaciones Web es su constante evolución, por lo tanto, requieren desarrollarse a corto plazo. Por lo que la generación automática a partir de modelos es importante para reducir el tiempo de desarrollo en código esqueleto. En este artículo, se presenta la propuesta del proceso de desarrollo de un generador de código a partir de un archivo XMI, el cual es resultante de los modelos de cliente y navegacional.

***Palabras clave**: Desarrollo dirigido por modelos, Aplicaciones Enriquecidas de Internet, Lenguaje Unificado de Modelo, Intercambio de Metadatos XML.*

Abstract

A large part of the Web application modeling methodologies are based on the unified modeling language (UML) with an Object-Oriented approach, which implies for developers to have extensive knowledge in the use and management of diagrams implemented for this modeling language. Since the use of UML is very important in the development of software, which allows products to be delivered on time and form. An important feature of Web applications is their constant evolution, therefore, they need to be developed in the short term. So automatic generation from models is important to reduce development time in structural code. In this article, we present the proposal for the development process of a code generator from an XMI file, which is the result of client and navigation models.

***Key words**: Model-driven development, Rich Internet Applications, Unified Modeling Language, XML Metadata Interchange.*

Introducción

Hoy en día las herramientas CASE (*Computer Aided Software Engineering*, Ingeniería Asistida por Computadora) se utilizan en el área educativa para el desarrollo de modelos que sirven como apoyo para el desarrollo de proyectos. Las herramientas CASE muchas veces permiten el diseño de modelos o diagramas de manera libre, pero escasas veces permiten la generación de código de forma gratuita, imposibilitando a los estudiantes el acceso al código fuente de los modelos, puesto que las licencias de estas herramientas tienen un costo muy elevado para liberar esa opción.
Es por eso que SODRA (Sistema de Objetos de Diagramación Relacional Amigable) en su tercera fase tiene como objetivo permitir la generación de código automático a partir de los modelos de cliente y navegacional, de manera gratuita y al alcance de todos.
La generación automática de código es una parte importante para el desarrollo de aplicaciones de software basadas en modelos, es esencial para los desarrolladores, ya que esto ayuda a utilizar el tiempo invertido de

manera racional; actualmente la producción de software es muy demandada, por lo tanto, su desarrollo debe ser rápido, sin dejar de lado los aspectos de calidad, eficiencia y eficacia, que estos requieren, por lo que, es deseable que los desarrolladores cuenten con alternativas que ayuden con el ahorro y optimización del tiempo.
La problemática que se plantea en este este artículo se relaciona con la herramienta SODRA, misma que, aunque SODRA permite la creación de los modelos del cliente y navegacional de forma interactiva, no cuenta con mecanismos para la generación de código, ya que se trata de una herramienta en proceso de desarrollo.
El tercer módulo será encargado de la traducción de los archivos XMI a código fuente. Este trabajo inicia con los documentos de entrada generados para los modelos del cliente y navegacional resultante de la herramienta SODRA en formato XMI, a partir de los cuales se generará código automático, como base para la aplicación modelada, en el lenguaje PHP.

El desarrollo de aplicaciones Web es un proceso que requiere tiempo y esfuerzo para su adecuada construcción, por lo que Carreón-Díaz [1] plantea el desarrollo de una arquitectura y de un prototipo de la herramienta SODRA que sirvan como base para el desarrollo de una aplicación Web, que permita la generación de diagramas para el modelo del cliente y navegacional. Se presenta un avance de la herramienta para los diagramas del cliente y navegacional.

En [2] se encontraron como contribuciones: una metodología de desarrollo para aplicaciones Web que admitió pruebas de semántica verdadera basada en navegador dentro de un IDE potente, para todos los navegadores seleccionados por el desarrollador. Además, el uso de objetos proxy para acceder a objetos basados en el navegador y la semántica desde el lenguaje principal durante el desarrollo. También el uso de objetos de proxy inverso para acceder al código del host desde eventos basados en navegador y bibliotecas durante el desarrollo. Así mismo, una transición perfecta del entorno de desarrollo al código totalmente basado en navegador para pruebas finales y la implementación. El código resultante se pudo implementar dentro del navegador debido a la traducción de alta fidelidad del lenguaje de desarrollo (Smalltalk) a JavaScript de calidad de producción.

Roubi et al. [3] al encontrar como problemática que las RIAs son aplicaciones complejas y su desarrollo requiere un diseño e implementación que consume mucho tiempo y las herramientas disponibles están especializadas en el diseño manual, se definió un Metamodelo para RIA que respeta el patrón de Model View Presenter y se desarrolló el motor de transformación que permitió la generación automática del modelo de salida. La principal contribución en el enfoque propuesto fue la simplificación de la IFML y la extracción de detalles técnicos.

La mayoría de los trabajos relacionados abordan un desarrollo basados en MDA (*Model-Driven Architecture*, Arquitectura Dirigida por Modelos), considerándose la generación automática de código esqueleto en distintos lenguajes, lo que permite establecer que, a partir de modelos es viable y factible su interpretación para producir como salida una estructura básica en un lenguaje de programación específico.

Como propuesta de este artículo, se consideran la generación automática de código esqueleto a partir de modelos, dado que, para poder realizar la generación de código automático, debe implementarse un mecanismo para la interpretación de un documento XMI (*XML Metadata Interchange,* Intercambio de Metadados XML) resultante del modelado de cliente y navegacional, a un lenguaje de salida particular, en este caso el lenguaje PHP.

Metodología

De acuerdo al planteamiento del problema y considerando la disponibilidad de los recursos tecnológicos para el desarrollo del producto objeto de esta investigación, así como el grado y curva de aprendizaje para el desarrollo de una herramienta que genere automáticamente código esqueleto ejecutable, se considera la utilización del lenguaje de programación Java, ANTLR (*ANother Tool for Language Recognition*, Otra Herramienta para el Reconocimiento de Idiomas) [4], PHP, XMI y OOHDM (*Object Oriented Hypermedia Design Method*, Método de Diseño de Hipermedia Orientado a Objetos) [5] como las tecnologías para el desarrollo del módulo, objetivo de este artículo. La solución propuesta se enfoca en desarrollar una aplicación Web que genere código esqueleto

automático a partir de archivos XMI del modelado de cliente y navegacional, resultantes de la herramienta SODRA. Mediante el uso de la aplicación SODRA, se generará el documento XMI para su procesamiento, y de esta manera, la integración del módulo a la aplicación, que genere el código esqueleto correspondiente, esto se plantea alcanzar, mediante el uso de la gramática desarrollada en ANTLR que implemente la capacidad de procesar el contenido del documento XMI y con programación en el lenguaje Java, generar el código de salida estructurado con base a las reglas que rigen al lenguaje PHP.

Se espera obtener como salida el código esqueleto del modelo planteado, lo que producirá como beneficio al programador poder dedicar mayor tiempo al aspecto funcional de la aplicación. Este ahorro de tiempo esperado, tendrá como beneficio que los programadores lo dediquen al análisis de soluciones óptimas y reducir los tiempos de entrega.

Como metodología se eligió a OOHDM, ya que esta apoya el desarrollo web, y considera especialmente el modelo navegacional, el cual es uno de los modelos que es posible modelar en SODRA, por lo tanto, su estructura se encuentra en el XMI que se procesará. La tercera fase de desarrollo de SODRA considera las siguientes fases que se muestran en la Figura 1:

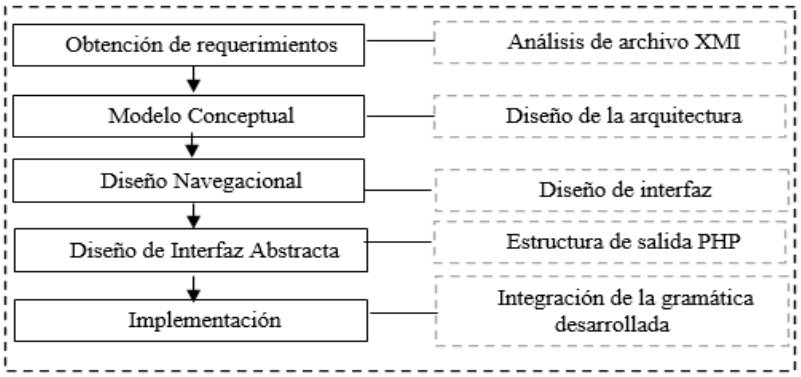


Figura 1. Metodología para el desarrollo del generador de código.

Obtención de requerimientos: El archivo de entrada para la generación de código automático es un archivo XMI resultante de la diagramación con la herramienta SODRA, el cual se analiza para conocer la estructura de sus componentes, los cuales apoyarán a la traducción al lenguaje de salida PHP.

Modelo conceptual: En esta etapa, se contempla el diseño de la arquitectura para el desarrollo de la aplicación, donde se utilizará un patrón arquitectónico Modelo – Vista – Controlador (MVC).

Diseño navegacional: En esta etapa, se realiza el mapeo entre los elementos de los diagramas de modelado de cliente y navegacional con los elementos semejantes en el lenguaje PHP, con el fin de encontrar la navegación correcta de la aplicación en PHP a partir del diagrama navegacional de la herramienta SODRA.

Diseño de interfaz abstracta: En esta sección se enfoca en los prototipos necesarios hasta alcanzar el diseño deseado de la interfaz de la aplicación encargada de la generación de código automático.

Implementación: El desarrollo de la gramática encargada de analizar y validar el archivo de entrada XMI, está contemplado en esta etapa, la cual será desarrollada con ANTLR4, la cual apoyará a la construcción del compilador en Java, el cual será capaz de dar una salida en lenguaje PHP.

Como lenguaje de programación se seleccionó a Java, el cual es un lenguaje de programación bastante robusto para el desarrollo de esta herramienta, este lenguaje se combinará con una gramática que se desarrollará en ANTLR, la que será la encargada de reconocer la estructura del archivo XMI, que proporciona como resultado SODRA. Como lenguaje de salida del generador se seleccionó a PHP, considerando que es un lenguaje adecuado para el desarrollo web.

Resultados preliminares y discusión

Gámez [6] da paso a una nueva forma de solución al hacer el análisis de requerimientos, por medio de los modelos de cliente y navegacional a través de grafos y teoría de conjuntos. Este enfoque apoya a la compresión más precisa y clara de los clientes acerca de los requerimientos que ellos plantean, visualizándolos en los diagramas de cliente y navegacional. Los artefactos que el autor propone se presentan a continuación. En la Tabla 2 se presentan las reglas para el modelado navegacional.

Modelado de cliente
A continuación se presentan las reglas para el modelado del cliente:

Regla 1: La letra inicial del nombre de la clase se debe escribir con mayúscula, los atributos y métodos se deben escribir con sus respectivas llaves separados por comas como se establece en la notación de la teoría de conjuntos, por ejemplo:

Persona {{nombre, apellido, edad}, {caminar( ), correr( )}}

Regla 2: La ausencia de atributos o métodos en la definición de una clase se representa con el símbolo de conjunto vacío "**Ø**", ejemplo:

Persona {**Ø**, {caminar ( ), correr ( )}}

Regla 3: Para la representación de una clase abstracta se antepone "Abs_" al inicio del nombre de la clase, por ejemplo:

Abs_Persona {{nombre, apellido, edad}, {caminar( ), correr( )}}

Regla 4: Para representar una interfaz se antepone "In_" al inicio del nombre de la clase, ejemplo:

In_Persona {Ø, {caminar( ), correr( )}}

Regla 5: Para una clase que implementa una interfaz, se representa utilizando el símbolo de implicación "⇒", ejemplo:

Alumno ⇒ In_Persona

Regla 6: La herencia se representa utilizando el símbolo "∪" para unión de conjuntos, ejemplo:

Clase 1: Persona{{nombre, apellido},{caminar( )}}
Clase 2: Alumno{{numctrl, carrera},{estudiar( )}}
"Alumno hereda de persona", se representa como:

Alumno ∪ Persona

Regla 7: La composición y agregación de clases, se representan utilizando los símbolos "∈" y "⊂" respectivamente. Por ejemplo, para las siguientes clases:

Videoclub {{direccion, telefono},{agregarPel( )}}
Socio{{id, nombre},{actualizarDatos( )}}
SocioVip{ **Ø**,{aplicaDesc( )}}
Pelicula{{idp, nombre, genero},{actualizarInfo( )}}

La representación de la composición se muestra en el siguiente ejemplo utilizando el símbolo "∈":

Película ∈ Videoclub

El ejemplo a continuación muestra cómo representar la agregación mediante el símbolo "⊂":

Socios ⊂ Videoclub

Regla 8: Para establecer la asociación entre clases, utilizar el símbolo de intersección "∩", por ejemplo para las siguientes clases:

Cliente ∩ Hotel

La notación anterior significa que existe la asociación entre la clase "Cliente" y la clase "Hotel", la palabra "busca" sobre el símbolo de asociación especifica el tipo de relación que existe entre las dos clases; para el ejemplo se lee "Cliente busca hotel".

 ISSN 2007-8102

Regla 9: Para indicar la multiplicidad (en agregación, composición y asociación), realizarlo como en el siguiente ejemplo:

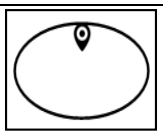
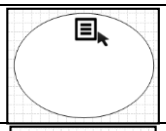
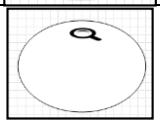
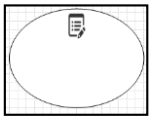
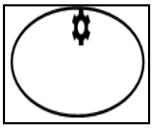
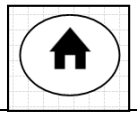
Busca
Cliente 1..* ∩ 1..* Hotel

El ejemplo anterior se lee; "Uno o más clientes buscan uno o más hoteles".

A continuación se presentan las reglas para el modelado navegacional:

Modelado navegacional

Tabla 2 Notaciones con grafos del modelo navegacional

Nombre	Símbolo	Descripción
Navigation Node		Representa un nodo de navegación, es decir, un punto de la navegación en el que el usuario puede trabajar con la información, recuperar o modificar datos en el sistema.
MenuNode node		Representa un menú, es decir, sirve para manejar caminos alternativos de navegación.
Query Node		Representa puntos de la navegación donde el sistema solicita información al usuario que es esencial para continuar con la navegación.
Index Node		Representa puntos de navegación donde al usuario se le facilita una lista de posibles resultados a visualizar, todos referidos a la misma información.
Process Node		Representan procesos/tareas a realizar en la aplicación.
Navigation Link		Representan un link de navegación de un nodo de navegación a otro, no puede usarse con nodos de proceso.
Process link		Representa un link de proceso que va de un nodo de proceso a otro, no se puede usar para nodos de navegación (para nodos de navegación se usan links de navegación).
User Item		Sirve para indicar qué usuario tiene acceso a determinado destino de navegación
Home Page		Representa el punto inicial de la navegación, es decir, la página de inicio de la aplicación.

 ISSN 2007-8102

Con base en los artefactos anteriormente mencionados, se desarrolló una herramienta que incluye diferentes tipos de funcionalidades, tales como, copiar, pegar, cortar, pegar, cortar, bloquear, desbloquear, selección múltiple de elementos, generación de enlaces entre los nodos así como la aplicación del patrón de diseño Memento para deshacer y rehacer acciones sobre los lienzos. A continuación en la Figura 2 se muestra el prototipo de la herramienta. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de un diagrama del cliente.

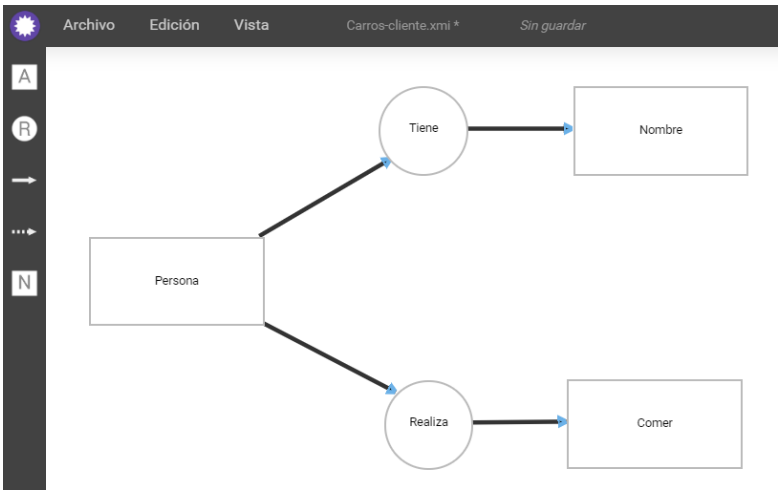


Figura 2. Prototipo del diagrama del cliente.

En la Figura 3 muestra la notación que equivale al diagrama del cliente.

Definición de clases:

Persona {{Nombre},{Comer}}

Figura 3. Notación equivalente al diagrama del cliente.

En la Figura 4 muestra un ejemplo de diagrama navegacional y la Figura 5 su respectiva notación.

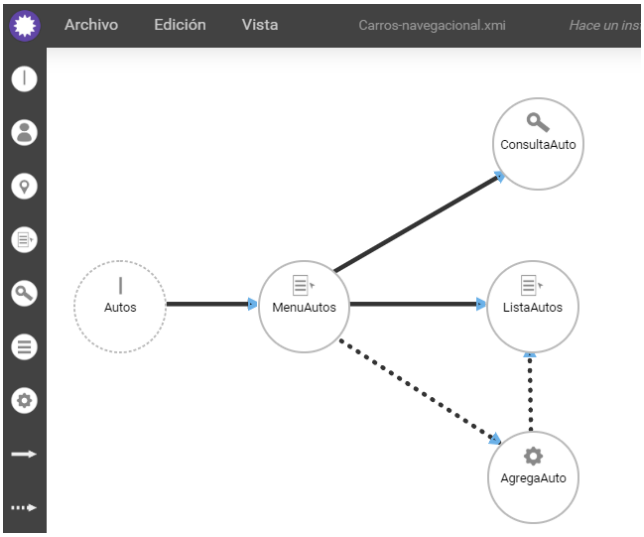


Figura 4. Prototipo de diagrama navegacional

```
{Autos}{NodoInicio} – [EnlaceNavegacional] -> {MenuAutos}{NodoMenu};
{MenuAutos}{NodoMenu} – [EnlaceNavegacional] -> {ListaAutos}{NodoLista};
{MenuAutos}{NodoMenu} – [EnlaceNavegacional] -> {ConsultaAutos}{NodoConsulta};
{MenuAutos}{NodoMenu} – [EnlaceProceso] -> {AgregarAutos}{NodoProceso};
{AgregarAutos}{NodoProceso} – [EnlaceProceso] -> {ListaAutos}{NodoLista};
```

Figura 5. Notación del prototipo de diagrama navegacional

La herramienta SODRA es capaz de generar diagramas de cliente y navegacional de manera interactiva, que servirán para desarrollar un caso de estudio que valide la integración de los clientes al proceso de análisis de requerimientos en el desarrollo de sus aplicaciones web. Las funcionalidades que permite realizar esta herramienta como copiar, pegar, arrastrar, agrupar, exportar, importar, hacer, deshacer, guardar y entre otros, apoya a la curva de aprendizaje con respecto a otras herramientas que utilizan las mismas técnicas de usabilidad.

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro, se considera la generación de código en otros lenguajes de programación (Java Server Faces, .Net, entre otros), para enriquecer la herramienta SODRA, no limitándola a un solo lenguaje, lo que la convertirá en una herramienta mucho más robusta y eficiente.

Conclusiones

La integración de los artefactos y SODRA abren camino a la mejora de la herramienta, lo que hace relevante la generación código automático para enriquecer la herramienta. Los generadores de código automáticos son herramientas de apoyo muy importantes, ya que favorecen a los desarrolladores a dedicarse a las áreas de análisis más complejas invirtiendo el tiempo ahorrado con la generación de código esqueleto. Los generadores de código resultan ser un gran beneficio que apoya también a las empresas dedicadas al desarrollo de software, ya que de esta manera tendrán una mayor probabilidad de entregar en tiempo y forma los productos solicitados por el cliente, Lo que resulta en beneficios económicos. Considerar la creación de gramáticas encargadas de validar el archivo XMl resultante de SODRA, es muy relevante, ya que esta es realmente la encargada de reconocer los elementos a traducir al lenguaje de salida.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Tecnológico Nacional de México (TecNM).

Referencias

[1] F. Carreón-Díaz de León, "SODRA Arquitectura de una herramienta para crear diagramas del modelo cliente y navegacional", Desarrollo e implementación de las ciencias computacionales, pp. 104-111, 2019.

[2] N. Bouraqadi and D. Mason, "Mocks, Proxies, and Transpilation as Development Strategies for Web Development", Proceedings of the 11th edition of the International Workshop on Smalltalk Technologies - IWST'16, pp. 1-6, 2016. Available: 10.1145/2991041.2991051.

[3] S. Roubi, M. Erramdani and S. Mbarki, "Extending Graphical Part of the Interaction Flow Modeling Language to Generate Rich Internet Graphical User Interfaces", 2016 4th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD), pp. 1-7, 2017.

[4] ANTLR", Antlr.org, 2019. [Online]. Disponible: https://www.antlr.org/. [Accedido: 04- Ago- 2019]

[5] A. Carrillo Ramos, Herramienta Multimedia De Apoyo A La Enseñanza De La Metodología Rup De Ingeniería Del Software, 1st ed. 2009, pp. 10-15.

[6] C. Lima Gámez, "Propuesta de artefactos basados en una notación con grafos y conjuntos para el modelado conceptual de aplicaciones Web", Research in Computing Science, vol.107, pp. 41-50, 2015.

Modelo Dual: Experiencia de éxito en el TecNM Campus Teziutlán, App Dtooltek S.A de C.V.

G. Robles Calderón[1], N. Rodríguez Ventura[2], A.D. Hernández Vargas[3], J.A. Reyes Martínez[4], G.E. Romero Peralta[5]*

[1]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México

[2]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México

[3]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México

[4]Alumno de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México

[5]Alumno de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México

**guby31@hotmail.com*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El Tecnológico Nacional de México (TecNM), siempre preocupado y ocupado por atender las necesidades laborales de nuestro país, ha actualizado su Modelo Educativo con la finalidad de formar alumnos y egresados que puedan llegar a ser profesionales altamente empleables, que contribuyan al desarrollo económico y social de México. Como parte de está actualización, surge el Modelo Dual, el cual consiste en la adquisición y perfeccionamiento de competencias profesionales del estudiante, definidas en un plan formativo que se desarrolla en ambientes de aprendizaje académico y laboral en coordinación con las empresas, organizaciones o dependencias gubernamentales del entorno, considerando el enfoque y alcance de los perfiles de egreso. El presente trabajo muestra la aplicación del Modelo Dual como estrategia para fortalecer competencias profesionales en conjunto entre alumnos del octavo semestre de la carrera de Ing. En Sistemas Computacionales y la empresa Dtooltek S.A de C.V.

***Palabras clave**: modelo, dual, estrategia, competencias.*

Abstract

The Tecnológico Nacional de México (TecNM), always concerned and busy to meet the labor needs of our country, has updated its Educational Model in order to train students and graduates who can become highly employable professionals, who contribute to economic development and Social of Mexico. As part of this update, the Dual Model emerges, which consists of the acquisition and improvement of professional competences of the student, defined in a training plan that is developed in academic and work learning environments in coordination with companies, organizations or government agencies of the environment, considering the approach and scope of the exit profiles. The present work shows the application of the Dual Model as a strategy to strengthen professional competencies as a whole among students of the eighth semester of the degree in Eng. In Computer Systems and the company Dtooltek S.A de C.V.

***Key words**: model, dual, strategy, skills.*

Introducción

En la actualidad, los entornos empresariales demandan que el capital humano que trabaja dentro de las empresas este mejor capacitado, con competencias laborales acorde a las demandas de las organizaciones y los mercados laborales. México requiere hoy de empresarios, trabajadores, docentes y servidores públicos más competentes para enfrentar los desafíos que el mercado globalizado impone. Bajo este tenor, las instituciones educativas de nivel superior han venido modificando los procesos de enseñanza-aprendizaje, apoyándose con

 ISSN 2007-8102

la incorporación de nuevos modelos educativos o bien con la actualización de los mismos; lo anterior con la finalidad de formar profesionistas más capacitados que puedan incorporarse al sector laboral con mayor posibilidad de éxito.

Es por lo anterior que, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) ha considerado las necesidades de los entornos laborales actuales al momento de formar profesionistas, llevando a cabo la actualización del Modelo Educativo con el cual se rige y tiene como objetivo formar profesionales íntegros, competitivos, socialmente comprometidos, emprendedores y altamente empleables que contribuyan al desarrollo económico y social de nuestro país. El nuevo Modelo Educativo del TecNM, toma en consideración 4 principios: Filosófico, Educativo, Organizacional y Socioeconómico. Contempla los siguientes 6 ejes importantes:

- Eje 1: Egresado como agente de cambio.
- Eje 2: Académico: Múltiples entornos de aprendizaje.
- Eje 3: Investigación, Innovación y Emprendimiento.
- Eje 4: Fortalecimiento del profesorado.
- Eje 5: Inclusión y Equidad.
- Eje 6: Gestión y Gobernanza.

El modelo contiene características destacadas tales como: la competitividad, innovación, emprendedurismo, liderazgo, formación continua, propiedad intelectual, movilidad, por mencionar algunas; además de considerar la generación de un impacto positivo en el Desarrollo Socioeconómico, Desarrollo Sostenible y sobre todo en una Economía del Conocimiento en entornos nacionales e internacionales (Ver Figura 1).



Figura 1. Modelo Educativo del TecNM. Recuperado de: https://nme.tepic.tecnm.mx/inicio

En este nuevo Modelo Educativo y por lo que respecta al Eje 2. Académico: Múltiples entornos de aprendizaje, se tienen diversos elementos que lo conforman, tales como: la alternancia, tutoría, emprendimiento, investigación, innovación, movilidad, educación dual, por mencionar algunos (Ver Figura 2).



Figura 2. Eje 2 – Académico. Recuperado de: https://nme.tepic.tecnm.mx/inicio

Es, en la Educación o Modelo Dual, donde el presente trabajo toma forma. El TecNM define el Modelo de Educación Dual (MEDTecNM) como (2014, p. 24): "una representación para entender, cambiar, gestionar y controlar la realidad de formación de capital humano altamente calificado a través de la formación y desarrollo de competencias profesionales en los estudiantes de nivel licenciatura en un ambiente académico-laboral".

La implementación del MEDTecNM se concibe como (2014, p. 25): "una estrategia de carácter curricular flexible que consiste en la adquisición y perfeccionamiento de competencias profesionales del estudiante, definidas en un plan formativo que se desarrolla en ambientes de aprendizaje académico y laboral en coordinación con las empresas, organizaciones o dependencias gubernamentales del entorno, considerando el enfoque y alcance de los perfiles de egreso". El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST), Institución Educativa de Nivel Superior perteneciente al TecNM, ha implementado este nuevo Modelo Educativo para las seis carreras que actualmente tiene registradas: Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería en Informática.

Para el presente trabajo se considero al Eje 2 del nuevo Modelo Educativo, en particular el rubro señalado como: Educación/Modelo Dual; el cual permite al estudiante tener un primer contacto real con el sector laboral, obteniendo experiencia, competitividad profesional y una mayor integración entre teoría y práctica por la parte vivencial del mismo modelo, al no ser el docente la única fuente de conocimiento, y transformando el aprendizaje en un modelo dinámico y versátil.

Para poder llevar a cabo la aplicación del Modelo Dual, se tuvo contacto y se firmó un Convenio de Colaboración con la empresa: "Dtooltek S.A. de C.V.", ubicada en la ciudad de Puebla, Puebla. Dicha empresa se dedica al diseño y fabricación de herramientas y refacciones, principalmente para la industria automotriz, cuenta con un equipo de más de 15 años de experiencia en el diseño, fabricación, mantenimiento y puesta en marcha de los medios de producción, proporcionando un servicio oportuno y de calidad. Brinda servicios de diseño, fabricación, mantenimiento y cambios de ingeniería para troqueles, dispositivos de ensamble y maquinados de precisión; así como ofrecer la más alta calidad a precio competitivo y óptimos tiempos de entrega.

Se consideró viable trabajar el Modelo Dual con esta empresa debido que se puede aplicar el concepto de Industria 4.0, donde la manufactura inteligente se vuelve parte del proceso de transformación y cambio, en la que las tecnologías de fabricación y de la información se han integrado para crear innovadores sistemas de manufactura, gestión y formas de hacer negocios, que permiten optimizar los procesos de fabricación, alcanzar una mayor flexibilidad, eficiencia y generar una propuesta de valor para sus clientes, así como responder de forma oportuna a las necesidades de su mercado.

El objetivo principal del presente trabajo es apreciar los resultados que genera la aplicación del Modelo Dual como estrategia para fortalecer y perfeccionar las competencias profesionales a nivel superior, ya que conlleva el trabajo colaborativo escuela – empresa con la intención de incorporar alumnos al sector laboral a través de la aplicación de este tipo de nuevos modelos educativos. Para la aplicación de este modelo, se considera la generación de una solución de software que permita llevar el control y seguimiento de la producción en tiempo real, mejorando la generación de información para la toma de decisiones por parte de la empresa Dtooltek S.A de C.V. Para llevar a cabo lo anterior, se consideró la metodología de desarrollo RUP ágil, para poder llevar un seguimiento puntual acordé a los requerimientos de software solicitados. El Proceso Unificado es un proceso de software genérico que puede ser utilizado para una gran cantidad de tipos de sistemas de software, para diferentes áreas de aplicación, diferentes tipos de organizaciones, diferentes niveles de competencia y diferentes tamaños de proyectos. La metodología RUP está conformada de 4 fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición.

Metodología

Fase 1: Inicio.

Actualmente en México la industria automotriz vuelve a ser centro de atención en la escena global, debido a que vive un proceso de transición de un perfil orientado principalmente a la manufactura apoyado de la innovación, la incorporación de la tecnología y el diseño juegan un papel preponderante, es por ello que la empresa

 ISSN 2007-8102

Dtooltek S. A de C. V., busca generar productos de alta calidad que vayan en vanguardia de las necesidades actuales. Para poder incorporarse a este tipo de mercados con la aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación, se tuvo que analizar y diagnosticar la problemática de cada departamento de la empresa con la finalidad de tener un panorama general de la misma así como detectar áreas de oportunidad.

En esta primera fase se pudo detectar que, para lograr productos de calidad la empresa Dtooltek tiene que llevar el seguimiento preciso de la producción de piezas, dicho proceso se lleva a cabo de manera manual, es decir, en hojas de Excel y en bases de datos rudimentarias, cada departamento maneja los datos de manera aislada, dando como resultado que no generan información en tiempo real y sobre todo que, al tenerse dispersa conlleve un mayor grado de inconsistencia al momento de recabarla para algún reporte, toma de decisiones o bien para el seguimiento de alguna pieza en particular. A través de entrevistas con el Director General de la empresa, personal involucrado en el proceso de los distintos departamentos y con los recorridos a detalle dentro de las instalaciones de la misma se tuvo la oportunidad de conocer a detalle el proceso productivo (Ver Figura 3). Derivado de está actividad, se logró hacer un análisis y diagnóstico de la situación real y actual en cuanto al manejo de datos de control en el proceso de producción que maneja la empresa.

Una vez identificado el problema a resolver, se generó una propuesta para poder dar solución a la problemática identificada, considerando el contexto, el estado del arte y el espacio en la cual se desarrollará el proyecto considerando la infraestructura actual y la que se podría requerir para el proyecto. Se establece la naturaleza del proyecto, determinando que, los departamentos involucrados en el uso futuro de la aplicación web son: Cotizaciones, Ingeniería, Metrología, Almacén, Compras, Producción y Envíos, trabajándose en la intranet local de la empresa.

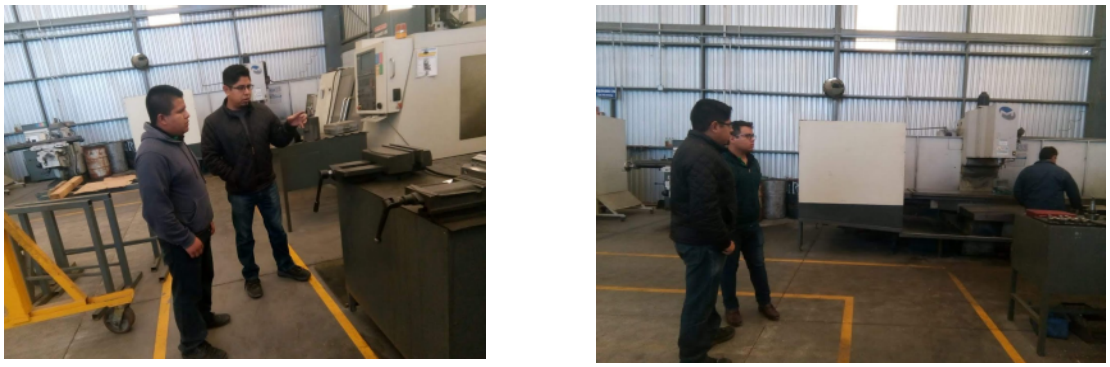


Figura 3. Recorrido al interior de la empresa. Fuente propia

Fase 2: Elaboración.

Teniendo conocimiento previo de la situación real de la empresa, se consideró la implementación de una aplicación web que logre la optimización y control de la información del proceso de producción de piezas como solución a la problemática identificada. Dicha aplicación contará con un total de siete módulos, en está primera etapa se planea la programación e implementación del Módulo Cotización, que es un módulo eje para el correcto funcionamiento de la aplicación y del resto de módulos faltantes.

Para poner en marcha esta fase y tomando en considerando los elementos del Modelo Dual que son:

- La empresa: El modelo dual pretende integrar a la empresa como agente educativo/formativo (Durán López, Santos Primo, & Gil Pérez, 2012).
- El profesor: Perteneciente a la plantilla docente de la institución.
- El asesor externo o mentor: Es un trabajador de la empresa técnicamente cualificado, comprometido con la educación de los estudiantes a su cargo y encargado directo del adiestramiento práctico.
- El estudiante dual: Son estudiantes inscritos en algún programa educativo del instituto, que adquieren la totalidad de los conocimientos necesarios entre el centro educativo y la empresa, organización o dependencia gubernamental (Durán López, Santos Primo, & Gil Pérez, 2012).

 ISSN 2007-8102

Se conformo el siguiente equipo de trabajo:

- **Empresa:** Dtooltek S.A de C.V.
- **Profesor**: 1 docente perteneciente a la Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITST, el cual elaboró la Instrumentación Didáctica, documento requerido para el Modelo Dual. Dicho documento contenía los rasgos a evaluar, tiempo, evidencias de trabajo y sobre todo los instrumentos que permitiría el proceso de evaluación de los alumnos; cabe mencionar que dicha evaluación se llevaría cabo por parte del profesor y el asesor externo, cubriendo una duración de 520 horas.
- **Asesor externo:** 1 Ingeniero en Sistemas Computacionales por parte de la empresa, el cual tendría el rol para guiar a los alumnos durante el proceso de dualidad.
- **Estudiante Dual:** 2 alumnos de octavo semestre del ITST pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, con las siguientes consideraciones:
    - Un alumno con **especialidad** en **Procesamiento de Datos**, cursando las materias de: Inteligencia artificial, Administración de redes, Taller de investigación II, Gestión de proyectos de software, Negocios Electrónicos e Inteligencia de negocios.
    - Un alumno con **especialidad** en **Aplicaciones Móviles**, cursando las materias de: Inteligencia artificial, Administración de redes, Taller de investigación II, Gestión de proyectos de software, Negocios Electrónicos y Aplicaciones web.

Cabe mencionar que en cada fase de la metodología RUP, los alumnos trabajaron de manera autónoma, para poder liberar su evidencias o entregables de cada etapa, se hizo bajo la supervisión y liberación del profesor asignado para esta tarea y el asesor externo. Una vez conformado el equipo de trabajo, los dos estudiantes se trasladaron a la ciudad de Puebla. Una vez instalados dentro de la empresa, hicieron un análisis a detalle de los procesos; fue necesario hacer algunos ajustes a los procedimientos propios de producción para que la información pueda procesarse adecuadamente y mantener la integridad de la misma, considerando que habría una migración de datos a la aplicación web a desarrollarse desde las aplicaciones ofimáticas y de la base de datos de Access que utilizaba la empresa en ese momento para almacenar gran parte de la información del proceso productivo, para lograr lo anterior se estaría utilizando una Base de Datos Centralizada al momento de la migración de datos.

Aunado a las actividades antes mencionadas, se llevó a cabo la determinación de requerimientos del sistema, generación del caso de uso principal y secundarios, así como la descripción de los mismos en donde se detalla de manera clara el funcionamiento de cada módulo que contendrá la aplicación web, se elaboró el diseño de la base de datos, trabajando la misma sobre el Modelo Relacional, el cual permitirá un manejo óptimo de los datos, teniendo como resultado la primera versión de este diseño. De igual forma se llevo a acabo el diseño navegacional que tendrá la aplicación web para poder optimizar la interacción del usuario, respetando patrones de diseño de experiencia de usuario establecidos actualmente (Ver Figura 4).

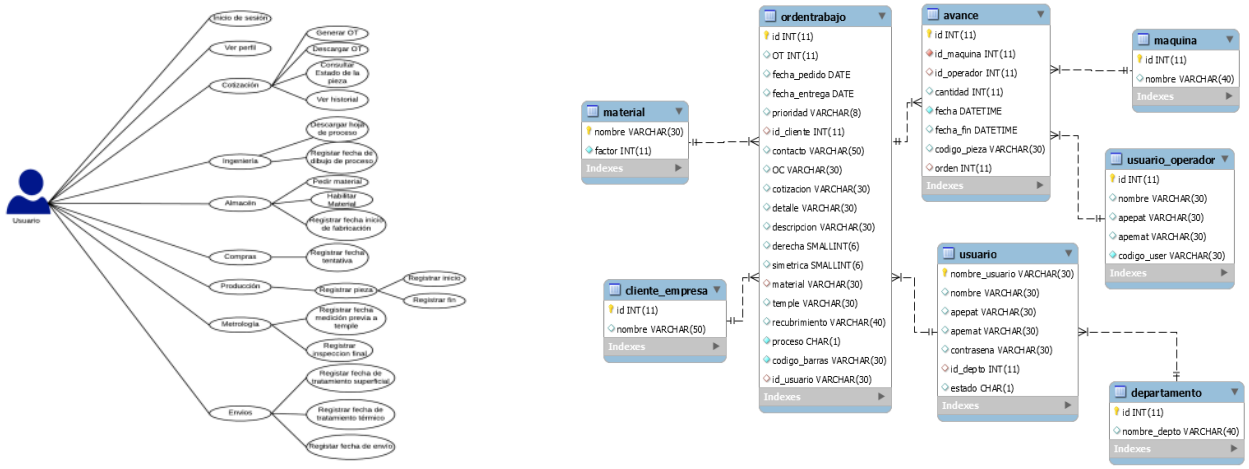


Figura 4. Caso de uso principal y diseño de la base de datos. Fuente propia

 ISSN 2007-8102

Fase 3. Construcción.

En está fase, los alumnos llevaron a cabo la codificación del primer Módulo: Cotizaciones, de la aplicación web, como se puede apreciar en la Figura 5. Es, en la programación del sistema donde los estudiantes pusieron en práctica gran parte de los conocimientos aprendidos no solo en el octavo semestre, si no en lo que llevan cursado a lo largo de su trayectoria académica desde el primer semestre de ingreso al ITST; bajo la supervisión del asesor externo y asesoramiento del profesor del Modelo Dual.

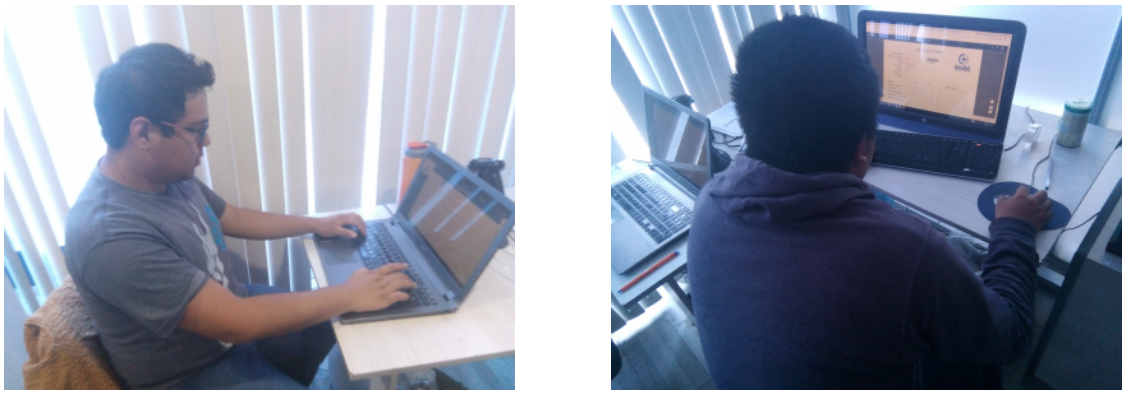


Figura 5. Alumnos codificando el primer módulo de la aplicación web. Fuente propia

Para este punto, los alumnos tuvieron que tomar en consideración la infraestructura de hardware y software, para que pudieran desarrollar una aplicación web acorde a los recursos y necesidades actuales de la empresa. En la Figura 6 se muestran las pantallas principales programadas por los alumnos atendiendo a los patrones de Experiencia de Usuario vigentes para un fácil uso por parte del usuario final así como el uso de herramientas de software libre para el desarrollo de la aplicación web.

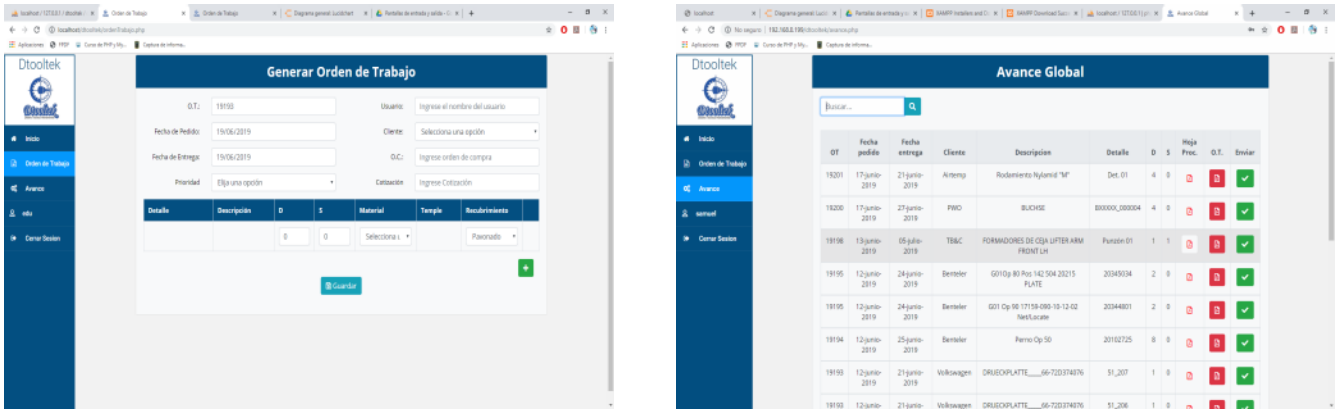


Figura 6. Pantallas principales codificadas para la aplicación web. Fuente propia

Resultados y discusión

Fase 4. Transición.

Una vez concluida la codificación del primer módulo, se procedió a hacer una presentación ante los integrantes de la empresa para poder obtener una retroalimentación objetiva y hacer los ajustes necesarios antes de la implementación final. Terminada esta presentación y haciendo los ajustes solicitados se procedió a hacer la instalación de la aplicación web en el servidor de la empresa, para poder llevar a cabo el proceso de pruebas reales y poder detectar posibles defectos o errores en la aplicación (Ver Figura 7). La aplicación web ha estado en uso desde su puesta en marcha el pasado 17 de mayo a la fecha, donde se reporta por parte de la empresa un desempeño correcto de la misma.

 ISSN 2007-8102



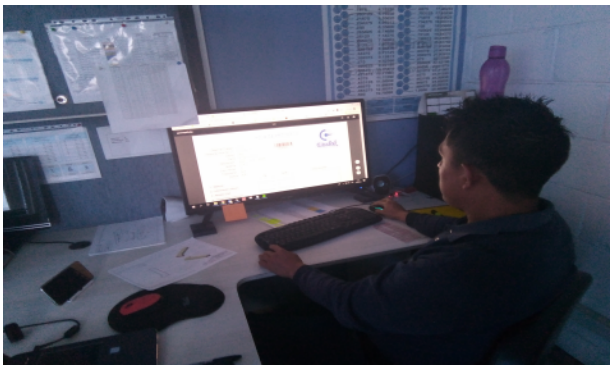
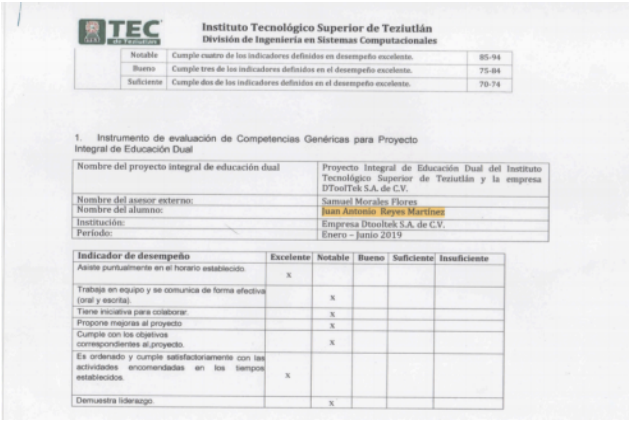


Figura 7. Presentación del proyecto y uso de la aplicación web. Fuente propia

Como parte del Modelo Dual, se realizó el proceso de evaluación correspondiente, considerando el banco de materias que se definieron en la fase de Inicio, dicho proceso se llevó a cabo por parte del asesor externo y el profesor, ya que derivado de este proceso surge la calificación final que los alumnos obtuvieron en el semestre que cursaron bajo está modalidad (Ver Figura 8).



Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	75-84
Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	70-74

1. Instrumento de evaluación de Competencias Genéricas para Proyecto Integral de Educación Dual

Nombre del proyecto integral de educación dual	Proyecto Integral de Educación Dual del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y la empresa DToolTek S.A. de C.V.
Nombre del asesor externo:	Samuel Morales Flores
Nombre del alumno:	Juan Antonio Reyes Martínez
Institución:	Empresa Dtooltek S.A. de C.V.
Período:	Enero – Junio 2019

Indicador de desempeño	Excelente	Notable	Bueno	Suficiente	Insuficiente
Asiste puntualmente en el horario establecido.	x				
Trabaja en equipo y se comunica de forma efectiva (oral y escrita).		x			
Tiene iniciativa para colaborar.		x			
Propone mejoras al proyecto		x			
Cumple con los objetivos correspondientes al proyecto.		x			
Es ordenado y cumple satisfactoriamente con las actividades encomendadas en los tiempos establecidos.	x				
Demuestra liderazgo.		x			



Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	75-84
Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	70-74

1. Instrumento de evaluación de Competencias Genéricas para Proyecto Integral de Educación Dual

Nombre del proyecto integral de educación dual	Proyecto Integral de Educación Dual del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y la empresa DToolTek S.A. de C.V.
Nombre del asesor externo:	Samuel Morales Flores
Nombre del alumno:	Genaro Eduardo Romero Peralta
Institución:	Empresa Dtooltek S.A. de C.V.
Período:	Enero – Junio 2019

Indicador de desempeño	Excelente	Notable	Bueno	Suficiente	Insuficiente
Asiste puntualmente en el horario establecido.	x				
Trabaja en equipo y se comunica de forma efectiva (oral y escrita).		x			
Tiene iniciativa para colaborar.		x			
Propone mejoras al proyecto		x			
Cumple con los objetivos correspondientes al proyecto.		x			
Es ordenado y cumple satisfactoriamente con las actividades encomendadas en los tiempos establecidos.	x				
Demuestra liderazgo.		x			

Figura 8. Evidencia de evaluación de los alumnos por parte del asesor externo. Fuente propia

Cabe destacar que los alumnos evaluados tuvieron un puntaje de 98, a pesar de que la evaluación refleja un valor numérico, se destacan las competencias alcanzadas y desarrolladas por parte de los alumnos con el presente trabajo, mismas que se enlistan a continuación:

- Analizar requerimientos definidos por el cliente por la organización y diseñar bases de datos para generar soluciones al tratamiento de información de acuerdo a sus reglas de negocio
- Crear y gestionar bases de datos para resolver problemas del contexto considerando la concurrencia e interoperabilidad de los datos.
- Construir almacenes de datos a través del procesamiento, integración y trasformación desarrollando las estructuras necesarias para facilitar el análisis y dando soporte a la toma de decisiones empresariales.
- Desarrollar aplicaciones Web que intercambien información a través del consumo de servicios Web mediante el uso de protocolos y estándares actuales.

Aunado a las competencias anteriormente mencionadas, no debemos dejar de la lado las competencias genéricas desarrolladas conforme al desarrollo del proyecto y las cuales se enlista a continuación:

Competencias instrumentales: Capacidad de análisis, síntesis, de organizar y planificar, así como comunicación oral y escrita, habilidades básicas de manejo de la computadora, así como habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.

Competencias interpersonales: Capacidad critica y autocritica, trabajo en equipo.

Competencias sistémicas: Habilidades de investigación, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) y la habilidad para trabajar en forma autónoma.

El hecho de que estos dos alumnos hayan logrado alcanzar estas competencias como resultado de aplicar el Modelo Dual, se considera como un caso de éxito, debido a que refleja la importancia del Modelo como estrategia para fortalecer y perfeccionar las competencias profesionales como parte de su formación académica, ya que les brinda la posibilidad de tener mayores habilidades y capacidades al momento de incorporarse de manera exitosa al sector laboral. Es importante mencionar que los alumnos también tuvieron una retribución económica, otorgada por el Director de la empresa, a pesar de se un pago simbólico, les fue de utilidad para su estancia en la ciudad de Puebla.

Trabajo a futuro

Los alumnos que concluyeron el Modelo Dual darán seguimiento y conclusión al proyecto mediante la Residencia Profesional, continuando con el proceso de titulación con la opción de tesis para poder obtener su grado académico con este mismo proyecto. Cabe destacar que estos son los dos primeros alumnos de la carrera de Ing. En Sistemas Computacionales que incursionan y concluyen sus estudios con el proyecto que nació a través del Modelo Dual. En relación a la aplicación web, se hará el registro ante el INDAUTOR para proteger el desarrollo por parte de los alumnos y por seguridad para la empresa, lo anterior una vez que se haya terminado en su totalidad el proyecto y liberado por parte del Director General, además de alimentar la producción académica del proyecto financiado por el TecNM y registrado con el nombre de: “Optimización y automatización del flujo de información en tiempo real de la cadena logística de la empresa Dtooltek” vigente actualmente.

Conclusiones

El desarrollo del presente trabajo deja ver la importancia que tiene el Modelo Dual como estrategia para fortalecer el desarrollo de competencias profesionales en los jóvenes estudiantes durante su formación académica; esto se logra trabajando de manera colaborativa entre las empresas, instituciones educativas de nivel superior como lo es el ITST y con alumnos comprometidos que quieran alcanzar sus metas y objetivos. La aplicación del Modelo Dual, brinda un panorama real sobre la situación laboral a la que se puede enfrentar los egresados en un futuro al momento de incorporarse en el sector laboral, pero con la diferencia de tener el respaldo de haber alcanzado competencias profesionales antes de concluir su formación profesional, lo que clasifica como egresados más calificados y cualificados para enfrentarse a los desafiantes entornos laborales.

Agradecimientos

Agradecimiento especial al Ing. Enrique Chavacano Mendoza, Director General de la empresa Dtooltek S.A de C.V., por las facilidades otorgadas para la aplicación del Modelo Dual dentro de las instalación de su compañía.

Referencias

1. Araya, M. I. (2008). La formación dual y su fundamentación curricular. Revista Educación, 32(1), 45-61.
2. Durán López, P., Santos Primo, J. R., & Gil Pérez, R. (2012). Guía de formación Dual. España: Cámaras de Comercio, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y Fondo Social Europeo.
3. FETE-UGT, G. T. (2012). Informe Del Modelo Dual. Gabinete Técnico FETEUGT.
4. Gamino, A. Acosta, M.G. Pulido, R.E. (2016). Modelo de formación dual del Tecnológico Nacional de México. Revista de Investigación en Educación, no 14(2), pp. 170-183.
5. Sellés, J.F. (2007). Las dualidades de la educación. Educación y Educadores, 2007, Volumen 10, Número 1, pp. 135-160. ISSN 0123-1294.
6. Rius de la Pola, M.P. (2011). La UNAM para mí. Mis principios de dualidad e incertidumbre. Universidad Nacional Autónoma de México.
7. TecNM. (2014). Proyectos Integradores para la formación y desarrollo de competencias profesionales del Tecnológico Nacional de México. Documento curricular, 2da. México: Tecnológico Nacional de México.

Estudio longitudinal de ética sobre ética Parte 2 en estudiantes del TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba

M.E. Zepahua Neri[1], A. Aguilar Aquino[1], A.P. Fuentes García[1], A.D. González Sánchez[2], V. Oficial Arias[3]*
[1]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba, [2]Departamento de Control Escolar, TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba, [3]Ingeniería en Gestión Empresarial, TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba Ave Ote. 9 núm. 852 Col Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
**mezepahu@hotmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La Ética es una directriz de vida, es por ello que este trabajo es un estudio longitudinal en su segunda etapa, se utilizó el instrumento internacional generado por la Pontificia Universidad Católica de Perú, consiste en una encuesta de veinte preguntas de opción múltiple y dos preguntas abiertas, la muestra fue de 194 estudiantes de las 8 licenciaturas del I.T.O. de cuarto semestre Enero-Junio 2019 y se contrastaron con los resultados cuando cursaron primer semestre, al comparar los resultados obtenidos en la primera y la segunda etapa se ve una mejoría en la tendencia de estudiantes, se analizan por licenciatura y en global además se presentan propuestas para fomentar la ética en los estudiantes y como trabajo futuro se debe terminar este estudio longitudinal aplicando el instrumento a la misma muestra, pero cuando cursen el octavo semestre.

***Palabras clave**: Ética, Comportamiento, Decisiones, Estudiantes.*

Abstract

Ethics is a guideline of life, that is why this work is a longitudinal study in its second stage, the international instrument generated by the Pontifical Catholic University of Peru was used, it consists of a survey of twenty multiple-choice questions and two questions open, the sample was 194 students of the 8 ITO degrees From the fourth semester January-June 2019 and they were contrasted with the results when they attended the first semester, when comparing the results obtained in the first and the second stage an improvement in the trend of students is seen, they are analyzed by degree and in general they are also presented proposals to promote ethics in students and as future work this longitudinal study should be completed by applying the instrument to the same sample, but when they are in the eighth semester..

***Key words**: Ethics, Behavior, Decisions, Students.*

Introducción

En el tiempo presente la ética representa un reto de carácter urgente en nuestra sociedad, ya que ésta comprende normas y principios morales que guían el comportamiento del ser humano que son esenciales para el mejor desarrollo de un país. Por lo que se vuelve necesario mencionar lo que significa la ética y para ello, la Real Academia, en el Diccionario de la Lengua Española (2014) la define como “el conjunto de normas morales que rigen la conducta de la persona en cualquier ámbito de la vida.” Chávez (2014, p. 3), define a la ética, “la ciencia que estudia las costumbres obligatorias, o sea las normas; o como la ciencia que estudia el modo de ser de los seres humanos”. Chávez, Bustos, Infante y Benavides (2015) señalan que en el momento que el hombre inicia la búsqueda por mejorar su estilo de vida a través de la aplicación de normas y códigos morales, es el momento en el que la ética surge en torno a la conducta y acciones del hombre, que traen como consecuencia un cambio significativo en la propia conducta y con los demás.

Ahora bien, es importante considerar a la universidad como la percepción ética de la existencia, pues en ella se debe verificar de manera persistente y constante el deber ético, teniendo como fundamento las nociones éticas

que rigen a los seres humanos. Podemos mencionar los siguientes valores éticos: “El respeto a la dignidad de las personas, los derechos humanos y la libertad, al Estado de derecho, la igualdad y la solidaridad son la base de nuestra identidad latinoamericana y el fundamento del orden político y la paz social”. (Giner de los Ríos, citado en Rojas 2008).
El individuo pensante se vuelve consciente de la necesidad de considerar a la enseñanza a nivel superior como parte importante de la formación integral del ser humano, por tal motivo: En la “Declaración Mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción” se dejó consignada la capacidad de la educación superior en impulsar las transformaciones y el progreso de la sociedad. En consecuencia, entre sus misiones educativas, formativas e investigativas, se reafirma la misión de contribuir al desarrollo sostenible y el mejoramiento del conjunto de la sociedad, contribuyendo la educación nivel superior a proteger y consolidar los valores de la sociedad, velando por inculcar en los jóvenes los valores en que reposa la ciudadanía democrática (Xarur, 2008). En este contexto, las Instituciones de Educación Superior (IES) tienen como razón de ser el formar estudiantes críticos, analíticos, pensantes, capaces de tomar decisiones con base en valores éticos y cívicos. La educación superior debe poseer una condición humana, que represente el punto de partida y la base para formar de una manera completa a los individuos, en el ámbito personal y/o profesional, aptos para enfrentar cualquier desafío en forma responsable, social, ética, ambiental por medio de una colaboración y ayuda eficaz que permita el progreso paulatino de su país, así como, la construcción de su entorno. Es por ello que la educación, se constituye en un ámbito preferente en esta “Sociedad del Conocimiento”, lo que conlleva que la propia educación sea capaz de responder mejor a las necesidades cambiantes que nos rodean (UNESCO, 2015 citado en Almerich et al., 2018). El escenario actual de la “Sociedad del Conocimiento” requiere de nuevas competencias que reemplacen las habilidades básicas y las expectativas de conocimiento del pasado por otras que se necesitan para la vida y el trabajo actual (Binkley et al., 2012; Schleicher, 2016 citado en Almerich et al., 2018) para que los estudiantes se conviertan en trabajadores y ciudadanos efectivos en la “Sociedad de Conocimiento” del siglo XXI (Ananiadou & Claro, 2009 citado en Almerich et al., 2018). Estas competencias se refieren al pensamiento crítico y creativo, así como la resolución de problemas correspondientes al entorno actual.

En el contexto de todo lo anterior, en México el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos (SNIT) hoy Tecnológico Nacional de México (TecNM) con amplia cobertura territorial, con presencia en todos los estados de la República y en el Distrito Federal, ha asumido la tarea de actualizar los procesos, planes y programas de estudio que estén acordes con la globalización, y este esfuerzo colectivo de la comunidad tecnológica ha desembocado en el “Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales”. Teniendo con esto la certidumbre y la confianza de contribuir que los profesionales egresados de estas instituciones sean personas que aprendan en la vida y para la vida, con una activa participación ciudadana basada en principios éticos, que se comprometen con su propio desarrollo profesional y humano, y con el desarrollo de su comunidad y del país (Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2012).

El “Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales” desarrollado por la Dirección General de Educación Tecnológica (DGET) a través de su dimensión filosófica se ha propuesto guiar al estudiante de tal manera que en su etapa de formación académica pueda identificarse como persona, ciudadano y profesional capaz de participar con actitud ética en la construcción de una sociedad democrática, equitativa y justa. Uno de los principios filosóficos contempla al ser humano como ciudadano, creador de cultura y símbolos, moldea su identidad y participa en el compromiso colectivo de construir y preservar una sociedad íntegra. En consecuencia, erige un estado de derecho, actúa en el marco de la legalidad, la ética y el respeto a los demás y al medio; tiene un profundo sentido de identidad y pertenencia nacional y asume su responsabilidad de impulsar un desarrollo sustentable que respete las raíces multiculturales (Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2012). El Tecnológico Nacional de México (TecNM), derivado del SNIT se encuentra conformado por 254 instituciones ubicadas a lo largo del territorio nacional, en las que atiende a una población escolar de poco más de 600,000 estudiantes de los niveles de licenciatura y maestría. El TecNM (2019) tiene como misión “ofrecer servicios de educación superior tecnológica de calidad, con cobertura nacional, pertinente y equitativa, que coadyuve a la conformación de una sociedad justa y humana, con una perspectiva de sustentabilidad”, alineándose de esta forma al “Modelo educativo para el siglo XXI”. De esta manera, es necesario modificar los planes y programas de estudio dentro de las IES, con el propósito de acrecentar los valores y la moral en los propios estudiantes, así como integridad personal por parte los mismos, que conduzcan al logro de la razón de ser de la educación superior del siglo XXI: acciones dirigidas por un conjunto de valores, que permitan el desarrollo de los propios países donde se lleva a cabo.

Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo longitudinal se tomaron como sujetos de estudio en al 24 elementos en promedio de los estudiantes del cuarto semestre en el periodo Enero junio 2019 de las ocho licenciaturas que tiene como oferta académica el TecNM Instituto Tecnológico de Orizaba, según la siguiente tabla:

LICENCIATURA	ESTUDIANTES
Ing. en Gestión Empresarial	28
Ing. en Sistemas Computacionales	22
Ing. Eléctrica	26
Ing. Electrónica	14
Ing. Informática	30
Ing. Industrial	35
Ing. Mecánica	18
Ing. Química	21
Total de la muestra	**194**

Tabla 1 Muestra del Estudio Estudiantes de cuarto semestre, periodo Enero-Junio 2019 (propia)

Es muy importante indicar que se tuvo una baja aproximada del 19% en promedio en los elementos de la muestra de la primera etapa del estudio longitudinal donde se obtuvieron 30 elementos de cada una de las licenciaturas por ser cuando estuvieron en nuevo ingreso.

Instrumento

Para el presente estudio se utilizará una encuesta, la cual fue desarrollada usando como base en elaborada por la Encuesta Nacional de PROETICA (Lima Perú, 2004) en la que se reformularon y se agregaron preguntas más en relación con la vida universitaria y a buscar más información sobre el diseño de estrategias.

El instrumento de recolección de información consta de 22 preguntas, de las cuales veinte de opción múltiple y dos son abiertas; dentro de las que son de opción múltiple se presentan acciones que son universalizables, es decir que son éticamente impertinentes según la racionalidad moral del “imperativo categórico”, pero que sin embargo se presentan a menudo en la vida cotidiana en América Latina, lo que da la posibilidad de que los alumnos puedan aceptarlas o tolerarlas fácilmente, e incluso hayan cometido ciertas de ellas. Por lo pronto, no es necesariamente evidente que se deba rechazarlas terminantemente. Se ha puesto ejemplos de acciones de la vida pública (corrupción en trámites), de la vida privada personal y de la vida estudiantil cotidiana.

En cada pregunta o acción se podrá indicar cualquiera de las 5 opciones planteadas que van desde totalmente de acuerdo hasta totalmente en desacuerdo.
Con respecto a las preguntas abiertas, estas serán dos y se presentan al final del instrumento
21. ¿Qué asignaturas de tu carrera consideras que te han fomentado más la Ética?
22. ¿Qué propones para que se pueda fomentar la Ética en el I.T. de Orizaba?
A continuación, se presenta el instrumento de recolección de información:

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados generales obtenidos en la muestra de 194 estudiantes de la segunda etapa comparándolos con los de la primera etapa; es decir se enfrentan los resultados del primer semestre y los del cuarto semestre, destacando en color amarillo los hallazgos más relevantes:

 ISSN 2007-8102

Tabla Global de todas las carreras del TecNM Instituto Tecnologico de Orizaba										
	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1 Evitar pagar el pasaje si se puede	19%	44%	5%	14%	17%	13%	14%	8%	45%	21%
2 Dar un obsequio o dinero para agilizar un trámite municipal	3%	5%	8%	6%	21%	26%	24%	16%	43%	47%
3 Dar un obsequio dinero para agilizar un trámite universitario	4%	6%	6%	8%	23%	22%	21%	14%	46%	51%
4 Comprar productos piratas	2%	1%	9%	7%	35%	25%	26%	29%	29%	38%
5 Que una autoridad favorezca a sus parientes y amigos	19%	5%	5%	6%	17%	12%	14%	16%	45%	61%
6 No pedir factura para evitar pagar impuestos	3%	6%	7%	3%	29%	26%	28%	22%	33%	43%
7 Aceptar dinero o regalos a cambio de favores ilegales	1%	3%	3%	2%	12%	10%	16%	15%	68%	70%
8 Quedarse con el vuelto cuando le dan de más	3%	2%	3%	2%	13%	10%	25%	16%	57%	69%
9 Dar algo de dinero para que le perdonen una multa	4%	4%	8%	4%	23%	17%	20%	21%	45%	54%
10. Quedarse con el dinero de una billetera encontrada que tiene la dirección de su dueño	2%	5%	4%	2%	14%	12%	18%	12%	63%	69%
11 Colarse a un espectáculo o evento sin pagar.	3%	5%	5%	3%	20%	19%	28%	21%	43%	52%
12 No denunciar a un colega que ha cometido una falta	3%	5%	6%	5%	32%	27%	30%	23%	29%	41%
13 Que alguien pobre robe para vivir	1%	1%	4%	2%	28%	22%	23%	19%	45%	56%
14 Copiar en exámenes	3%	3%	2%	5%	31%	25%	28%	24%	36%	43%
15 Hacer plagio para obtener una buena nota	1%	3%	2%	3%	23%	16%	25%	23%	48%	56%
16 Llenar de documentos con datos falsos por conveniencia	1%	5%	1%	2%	15%	13%	22%	13%	62%	68%
17 Hacer llamada larga distancia de teléfono ajeno sin pedir permiso	3%	7%	4%	3%	30%	33%	27%	20%	37%	38%
18. Mentir a un profesor por conveniencia	1%	1%	3%	5%	21%	16%	28%	27%	47%	52%
19 Sustraer dinero u objetos de un escritorio o salón de clase cuando nadie lo ve	1%	5%	0%	1%	2%	3%	12%	7%	85%	84%
20 Rendir un examen en lugar de un amigo a cambio de dinero.	3%	6%	1%	4%	20%	16%	18%	17%	57%	57%

Tabla 2 Resultados generales del estudio longitudinal 2° parte (propia)

A continuación, se presentan los resultados de cada ingeniería con el comparativo correspondiente entre la etapa 1 y 2, destacando en color amarillo los hallazgos más relevantes:

ISSN 2007-8102

INGENIERÍA ELÉCTRICA

	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1	37%	73%	17%	15%	10%	4%	10%	4%	27%	4%
2	0%	4%	17%	15%	33%	46%	10%	4%	40%	31%
3	0%	15%	7%	15%	33%	27%	17%	23%	43%	19%
4	0%	4%	3%	4%	37%	27%	13%	38%	47%	27%
5	3%	8%	7%	4%	17%	19%	20%	23%	53%	46%
6	0%	12%	10%	4%	13%	27%	23%	31%	53%	27%
7	0%	4%	3%	0%	20%	23%	13%	19%	63%	54%
8	3%	4%	3%	4%	10%	19%	27%	19%	57%	54%
9	7%	4%	10%	4%	20%	15%	17%	27%	47%	50%
10	7%	4%	3%	0%	17%	8%	23%	23%	50%	65%
11	0%	4%	7%	4%	27%	15%	27%	27%	40%	50%
12	0%	4%	7%	4%	23%	27%	33%	31%	37%	35%
13	0%	4%	3%	0%	23%	23%	23%	19%	50%	54%
14	0%	12%	7%	0%	13%	19%	27%	27%	53%	42%
15	0%	4%	3%	4%	17%	15%	23%	23%	57%	54%
16	0%	4%	0%	8%	13%	12%	13%	12%	73%	65%
17	0%	4%	3%	4%	17%	42%	23%	15%	57%	35%
18	0%	4%	3%	8%	13%	8%	23%	35%	60%	46%
19	0%	4%	0%	4%	3%	12%	17%	8%	80%	73%
20	10%	0%	0%	8%	13%	27%	13%	12%	63%	54%

INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1	10%	57%	3%	7%	10%	7%	17%	14%	60%	14%
2	0%	4%	7%	4%	17%	25%	20%	18%	57%	50%
3	0%	4%	7%	4%	27%	18%	20%	14%	47%	61%
4	0%	0%	7%	7%	23%	32%	30%	29%	40%	32%
5	0%	7%	3%	0%	7%	7%	37%	14%	53%	71%
6	0%	4%	3%	0%	40%	29%	30%	11%	27%	57%
7	0%	4%	0%	4%	7%	7%	17%	4%	77%	82%
8	0%	4%	0%	0%	17%	4%	20%	18%	63%	75%
9	0%	4%	0%	4%	20%	21%	33%	18%	47%	54%
10	0%	0%	3%	0%	10%	7%	3%	7%	83%	86%
11	3%	4%	3%	4%	10%	14%	17%	11%	67%	68%
12	7%	0%	0%	4%	23%	29%	40%	21%	30%	46%
13	0%	0%	0%	0%	13%	21%	27%	11%	60%	68%
14	3%	0%	0%	11%	33%	25%	23%	18%	40%	46%
15	3%	0%	3%	0%	27%	7%	7%	18%	60%	75%
16	3%	0%	0%	0%	3%	11%	20%	7%	73%	82%
17	3%	0%	7%	0%	23%	32%	27%	14%	40%	54%
18	7%	0%	0%	4%	17%	11%	23%	25%	53%	61%
19	3%	0%	0%	0%	0%	4%	10%	7%	87%	89%
20	3%	4%	0%	0%	17%	21%	30%	11%	50%	64%

INGENIERÍA INDUSTRIAL

	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1	37%	46%	3%	17%	33%	11%	7%	3%	20%	23%
2	7%	6%	17%	6%	13%	26%	23%	14%	40%	49%
3	17%	9%	0%	11%	20%	23%	23%	14%	40%	43%
4	0%	0%	10%	0%	30%	20%	30%	29%	30%	51%
5	7%	3%	0%	14%	20%	9%	17%	11%	57%	63%
6	7%	3%	7%	6%	23%	20%	20%	23%	43%	49%
7	0%	0%	3%	3%	13%	17%	17%	20%	67%	60%
8	0%	3%	0%	6%	23%	9%	27%	17%	50%	66%
9	3%	6%	7%	3%	20%	11%	20%	29%	50%	51%
10	0%	0%	3%	3%	17%	17%	10%	11%	70%	69%
11	3%	0%	0%	0%	17%	29%	33%	17%	47%	54%
12	3%	0%	3%	6%	17%	23%	33%	23%	43%	49%
13	0%	0%	3%	3%	23%	14%	20%	17%	53%	66%
14	3%	3%	0%	9%	33%	31%	23%	20%	40%	37%
15	0%	3%	0%	3%	33%	20%	20%	20%	47%	54%
16	0%	0%	0%	3%	33%	14%	20%	20%	47%	63%
17	0%	6%	7%	6%	33%	34%	20%	23%	40%	31%
18	0%	0%	0%	9%	33%	17%	20%	26%	47%	49%
19	0%	0%	0%	0%	3%	3%	10%	9%	87%	89%
20	0%	3%	3%	6%	23%	23%	10%	20%	63%	49%

INGENIERÍA MECÁNICA

	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1	7%	50%	7%	28%	27%	0%	13%	6%	47%	17%
2	3%	0%	0%	6%	20%	17%	37%	33%	40%	44%
3	0%	0%	7%	6%	23%	11%	20%	17%	50%	67%
4	3%	0%	17%	6%	27%	22%	20%	28%	33%	44%
5	0%	0%	3%	0%	20%	11%	20%	28%	57%	61%
6	3%	0%	10%	0%	50%	17%	17%	28%	20%	56%
7	0%	6%	3%	0%	23%	0%	7%	6%	67%	89%
8	0%	6%	0%	0%	13%	6%	27%	11%	60%	78%
9	0%	0%	20%	11%	37%	11%	13%	28%	30%	50%
10	0%	11%	3%	0%	23%	11%	23%	11%	50%	67%
11	7%	6%	10%	0%	17%	17%	30%	22%	37%	56%
12	3%	6%	20%	11%	37%	22%	23%	22%	17%	39%
13	0%	0%	7%	0%	37%	22%	33%	6%	23%	72%
14	3%	0%	3%	0%	43%	28%	30%	39%	20%	33%
15	3%	0%	7%	0%	23%	11%	23%	33%	43%	56%
16	0%	0%	3%	0%	20%	28%	20%	6%	57%	67%
17	3%	0%	3%	0%	27%	44%	37%	28%	30%	28%
18	0%	0%	3%	0%	20%	33%	20%	17%	57%	50%
19	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	6%	83%	94%
20	3%	0%	0%	0%	30%	28%	23%	11%	43%	61%

ISSN 2007-8102

INGENIERÍA QUÍMICA

	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1	7%	29%	3%	19%	0%	29%	17%	5%	73%	19%
2	3%	0%	3%	5%	17%	24%	23%	5%	53%	67%
3	0%	0%	3%	5%	13%	19%	17%	0%	67%	76%
4	0%	0%	3%	5%	53%	14%	23%	29%	20%	52%
5	0%	5%	10%	5%	17%	10%	27%	5%	47%	76%
6	0%	0%	10%	5%	27%	29%	33%	14%	30%	52%
7	0%	0%	3%	0%	7%	14%	10%	10%	80%	76%
8	7%	0%	3%	0%	17%	10%	27%	14%	47%	76%
9	3%	0%	17%	5%	20%	24%	10%	5%	50%	67%
10	0%	0%	3%	0%	3%	14%	27%	10%	67%	76%
11	3%	0%	10%	0%	17%	19%	30%	14%	40%	67%
12	3%	0%	7%	5%	37%	19%	30%	14%	23%	62%
13	0%	0%	7%	0%	20%	14%	17%	24%	57%	62%
14	0%	0%	0%	0%	30%	14%	27%	10%	43%	76%
15	0%	0%	0%	0%	17%	10%	27%	10%	57%	81%
16	0%	0%	3%	0%	3%	5%	23%	5%	70%	90%
17	10%	5%	7%	0%	33%	29%	30%	14%	20%	52%
18	0%	0%	10%	0%	30%	14%	30%	24%	30%	62%
19	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	10%	93%	90%
20	3%	0%	3%	0%	10%	0%	17%	24%	67%	76%

INGENIERÍA INFORMÁTICA

	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1	27%	20%	0%	3%	3%	17%	20%	13%	50%	47%
2	10%	17%	3%	3%	10%	7%	27%	30%	50%	43%
3	13%	7%	7%	7%	10%	10%	13%	13%	57%	63%
4	3%	3%	7%	7%	30%	30%	27%	27%	33%	33%
5	7%	7%	3%	3%	17%	17%	7%	7%	67%	67%
6	13%	13%	0%	0%	23%	23%	20%	20%	43%	43%
7	7%	7%	0%	0%	7%	7%	27%	27%	60%	60%
8	10%	0%	3%	3%	3%	3%	20%	20%	63%	73%
9	10%	13%	3%	3%	20%	20%	17%	17%	50%	47%
10	7%	17%	7%	7%	13%	13%	7%	7%	67%	57%
11	3%	20%	7%	7%	17%	17%	27%	23%	47%	33%
12	7%	27%	7%	7%	27%	27%	23%	20%	37%	20%
13	3%	3%	7%	7%	40%	40%	17%	20%	33%	30%
14	3%	7%	0%	0%	23%	23%	40%	40%	33%	30%
15	3%	10%	3%	3%	27%	27%	23%	27%	43%	33%
16	3%	27%	0%	0%	3%	0%	23%	17%	70%	57%
17	3%	30%	3%	7%	20%	20%	17%	10%	57%	33%
18	3%	3%	3%	3%	20%	20%	33%	33%	40%	40%
19	3%	27%	0%	3%	0%	0%	7%	3%	90%	67%
20	3%	30%	0%	0%	10%	0%	23%	17%	63%	53%

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONA.

	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1	0%	55%	10%	9%	13%	14%	13%	5%	63%	18%
2	3%	0%	3%	5%	30%	32%	23%	18%	40%	45%
3	0%	5%	3%	5%	23%	36%	27%	18%	47%	36%
4	3%	0%	17%	18%	30%	27%	37%	23%	13%	32%
5	0%	5%	10%	9%	23%	14%	23%	36%	43%	36%
6	0%	5%	3%	9%	27%	36%	33%	23%	37%	27%
7	0%	0%	0%	5%	13%	0%	7%	18%	80%	77%
8	0%	0%	7%	0%	23%	9%	20%	18%	50%	73%
9	7%	0%	3%	0%	20%	9%	20%	23%	50%	68%
10	0%	5%	3%	0%	20%	0%	17%	18%	60%	77%
11	3%	5%	3%	0%	20%	18%	27%	32%	47%	45%
12	0%	0%	3%	0%	43%	27%	23%	32%	30%	41%
13	3%	0%	0%	5%	27%	14%	30%	32%	40%	50%
14	10%	0%	0%	5%	30%	36%	27%	9%	33%	50%
15	0%	0%	0%	5%	17%	27%	33%	23%	50%	45%
16	0%	0%	0%	0%	20%	23%	20%	23%	60%	55%
17	0%	0%	3%	0%	30%	36%	30%	27%	37%	36%
18	0%	0%	3%	0%	20%	18%	30%	27%	47%	55%
19	0%	0%	0%	0%	3%	0%	17%	14%	80%	86%
20	0%	0%	0%	5%	37%	23%	10%	27%	53%	45%

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

	1 Totalmente de acuerdo		2 De acuerdo		3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo		4 Parcialmente en desacuerdo		5 Totalmente en desacuerdo	
	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°	1°	4°
1	27%	14%	0%	21%	37%	29%	13%	14%	23%	21%
2	0%	0%	13%	0%	30%	36%	30%	7%	27%	57%
3	0%	0%	17%	7%	37%	36%	30%	7%	17%	50%
4	3%	0%	7%	14%	50%	29%	27%	29%	13%	29%
5	0%	0%	7%	7%	23%	14%	30%	7%	40%	71%
6	3%	7%	13%	0%	30%	29%	43%	36%	10%	29%
7	0%	0%	10%	0%	7%	7%	30%	14%	53%	79%
8	0%	0%	7%	0%	0%	36%	30%	7%	63%	57%
9	0%	0%	7%	0%	27%	29%	33%	21%	33%	50%
10	0%	0%	3%	7%	10%	29%	33%	14%	53%	50%
11	0%	0%	0%	14%	40%	14%	37%	29%	23%	43%
12	0%	0%	0%	0%	47%	50%	37%	14%	17%	36%
13	0%	0%	3%	0%	37%	29%	17%	21%	43%	50%
14	0%	0%	3%	14%	43%	21%	27%	29%	27%	36%
15	0%	0%	0%	7%	23%	7%	47%	36%	30%	50%
16	0%	0%	0%	0%	20%	21%	33%	14%	47%	64%
17	0%	0%	0%	7%	53%	29%	33%	36%	13%	29%
18	0%	0%	3%	14%	17%	7%	40%	21%	40%	57%
19	0%	0%	0%	0%	3%	7%	13%	0%	83%	93%
20	3%	0%	3%	14%	20%	7%	20%	14%	53%	64%

Tabla 3 Conjunto de tablas comparativas por ingenierías (propia).

Trabajo a futuro

Este trabajo es el inicio de un estudio longitudinal, por lo que es parte de un gran total de tres , los cuales como se comentó al inicio se desarrollarán cuando los estudiantes elementos de la muestra se encuentren al final de su carrera en la culminación de la misma en el octavo semestre (etapa final), por lo que se espera poder contar con la mayoría de los elementos originales que iniciaron este estudio Longitudinal , aunque debido a diversas causas como deserción, cambio de residencia, reprobación o enfermedad se prevé la disminución de la muestra original

Conclusiones

Como se pudo observar en la Tabla 2, referente a los resultados generales de este estudio, en la mayoría las veinte preguntas que contiene el instrumento validado presentan un promedio en las respuestas favorables hacia lo ético con excepción de la primera situación referente a evitar el pago del pasaje e la cual hubo un tendencia negativa, con respecto al análisis de las licenciaturas del I.T.O. se tuvo hallazgos importantes como, por ejemplo la Ing. Química presenta menos resultados negativos, en cambio la de Ing. Eléctrica, Informática y Gestión presentan algunas tendencias hacia lo no ético.

Es importante puntualizar que dentro de las aportaciones que se presentan al final son buscar en cada asignatura incluir aspectos de ética Incluir temas de área del saber en todas las asignaturas, seguir impartiendo la asignatura de Taller de Ética en el primer semestre y dar cursos o conferencias sobre el tema no solo en la semana de Ingenierías que se realiza habitualmente en el TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba en el segundo semestre del año, sino en todos los semestres, así mismo el impacto que tiene la asignatura mencionada en los jóvenes de nuevo ingreso a esta casa de estudios, adicionalmente se propone una campaña pro ética en las pantallas que hay en el instituto para dar anuncios, colocar lonas en los lugares establecidos para ellas que contengan anuncios pro ética y desarrollo de valores y por último colocar carteles en cada aula, laboratorio, oficina o taller en el que se motive a ser ético para tener así un recordatorio permanente de este elemento vital para la formación integral del estudiante del TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba.

Una gran aportación que se obtuvo en este estudio fue el de tener de nueva cuenta la segunda parte sobre la ética del TecNM Instituto Tecnológico de Orizaba y como tal, tiene muchas oportunidades de mejora pero lo importante es que ya se tiene un nuevo escalón en un estudio longitudinal que puede a esta casa de ,estudios coadyuvar a implementar nuevas estrategias para ayudar a los alumnos a que tomen conciencia de la ética y de que todas las acciones tienen consecuencias.

Agradecimientos

Un agradecimiento muy importante a los docentes que permitieron utilizar parte de su hora de clase y a los estudiantes que formaron parte de este estudio longitudinal en su etapa dos

Referencias

Aguirre Baztán Ángel, Psicología de la adolescencia, Editorial Alfaomega, Edición 1994. Pág. 275-276

Almerich, Gonzalo; Díaz-García, Isabel; Cebrián-Cifuentes, Sara & Suárez-Rodríguez Jesús (2018). Estructura dimensional de las competencias del siglo XXI en alumnado universitario de educación. RELIEVE, 24(1), art. 5. doi: http://doi.org/10.7203/relieve.24.1.12548

C. P. C. Zamorano García Enrique, La formación ética de las Universidades. Instituto Mexicano de Contadores Públicos, Primera edición 2010. Pág. 19-20-21-22-35-36.

Chávez, C.P. (2014). Ética. México, D.F: Grupo Editorial Patria S.A. de C.V.

Chávez, G.G., Bustos A. A., Infante, B. J., Benavides, M. B. (2015). Ética, sociedad y profesión. México: Grupo Editorial Patria S.A. de C.V.

Dirección General de Educación Superior Tecnológica (2012). Modelo Educativo para el siglo XXI: formación y desarrollo de competencias profesionales. Recuperado de: https://www.tecnm.mx/modeloeducativo/modeloeducativo.pdf

Ética Responsabilidad social y trasparencia, Dirección General de Institutos Tecnológicos, Pág. 21-22

Giner de los Ríos, F., (2008). El compromiso social de las universidades de América Latina y El Caribe. Revista Educación Superior y Sociedad: nueva época, Volumen (13), pp. 184

Instituto Internacional de la UNESCO para la educación superior en América Latina y el Caribe (2008).

Real Academia Española (2019). Diccionario de la lengua española. Madrid: Real Academia Española. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=H3y8Ijj|H3yay0R

Responsabilidad Social Universitaria: una nueva filosofía de gestión ética e inteligente para las universidades (13). Recuperado de: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000182170

Secretaría de Educación Pública (2019). Tecnológico Nacional de México. México: TecNM. Recuperado de: https://www.tecnm.mx/

TecNM (13 de diciembre de 2012). Modelo educativo del TecNM para el siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales. Obtenido de http://www.tecnm.mx/modeloeducativo/modeloeducativo.pdf

TecNM “Códigos de ética y de conducta de servidoras y servidores públicos federales del TecNM. (10 de abril de 2016). Tecnológico de Colima. Obtenido de https://itcolima.edu.mx/www/public/transparencia/Codigos_de_Etica_y_de_Conducta_TecNM.pdf

TECNM Tecnológico Nacional de México http://www.tecnm.mx/informacion/sistema-nacional-de-educacion-superior-tecnologica

UNIVERSIA. (03 de 02 de 2014). Las habilidades blandas. Obtenido de http://noticias.universia.cl/empleo/noticia/2014/02/03/1078831/habilidades-blandas-que-son-que-es-importante-desarrollarlas.html

Xarur, X. (2008). La reflexión sobre la responsabilidad social Universitaria –RSU- y su sentido para la educación superior en la sociedad latinoamericana y caribeña.. Revista Educación Superior y Sociedad: nueva época, Volumen (13), pp. 9

Zepahua et, al., Estudio Longitudinal sobre la ética Parte I en estudiantes del TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba diciembre 2018

Estrategias tutorales para disminuir la reprobación en la carrera de Sistemas Computacionales en el ITQ.

M. Espinosa Arreola[1], M.C. Frías Maldonado[2], M.E. Montes Almanza[2], M.L. Montes Almanza[2], N.L. Quintanar Servín[2]*

[1] Departamento de Desarrollo Académico, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico s/n, Col, Centro. C.P 76000, Querétaro., México.

[2]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Querétaro, 76000, Querétaro., México.

emontes@mail.itq.edu.mx

Área de participación: *Investigación Educativa*

Resumen

La reprobación en el instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ), ha aumentado de una manera preocupante observándose en consecuencia un incremento en el rezago y deserción de estudiantes; para poder enfrentar esta problemática, se han venido implementado diversas estrategias, que van desde la implementación de cursos propedéuticos y remediales, talleres de formación hasta asesorías académicas y entre pares, etc.

En este contexto, el programa de tutorías apoya el trabajo del docente, para detectar oportunamente las necesidades personales y académicas de los estudiantes, con el fin de generar estrategias que los ayuden a desarrollar hábitos de estudio, habilidades interpersonales que les sean útiles; no solo durante su trayectoria académica sino en su vida personal y profesional.

La finalidad de este trabajo es dar a conocer las estrategias de acción tutoral aplicadas en el ITQ para disminuir la reprobación en la licenciatura de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Palabras clave: *reprobación, deserción, estrategias, tutoría;*

Abstract

Failure at the Technological Institute of Querétaro (ITQ), has increased in a worrying manner, thus observing an increase in the lag and dropout of students; In order to deal with this problem, various strategies have been implemented, ranging from the implementation of pre-therapeutic and remedial courses, training workshops to academic and peer counseling, etc.

In this context, the tutoring program supports the work of the teacher, to detect in a timely manner the personal and academic needs of the students, in order to generate strategies that help them develop study habits, interpersonal skills that are useful to them; not only during his academic career but in his personal and professional life.

The purpose of this work is to publicize the strategies of tutoring applied in the ITQ to reduce the failure in the degree in Computer Systems Engineering.

Key words*: disapproval, defection, strategies, mentoring.*

Introducción

Actualmente la educación de nivel superior se enfrenta en su quehacer diario a retos o situaciones problemáticas, entre las que se encuentran la reprobación y la deserción; este fenómeno altera de manera importante las trayectorias académicas de los estudiantes, pudiendo retrasar su proceso académico o bien provocar el abandono de sus estudios (Corzo y Reyes,2017); por ello es importante determinar las causas y/ o factores que la provocan, en beneficio del proceso educativo en general (Durán y Díaz, 2012).

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Existen diversos estudios que abordan los posibles factores que inciden en la reprobación, o deserción; entre ellos el realizado por Cu (2005), que lo atribuye " *a una falta de orientación vocacional en el nivel medio superior, así como a una falta de promoción y difusión, específicamente de la licenciatura en la que se inscribieron*" (p.768), lo que ocasiona que los estudiantes no conozcan el plan de estudios, los perfiles de ingreso y egreso de la carrera que están cursando, generando con el paso del tiempo apatía por las materias y baja motivación hacia el estudio.

A su vez Talavera, Noreña y Plazola (2006) encontraron como factores de la reprobación "*aquellos relacionados con la organización del tiempo, la carencia de hábitos y técnicas de estudio adecuadas por parte del estudiante, así como de estrategias didácticas por parte de los docentes, que permitan una mejor comprensión de los contenidos temáticos y con ello hacer eficiente el proceso de enseñanza-aprendizaje*" (p. 2).

De igual manera los resultados del trabajo de Morales, García y Escalante (2009), arrojaron como primera causa de reprobación la ***falta de dedicación al estudio***, esto debido a que los estudiantes no asisten a las asesorías académicas con los docentes del área de conocimiento ni realizan ejercicios adicionales a los revisados en clase, y como causa secundaria, *la* ***organización académica*** por parte de los estudiantes, lo que implica que no tiene un control adecuado de la planificación del tiempo para organizar, priorizar y realizar todas sus actividades tanto personales, académicas como de esparcimiento.

Otro factor determinante para la reprobación de acuerdo González (2010) "*aludirá a los distintos componentes de la implicación que tiene el estudiante en la escuela, (habitualmente denominados dimensiones Conductual, Afectiva y Cognitiva)" (*p. 4); en este sentido la **dimensión conceptual** tiene que ver con las manifestaciones o actitudes de los estudiantes con respecto a su participación en las actividades escolares, mientras que la **dimensión afectiva** se centra principalmente en las manifestación de los sentimientos de pertenecía al entorno escolar que tiene el estudiante ya sean estos positivos y/o negativos, por último la **dimensión cognitiva** que se manifiesta con las estrategias metacognitivas que tiene o desarrolla el estudiante para autoregular su aprendizaje y mejorarlo.

Otro factor que incide en la reprobación es la **falta de motivación hacia el estudio**, según Velázquez y González (2017) cuando afirman "*que la falta de motivación del estudiante hacia el estudio representa un grave problema, pues es un factor que aumenta el riesgo de abandono*" (p. 8); es decir la motivación favorece la satisfacción que tiene el estudiante hacia el logro de objetivos académicos ya que percibe que su esfuerzo, no fue en vano y se siente en posibilidad de enfrentar nuevos retos.

La falta o el uso inadecuado de prácticas y/o técnicas de estudio que utilizan los estudiantes, es otro de los factores que se atribuyen a la reprobación; el estudio realizado por Choque y Zanga (2011) demostró que los hábitos de estudio se relacionan con el desempeño académico alcanzado por los estudiantes; debido a que favorecen el desarrollo de habilidades y/ o destrezas para utilizar técnicas o estrategias de estudio de acuerdo con el tipo de conocimiento a adquirir; facilitando en los estudiantes la adquisición de nuevos conocimientos (Villarroel & Loza, 2012).

Sin embargo, otros estudios como menciona Gómez, et al. (2014), atañen la reprobación en los curso de matemáticas, al ***acondicionamiento afectivo-destructivo*** de las potencialidades de los estudiantes por parte de los docentes; con actitudes prepotentes y déspotas provocándoles ansiedad e impactando en la motivación y autoestima del estudiante, otras veces; a la no correcta introducción de los conceptos por parte de los docentes y estrategias de enseñanza retrogradas.

En el Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ); el área con mayores índices de reprobación se encuentra en las materias de ciencias básicas, impactando de manera significativa la permanencia estudiantil, motivo por el cual desde el 2010 al 2016 se instituyó en la institución el Programa Institucional de Tutorías (PIT) donde se consideraba al Aprendizaje Académico Autorregulado como eje central del proceso tutorial, el cual consistió en generar en los estudiantes el desarrollo de habilidades cognitivas para favorecer la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades metacognitivas para supervisar su proceso de aprendizaje.
En año 2016, se realizo una actualización de la normatividad y para cumplir con los objetivos plasmados en el nuevo Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del TecNM; en la institución se implementaron

estrategias para orientar a los estudiantes, en el mejoramiento de su desempeño académico, en primera instancia se estableció en el Programa Institucional de Tutorías, tres fases de acción tutorial de acuerdo a las necesidades de los estudiantes:

I. Fase *de retención* que tiene como objetivo acompañar al estudiante en su adaptación al nuevo contexto educativo que implica exigencia y formas diferentes de trabajo al que están acostumbrados.
II. Fase 2 *de formación* se enfoca a promover el desarrollo integral del estudiante y reforzar sus habilidades de cognitivas y la formación de valores.
III. Fase 3 *de inserción al* ámbito l*abora*l que tiene el objetivo de preparar al estudiante en su transición de los últimos semestres de la carrera al mercado laboral.

Para el año 2017, se plantean nuevas estrategias como alternativas para apoyar al programa de tutorías que surgen como iniciativa de la coordinación del Programa Institucional de Tutorías del Departamento de Desarrollo Académico, las cuales se mencionan a continuación:

- El *programa Déjame Ayudarte*, Este programa incluye una plática de sensibilización para estudiantes de primer semestre en la que se les da a conocer, por un lado, las dificultades que han observado continuamente los profesores de las asignaturas con mayores índices de reprobación y deserción en el instituto, así como la importancia de generar buenos hábitos de estudio.
- El *programa* de *Zorro-Tutor* tiene como objetivo apoyar a los estudiantes de nuevo ingreso, a través del asesoramiento académico entre pares, con la finalidad de mejorar su rendimiento escolar y favorecer su permanencia en la institución.
- También se implementaron *talleres de Matemáticas y Química*, apoyados por algunos profesores de ciencias básicas y por los estudiantes del programa Zorro-Tutor.

Por otro lado, el Departamento de Sistemas y Computación con apoyo de la Coordinación Académica de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) se dio a la tarea de realizar un análisis de la currícula de la carrera previo al inicio del semestre, para identificar a los estudiantes en riesgo; esto significa aquellos estudiantes que tiene más de una materia reprobada o están cursando algún especial o que por su desempeño académico llevan pocas materias lo que se ve reflejado en un rezago en su retícula con el riesgo de no terminar en los doce semestres máximo como lo marca el lineamiento.

Sin embargo, determinar el nivel de efectividad del programa de tutorías ha sido complejo; no se han realizado estudios específicos para medir su eficacia en la disminución de los índices de reprobación y deserción de los estudiantes en la institución.

El objetivo está investigación es dar a conocer las estrategias tutoriales que se han implementado en el Instituto Tecnológico de Querétaro, y su impacto en la disminución de los índices de reprobación en los estudiantes que cursan la de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Departamento de Sistemas y Computación en el semestre Enero-Junio 2019.

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una investigación descriptiva, la población de estudio se conformo con un total de **209** estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales inscritos en el Programa Institucional de Tutorías en el periodo de Enero-Junio 2019, de los cuales se eligió una muestra de 166 estudiantes distribuidos en tres grupos de estudio:

a. Grupo 1, conformado por 70 estudiantes de 1er semestre.
b. Grupo 2, se conformó con 56 estudiantes de 2do semestre con una o más materias en repetición donde el porcentaje de reprobación más alto es en la materia de cálculo diferencial.
c. Grupo 3, se constituyó con 40 estudiantes de 3er y 4to semestre en **situación de riesgo** es decir, *aquellos estudiantes que están cursando por segunda ocasión una materia y/o están en un curso especial; y tienen una o más materias reprobadas.*

 ISSN 2007-8102

Para los grupos 2 y 3, se realizó un análisis curricular; encontrándose en el **grupo 2**, que el 80% de los 56 estudiantes que lo conforman tienen al menos un curso de repetición y el 65 % de estos están cursando la materia de cálculo diferencial por segunda vez, el 7% están repitiendo la materia de Matemáticas Discretas y el 8% la materia de Fundamentos de Programación; como se muestra a continuación:

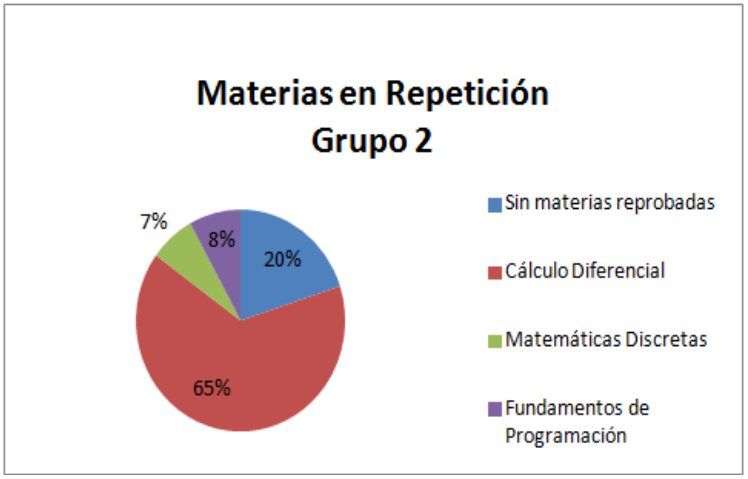


Figura 1. Porcentajes de estudiantes con materias en repetición

En el grupo 3 se encontró que el 81 % de los estudiantes de la muestra son irregulares, de estos el 68% están cursando al menos un especial, el 5% de ellos tienen dos especiales y el 8% de tienen 3 especiales; también encontró que además de esta situación, el 60 % de los alumnos irregulares tienen otras materias en repetición entre las que se encuentra álgebra lineal, probabilidad y estadística, contabilidad financiera; como se observa a continuación

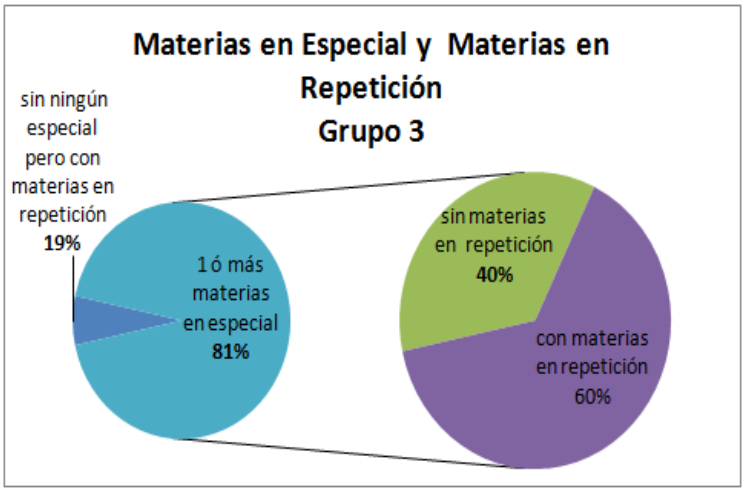


Figura 2. Porcentaje de estudiantes con materias en especial y con una o más materia en repetición

Posteriormente para los tres grupos de estudio, se realizó una evaluación para detectar las necesidades de cada uno de estos estudiantes; para el ***grupo I*** se aplicaron el cuestionario de datos generales, cuestionario sobre aspectos de salud, cuestionario sobre su situación económica, cuestionario sobre su situación académica, cuestionarios propuestos por los tutores de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales; el

cuestionario sobre técnicas y hábitos de estudio, el cuestionario de organización y motivación al estudio se tomaron del manual del tutorado diseñado por el TecNM.

Para los ***grupos 2 y 3*** además de los cuestionarios mencionados anteriormente, se aplico la **encuesta de diagnóstico aprendizaje de las matemáticas**, propuesto por algunos docentes tutores de la carrera de Sistemas Computacionales también se aplico el cuestionario de **escala de actitudes hacia las matemáticas**, propuesto por Auzmendi en 1992.

La encuesta de **diagnóstico de aprendizaje de las matemáticas**, consta de 31 preguntas que recogen información sobre las estrategias que utilizan los estudiantes para estudiar esta asignatura así como la percepción que tiene los estudiantes de las causas de reprobación así como la apreciación sobre la eficacia y calidad el proceso de enseñanza de los docentes que imparten ésta asignatura.

El test de **escala de actitudes hacia las matemáticas**; consta de 25 ítems, el cual se centra en la valoración afectiva que tiene el estudiante ante el aprendizaje de las matemáticas; a través del análisis de cinco factores, que según Flores y Auzmendi (2015) son: "*sentimiento de ansiedad y temor que el estudiante manifiesta hacia las matemáticas, agrado gusto por las matemáticas, utilidad de las matemáticas, motivación y confianza*" (p.7-8).

Para la recolección y análisis estadístico de la información se utilizo la página web "tutoriasitqsistemas", a la que se puede acceder a través de la liga electrónica https://www.tutoriasitqsistemas.com. Posteriormente con las necesidades detectadas de los estudiantes, se elaboró un programa de apoyo individual y grupal relacionado con el rendimiento académico, que incluye actividades para desarrollar estrategias y técnicas de estudio, análisis y planeación curricular, administración del tiempo así como el análisis FODA, también se aplico un cuestionario sobre su situación académica y se canalizaron a los programas de "Déjame Ayudarte" y "Zorro Tutores", etc.

Las estrategias antes mencionadas se llevaron a cabo y se les dio seguimiento a través del (PIT) de la siguiente manera: Al grupo 1 por medio *de la fase 1 de tutorías de retención; para los grupos 2 y 3 a través de la fase 2 de tutorías de formación,* también se estableció una encuesta para evaluar la pertinencia y satisfacción de los estudiantes en cada una de las estrategias implementadas en el programa de tutorías.

Resultados y discusión

Los resultados más relevantes de las encuestas aplicadas a los estudiantes del ***grupo 1*** de estudio sobre su situación económica, aspectos de salud y situación académica, fueron:

- Con respecto a la **situación económica,** el 71% de los encuestados estiman que su familia cuenta con recursos económicos suficientes para cubrir sus necesidades básicas y ocasionalmente darse un lujo, mientras que el 29% de ellos manifiesta contar recursos económicos que sólo cubren sus necesidades básicas.
- En relación al **aspecto de salud,** el 61% de los estudiantes encuestados manifestaron estar sanos; un 3% manifestaron estar frecuentemente enfermos y estar o haber recibido un tratamiento médico en los últimos meses.
- Con respecto a la **situación académica,** el 75% de los estudiantes tuvieron una calificación reprobatoria en la materia de cálculo diferencial y sólo el 25% de ellos una calificación aprobatoria.

Cabe señalar que ha este grupo, se *le asigno un zorro-tutor que les brindo asesoría grupal de cálculo diferencial durante todo el semestre*.

Por otro lado en las encuestas aplicadas a los estudiantes del ***grupo 2 y 3,*** se encontraron las siguientes problemáticas:

- El 80 % de los estudiantes manifestaron sufrir acoso por parte de ciertos compañeros, casi desde el inicio de carrera.
- Un 53 % manifestaron que en su ámbito familiar, al menos uno de sus familiares sufre de alcoholismo.

 ISSN 2007-8102

- Un 32% de los encuestados, manifestaron sufrir violencia en su entorno familiar.
- Con respecto a su **situación económica**, el 63% de los estudiantes encuestados estiman que su familia cuenta con recursos económicos para cubrir las necesidades básicas y ocasionalmente darse un lujo, mientras que el 37% manifestaron tener problemas económicos dado que sólo cuenta con recursos económicos que cubren sus necesidades básicas, por lo que tiene necesidad de trabajar.
- En relación al **aspecto de salud,** el 83% de los estudiantes encuestados manifestaron estar sanos; el 14.5% de los estudiantes manifestaron haber tenido enfermedades comunes y ocasionales y un 2.5% mencionaron encontrarse frecuentemente enfermos o haber o estar recibido un algún tratamiento médico, en los últimos meses.

Al aplicar la encuesta **escala de actitudes hacia las matemáticas,** se encontró que el 37% de los 96 estudiantes de los **grupos 2 y 3** sienten *afinidad por las matemáticas*, un 35% de ellos se mantuvieron neutrales y un 34% mencionaron *no tener ninguna afinidad con las matemáticas*; por otro lado, un 83.4% consideran que las matemáticas *son difíciles*, un 86.7% manifestó que las matemáticas *son aburridas*, un 43.4% consideran que *no tienen aplicación práctica*; los datos anteriores ponen de manifiesto una actitud negativa hacia las matemáticas, motivo por el cual los estudiantes tienden a minimizar su esfuerzo al realizar tareas y se dan rápidamente por vencidos, lo cual a su vez los lleva a abandonar las materias de matemáticas antes de terminar el semestre.

Mientras que al aplicar la **encuesta de diagnóstico sobre el aprendizaje de las matemáticas** en el rubro de ***causas de la reprobación***, se encontró que: el 28% de los estudiantes encuestados consideran como la principal causa de reprobación la *falta de conocimientos previos*, un 27% considera que es por *falta de habilidades matemáticas*, mientras que un 19% manifiesta que por *falta de interés en el estudio* y por último el 14% menciona que se debe a la *falta de tiempo para estudiar*, como se muestra en la siguiente figura:

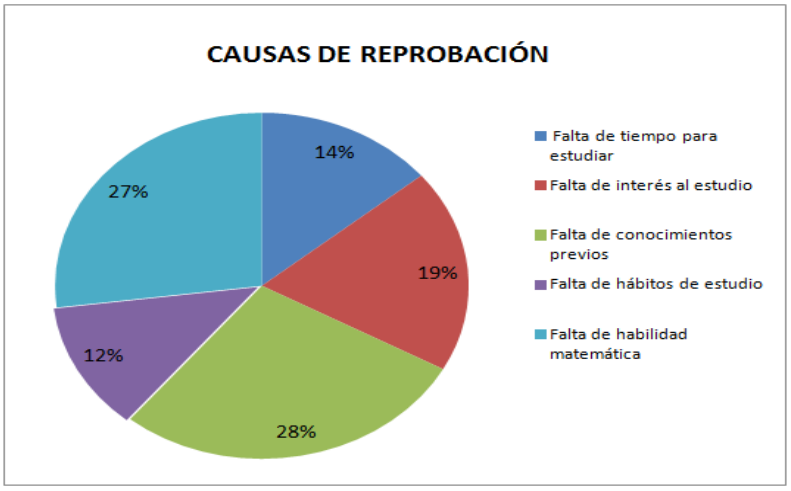


Figura 3. Causas de reprobación según la percepción de los estudiantes

En lo que respecta al rubro de **causas de la reprobación que son atribuibles a los docentes** el 33% de los encuestados consideran como causa principal a la *falta de retroalimentación del tema de estudio*, un 24% de lo atribuyen *a la forma de evaluar del docente*, un 19 % lo relacionan a las *actitudes negativas de los docentes*, un 16% lo atribuye falta de claridad al exponer el tema y por último el 8% de los encuestados considera que es por *falta de motivación del docente hacia los* estudiantes.

En relación a la asistencia al programa zorro tutores, se pudo constatar que el **grupo I** tuvo una asistencia del 85%, dado que se estableció el programa en un horario específico y se conto con el seguimiento personalizado de asistencia a la asesoría por parte del docente tutor; observándose que a partir de este asesoramiento en el segundo parcial, un 37% tuvieron una calificación aprobatoria y el 63% de los estudiantes tuvieron una calificación reprobatoria. Al finalizar el semestre se encontró que el 72% de los estudiantes tuvieron una

calificación final reprobatoria y sólo un 38% aprobaron el curso; cabe mencionar que este grupo tuvo porcentaje de deserción del 3%.

Por su parte, los datos de asistencia al *programa Zorro Tutor* del **grupo 2** conformado por 56 estudiantes, mostraron que sólo el 10% de los estudiantes asistieron a la asesoría de manera regular en los horarios establecidos, el 65% no acudió a asesoría con los zorro tutores y el resto que corresponde al 25% de la muestra manifestó asistir *a asesoría académica* de manera regular con un docente del área de ciencias básicas, observándose que al final el semestre del 65% de los estudiantes que cursaban la materia de cálculo diferencial por segunda vez; solo el 39% de ellos aprobó la materia y el 61% de ellos tuvo una calificación reprobatoria los que implica que el próximo semestre cursaran la materia de cálculo diferencial en curso especial.

En lo que respecta a la participación del **grupo 3** de este estudio al *programa zorro tutores*, se encontró que un 15% de los 40 estudiantes que conformaron la muestra asistieron al programa de manera regular; de los cuales sólo el 7% aprobó el curso especial de la materia de cálculo diferencial, mientras que de los estudiantes que cursaban más de una materia en repetición 13 de ellos lograron acreditar al menos una de las materias, lo que representa un 5% del total de la muestra.

Con respecto a la eficacia de las estrategias implementadas en *la fase II de tutoría* al ***grupo 3***, el 48.4% de los estudiantes manifestaron, que la asistencia al programa de tutorías les permitió tener un mayor conocimiento personal, y a su vez mejorar sus habilidades para afrontar situaciones problemáticas a nivel personal y académico; mientras que un 32% considera que les ayudo a mejorar sus hábitos de estudio y un 16.3 % manifestaron que a pesar de que las estrategias despertaron su interés, no se sintieron motivados para terminar con éxito el semestre.

Trabajo a futuro

Para lograr el objetivo de disminuir los índices de deserción y la reprobación en el instituto; es indispensable realizar un estudio a profundidad sobre el desempeño del nivel de matemáticas de los aspirantes a ingresar al (ITQ), con la finalidad de crear un curso propedéutico donde se aborden los conocimiento en los que se tiene un menor desempeño.

También es importante realizar una investigación sobre las estrategias de aprendizaje empleadas por los docentes del área de ciencias básicas y su impacto en la reprobación de los estudiantes, de igual manera es importante, desarrollar una investigación para conocer las habilidades para el razonamiento de las matemáticas que tienen los estudiantes así como conocer las estrategias que utilizan para la resolución de problemas en el área de la ingeniería, esto con la finalidad de establecer acciones para su fortalecimiento.

Conclusiones

Los resultados de las encuestas permitieron generar un perfil de los estudiantes, encontrándose que las principales dificultades a las que se enfrentan los estudiantes y a las que se atribuye su bajo rendimiento académico son: la *depresión, falta de motivación académica, mala planeación de sus actividades así como falta de conocimientos previos y del uso eficiente de técnicas de estudio.*

También se pudo constatar que con las estrategias implementadas en la acción tutorial, los estudiantes incrementaron sus habilidades para organizar su tiempo y mejorar sus técnicas de estudio, así como la metodología para la resolución de problemas. Sin embargo también se constato la necesidad de generar estrategias que hagan énfasis en la motivación, en la autoreflexión sobre lo que han aprendido y de cómo usaran ese conocimiento, así como enfatizar en la importancia de realizar grupos de estudio y fomentar el aprendizaje colaborativo.

De lo anterior se puede concluir que aunque el programa de tutoría ha realizado esfuerzos importantes para impactar en los indicadores de la reprobación, estos no han sido suficientes; por lo que se hace necesario, implementar programas o estrategias a nivel institucional para detectar a estudiantes con problemas académicos y canalizarlos oportunamente a donde corresponda esto con ayuda de División de Estudios Profesionales y el Departamento de Desarrollo Académico de la institución; también se sugiere impartir de

manera periódica cursos, talleres y/o pláticas sobre hábitos de estudio, técnicas de aprendizaje, comprensión lectora y razonamiento matemático, así como impartir talleres de matemáticas con carácter de obligatorio para los estudiantes.

Por último se propone crear espacios de análisis y reflexión de la práctica docente, con el objetivo de concientizar a los docentes del área de ciencias básicas de la importancia de su labor y corresponsabilidad con los resultados académicos de los estudiantes.

Referencias

1. Alvarado, I. R., Vega, Z., Cepeda, M. L. y Del Bosque, A. E. (2014). *Comparación de estrategias de estudio y autorregulación en universitarios*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 16(1), pp. 137-148. Recuperado de: http://redie.uabc.mx/vol16no1/contenido-alvarado-vegaetal.html
2. Choque, E y Zanga, M. (2011). *Técnicas de estudio y rendimiento académico.* Rev. de Inv. Sci. vol.1, n.1, pp.5-26. Recuperado de: hhttp://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-02292011000100002&lng=es&nrm=iso
3. Corzo, C. y Reyes, C. (2017). *Principales causas de reprobación de alumnos de los grupos de quinto semestre grupo seis y ocho de la escuela preparatoria número tres*. Boletín Científico. Publicación semestral Con-Ciencia No.7. Edo. Hidalgo. México.
4. Cu, G. (2005). *El impacto de la escuela de procedencia del nivel medio superior en el desempeño de los alumnos en el nivel universitario*. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 3* (1), 764-769. [En línea]. Recuperado de: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55130171
5. Durán, J.A., Díaz, G. (1990). Análisis de la deserción estudiantil en la Universidad Autónoma Metropolitana. Revista de la Educación Superior. Vol. 19 (74). Recuperado de http://publicaciones.anuies.mx/revista/74
6. Flores, O. y Arizmendi, E. (2015). Análisis de la estructura factorial de una escala de actitud hacia las matemáticas. Aula de encuentro: Revista de investigación y comunicación de experiencias educativas, Vol. 17, Nº 1, pp. 45-77. [En Línea]. Recuperado en : https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5704118
7. Gómez, R., Marmolejos, J. y Paulino, E. (2014). *Propuesta de estrategias que fomentan el aprendizaje y la solución de problemas en las ciencias básicas fortaleciendo la interpretación y aplicación del despeje, la sustitución numérica en ecuaciones y formulas, para los estudiantes del ciclo básico de la Universidad Autónoma de Santo Domingo*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires. Argentina.
8. González, M. T. (2010). *El alumno ante la escuela y su propio aprendizaje: Algunas líneas de investigación en torno al concepto de implicación*. REICE, 8, pp. 10–31. Recuperado de: http://www.redalyc.org/pdf/551/55115064002.pdf.
9. Martínez, J.A. (2011). *Auto-motivación y rendimiento académico en el espacio europeo de educación superior. Cuadernos de Educación y Desarrollo*. La Laguna: EUMED.
10. Morales, A., García, J., Escalante, E. (2009). *Causas de reprobación en los cursos de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán*. Ingeniería Revista Académica de la FI-UADY, Volumen 13 (3), pp. 45-51.
11. Talavera, R., Noreña, S. y Plazola, S. (2006). *Factores que afectan la reprobación en estudiantes de la Facultad de Contaduría y Administración, UABC, Unidad Tijuana*. VI. Congreso International Retos y expectativas de la universidad. Puebla, Puebla, México.
12. TecNM. (2015). *Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México*. SEP. México.
13. Velázquez, Y. y González, M. (2017). Factores asociados a la permanencia de estudiantes universitarios: caso UAMM-UAT. *Revista de la Educación Superior, XLVI (4)* (184). pp. 117-138. Recuperado de: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60454147007
14. Villarroel, K. y Losa, J.M. (2012). Hábitos de estudio y tiempo de permanencia en estudiantes de semestres inicial, intermedio y final de la Universidad Adventista de Bolivia, gestión 2011. Rev. Inv. Sci. vol.2, n.1, pp. 25-49. Recuperado de: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-02292012000100003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2313-022

Estrés tecnológico en los estudiantes universitarios.

S. A. R. Piña Granja[1], J. Escobedo Castro[2], F.J. Segura Mojica Francisco Javier[2], A. R. Garcés Rodríguez[1], M. E. Navarrete Sánchez[1]*
[1]Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de G. S, San Luis Potosí, México
[2]Departamento de Ciencias Económico Administrativo del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, 78437, Soledad de G. S, San Luis Potosí, México
**sergiopina.udeg@yahoo.com.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El problema a resolver en la presente investigación fué el nivel de estrés que causa el uso de las TIC en los estudiantes del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí ya que ellos utilizan plataformas educativas como los son Moodle y Mymathlab así como diversas redes sociales como WhatsApp, Facebook, Twitter, YouTube e Instagram. El objetivo fué analizar si existe diferencia significativa entre los estudiantes de las carreas de Ingeniería y los de Licenciatura a través de pruebas de hipótesis. Se presentan los resultados del análisis de valides y fiabilidad del cuestionario aplicado utilizando alfa de Cronbach y análisis factorial. Los valores obtenidos son de 0.88, superiores a 0.5 por lo que el instrumento como sus dimensiones son fiables. En cuanto a la prueba de hipótesis se muestra que no existe diferencia significativa entre el nivel de estrés entre las diversas carreras.

***Palabras clave**: TIC, estrés tecnológico, estudiantes.*

Abstract

The problem to be solved in this research was the level of stress caused by the use of TIC in students of the Technological Institute of San Luis Potosí since they use educational platforms such as Moodle and Mymathlab as well as various social networks such as WhatsApp, Faceboock, Twitter, YouTube and Instagram. The objective was to analyze whether there is a significant difference between the students of the Engineering and the Bachelor degrees through hypothesis tests. Valid analysis results and reliability of the questionnaire applied using Cronbach's alpha and factor analysis are presented. The values obtained are 0.88, greater than 0.5, so the instrument and its dimensions are reliable. Regarding the hypothesis test, it is shown that there is no significant difference between the levels of stress between the different careers.

***Key words:** TIC, technological stress, students.*

Introducción

Las instituciones enfocadas en el tratamiento de la Salud, como lo es la Organización Mundial de la Salud en estudios previos da como resultado que aproximadamente el 25% de los estudiantes presentan trastornos conductuales relacionados con las tecnología, principalmente por el frecuente uso de aplicaciones digitales. Los estudiantes de nivel medio superior y superior en México es la población más vulnerable a desarrollar los que algunos autores definen como estrés tecnológico.

Se partirá en definir lo que se denomina como estrés aquella reacción adaptativa del organismo ante las demandas de su medio cuando éstas se originan en el contexto de un proceso educativo, es frecuente referirse a los mecanismos de adaptación del sujeto en términos de estrés académico (Pulido, 2011). Los estudiantes llegan a presentar diversos síntomas o reacciones físicas, de conducta o cognitivas (Berrio, 2011). En relación a los efectos cognitivos un nivel elevado de estrés en el ámbito educativo se ve reflejado en baja energía e interés

por el aprendizaje, cansancio el cual se relaciona con horarios extensos de carga académica, en la alteración de sus reacciones y respuestas ante lo cotidiano, en el bajo aprovechamiento y calificaciones mínimas aprobatorias incluso en la inasistencia a clase o bien el abandono escolar (Reyes, 2012).

Se presentan efectos físicos como los son: pérdida o aumento considerable del apetito, cambios en la coloración de la piel y movimientos involuntarios en extremidades superiores e inferiores y movimientos oculares. Sintomatologías como dolores en diversas áreas del cuerpo, como los son cabeza, estómago, espalda así como inflamaciones. La elevación del sistema cardíaco.

Lo cierto es que el estrés escolar no puede verse desde una perspectiva individual sino desde una perspectiva en la que se incluyen una serie de variables familiares, sociales, escolares y tecnológicas.

Para las Instituciones de educación superior es de suma importancia conocer el nivel de estrés que ocasiona el rubro tecnológico ya que el incremento de la tecnología de la información se incrementa continuamente.

A nivel superior es relevante identificar y conocer los niveles de estrés porque esto conlleva en algunos casos a la depresión, enfermedades crónicas, cardiacas, fallas en el sistema inmunológico así como en desempeño académico y fracaso escolar. Se estima que el nivel de estrés que presenta un estudiante va en incremento en la misma proporción que el incremento en sistema escolar, es decir a mayor nivel educativo mayor nivel de estrés (Berrio, 2011).

Por lo tanto los estudiantes de las instituciones de educación superior presentan uno de los puntos más altos de estrés debido a que un porcentaje considerable de ellos se incorporan al mercado laboral, en caso de estudiantes foráneos se separan de su familia y es necesario adaptarse a un nuevo medio escolar aunado a ello se encuentran el uso continuo de redes sociales tanto en horas de clase, de trabajo y de descanso así como el uso de nuevas plataformas educativas.

Metodología

La investigación se realizó con un enfoque cuantitativo, un alcance descriptivo (Bernal, 2010) y se empleó un muestreo por racimos. En la evaluación del instrumento se utilizaron los siguientes análisis estadísticos:

1. Análisis mediante el alfa de Cronbach.
2. Análisis factorial.

El primer análisis se utilizó para medir el grado de confiabilidad del instrumento y el segundo para medir el grado de validez del mismo (Corral, 2009). En cuanto al muestreo se utilizó la base de datos de estudiantes inscritos al periodo enero- junio 2019 y se tomaron a 232 de ellos de acuerdo a las carreras y semestres que los docentes participantes atendieron frente a grupo. Así mismo se empleó el paquete estadístico XLSTAT para procesar los datos.

Posteriormente se realizaron los siguientes pasos:

1. Para realizar el estudio se seleccionaron los grupos de las carrearas tanto de Licenciatura como de Ingeniería de semestres 1 a 9 inscritos al semestre enero – junio 2019, de la totalidad de estudiantes se aplicó el cuestionario a 232 estudiantes.
2. Se realizó un estudio transversal donde se comparan varias variables en los grupos de Ingeniería con los grupos de Licenciatura para lo que se utilizó la prueba t de Student y la prueba Z para pruebas relacionadas con apoyo del paquete estadístico XLSTAT.
3. El cuestionario aplicado consta de cuatro partes, en la primera se realizan preguntas en relación a la actitud frente a las TIC, en la segunda considera aspectos de estrés laboral o escolar, la tercera los efectos en el uso de las TIC y la cuarta en relación al uso de redes sociales y TIC en la educación. El cuestionario consta de 59 reactivos tipo escala de Likert de cinco puntos.

Se compararon los elementos que se mencionan a continuación, estableciendo las siguientes hipótesis:

 ISSN 2007-8102

1. Existirá una diferencia significativa entre los estudiantes de las carreras de Ingeniería y los estudiantes de Licenciatura en cuanto a que si: el trabajo con TIC les hace sentir incómodo, irritable e impaciente.
2. Existirá una diferencia significativa entre los estudiantes de las carreras de Ingeniería y los estudiantes de Licenciatura en relación si: al término de trabajar con TIC se sienten agotados.
3. Existirá una diferencia significativa entre los estudiantes de las carreras de Ingeniería y los estudiantes de Licenciatura en el tema de: si les resulta difícil relajarse después de un día de trabajo utilizando las TIC.

Resultados

La tabla 1 muestra los resultados descriptivos obtenidos de los 232 estudiantes del periodo enero-junio 2019 de Licenciatura e Ingeniería; donde las categorías de la primera columna establecen lo siguiente: 1 completamente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 más o menos de acuerdo, 4 de acuerdo y 5 completamente de acuerdo. En esta podemos observar de la variable 6 que aproximadamente al 55% le resulta difícil relajarse después de un día de trabajo utilizando las TIC, de la misma forma un 75% indica que se siente agotado cuando termina de trabajar con el uso de TIC (variable 8), sin embargo caso contrario a la variable anterior, el 64% indica que el trabajo con TIC no le hace sentir incomodo irritable e impaciente derivado de la variable 15.

Tabla 1.Resultados de los estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos:			
Variable	Categorías	Frecuencias	%
6. Me resulta difícil relajarme después de un día de trabajo utilizando las TIC.	1	38	16.379
	2	66	28.448
	3	60	25.862
	4	52	22.414
	5	16	6.897
8. Cuando termino de trabajar con TIC, me siento agotado.	1	15	6.466
	2	43	18.534
	3	75	32.328
	4	63	27.155
	5	36	15.517
15. El trabajo con TIC me hace sentir incómodo, irritable e impaciente.	1	73	31.466
	2	74	31.897
	3	50	21.552
	4	18	7.759
	5	17	7.328

Los porcentajes descritos anteriormente los podemos visualizar en la figura 1, figura 2 y figura 3, respectivamente.

 ISSN 2007-8102

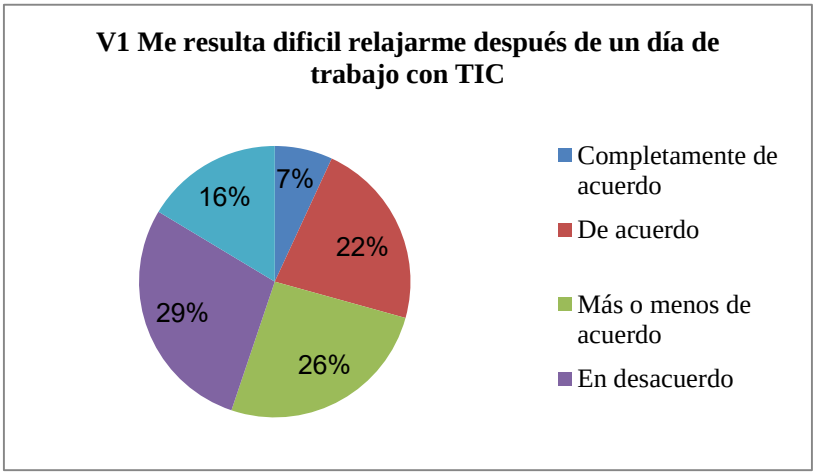


Figura 1. Gráfica de la variable 1

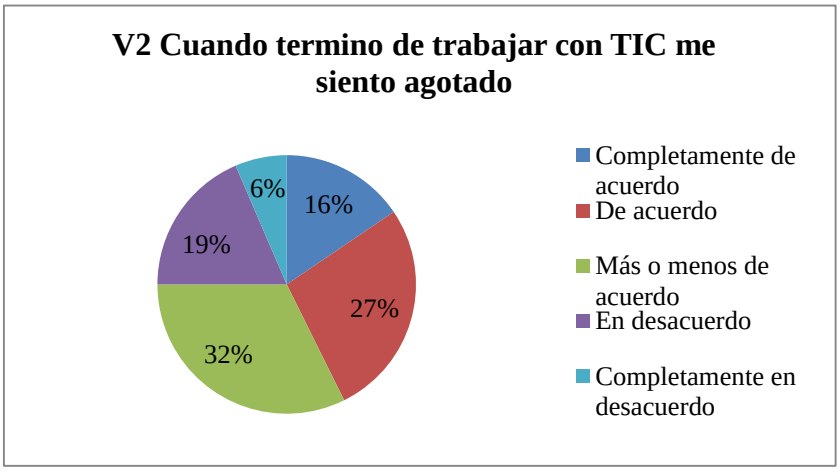


Figura 2. Gráfica de la variable 2

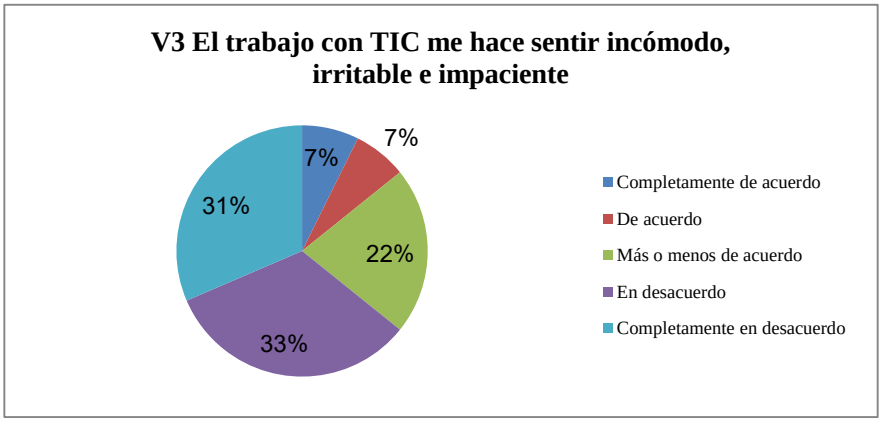


Figura 3. Gráfica de la variable 3

La connotación anterior no llevó a separar la variable 15 desde el punto de vista de Licenciatura e Ingeniería utilizando la t de Student para muestras relacionadas con un valor de α = 5%, observando los resultados en la tabla 2, 3 y 4.

Tabla 2. Comparación de variables

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
15. El trabajo con TIC me hace sentir incómodo, irritable e impaciente (carreras administrativas.	154	10	144	1.000	5.000	2.153	1.173
15. El trabajo con TIC me hace sentir incómodo, irritable e impaciente.(Ingenierías)	88	0	88	1.000	5.000	2.477	1.213

Tabla 3. Resultados de la prueba t de Student para muestras relacionadas.

	V1	V2	V3
Diferencia	-0.183	-0.100	-0.324
t (Valor observado)	-1.151	-0.657	-2.019
|t| (Valor crítico)	1.970	1.970	1.970
GL	230	230	230
valor-p (bilateral)	0.251	0.512	0.045
Alfa	0.05	0.05	0.05

Tabla 4. Comparación de pruebas

Variable\Prueba	z	t de Student
1	0.244	0.251
2	0.507	0.512
3	0.045	0.045

Lo que se interpreta de la siguiente manera:

Existirá una diferencia significativa entre los estudiantes de las carreras de Ingeniería y los estudiantes de Licenciatura en cuanto a que si: el trabajo con TIC les hace sentir incómodo, irritable e impaciente.

- Prueba z para dos muestras independientes / Prueba bilateral: Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%: -0.642119566049336, -0.00687033294056671. Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación alfa=0.05, se debe rechazar la hipótesis nula H_0, y aceptar la hipótesis alternativa H_a.

- Prueba t para dos muestras independientes / Prueba bilateral: Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%: -0.641208553687118, -0.00778134530278435. Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación alfa=0.05, se debe rechazar la hipótesis nula H_0, y aceptar la hipótesis alternativa H_a.

Existirá una diferencia significativa entre los estudiantes de las carreras de Ingeniería y los estudiantes de Licenciatura en relación si: al término de trabajar con TIC se sienten agotados.

- Prueba z para dos muestras independientes / Prueba bilateral: Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%: -0.396813625444751 0.196056049687171. Interpretación de la prueba: Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H_0.
- Prueba t para dos muestras independientes / Prueba bilateral: Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%: -0.401223385098702, 0.200465809341123, Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H_0.

Existirá una diferencia significativa entre los estudiantes de las carreras de Ingeniería y los estudiantes de Licenciatura en el tema de: si les resulta difícil relajarse después de un día de trabajo utilizando las TIC.

- Prueba z para dos muestras independientes / Prueba bilateral: Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:-0.490780840816911, 0.12461922465529. Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.
- Prueba t para dos muestras independientes / Prueba bilateral: Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:-0.496398127449812, 0.13023651128819. Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H_0

Trabajo a futuro

La investigación continúa ya que se compararán bajo el mismo tópico de estrés en estudiantes universitarios como lo son: como la cantidad de horas que pasan utilizando las TIC, el estrés que causa el no tener acceso a internet así como el hecho de sentirse aburridos con los amigos o familiares por no poder usar las TIC. Las actividades diseñadas son acordes en tiempo para que los estudiantes las desarrollen de manera adecuada.

Conclusiones

Los resultados mostrados en esta investigación apuntan a tres problemas específicos con el uso de las TIC en la población de estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí.

Se pudo observar que solamente un 45% se relaja fácilmente después de un día de trabajo utilizando las TIC, mientras que a un 55% le resulta difícil relajarse, interpretando una equiparidad entre ambas respuestas.

Un 75% indica que se siente agotado cuando termina de trabajar con el uso de TIC, mientras que un 25% se siente dispuesto cuando termina de trabajar con el uso de las TIC.

Sin embargo detectamos que el 64% indica que el trabajo con TIC no le hace sentir incomodo, irritable e impaciente con el trabajo de las TIC.

De acuerdo a los resultados se concluye que:

- No existe una diferencia significativa entre los estudiantes de Ingeniería y Licenciatura en relación si me resulta difícil relajarme después de un día de trabajo utilizando las TIC (valor p calculado mayor al nivel de significancia $\propto = 0.05$, t=-1.151, p=0.251).
- No existe una diferencia significativa entre los estudiantes de Ingeniería y Licenciatura en relación a cuando termino con TIC me siento agotado (valor p calculado mayor al nivel de significancia $\propto = 0.05$, t=-0.657, p=0.512).

- Existe una diferencia significativa entre los estudiantes de Ingeniería y Licenciatura en relación el trabajo con TIC me hace sentir incomodo, irritable e impaciente (valor p calculado menor al nivel de significancia $\propto = 0.05$, t=-2.019, p=0.045). Los estudiantes de ingeniería tienen un mayor nivel de ansiedad con el uso de las TIC en comparación con los estudiantes de Licenciatura, pues se aprecia que su promedio es mayor de 2.477 a 2.153 de Licenciatura.

Los autores concluyen que el uso de las TIC ofrece un potencial para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje tanto de alumnos como de profesores, han renovado la educación y la forma en la que aprenden los estudiantes. El uso de las TIC es una herramienta esencial para mejorar la calidad de la educación entre las diversidad estudiantil. Sin embargo uno de los principales obstáculos a la que se enfrentan estudiantes consiste en recursos didácticos acordes al contexto y necesidades de cada uno de ellos.

Debido a la gran cantidad de variables en la percepción cuantitativa y cualitativa del impacto en el estrés que puede tener el uso de las TIC en los estudiantes universitarios, como trabajo a futuro se revisará si las actividades propuestas por el profesorado son acordes y planeadas de manera educativa para que el estudiante pueda consolidar el proceso de aprendizaje de la mejor manera disminuyendo el estrés tecnológico.

Referencias

1. Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación (3a. Ed.). México: Pearson.7.
2. Berrio, N.; Mazo, R. (2011). Estrés Académico. Revista de Psicología, Universidad de Antoquia. Vol. 3. No. 2 (Versión electrónica).
3. Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Revista ciencias de la educación. 19 (33) 228-247.
4. Pulido M,; Serrano, M. (2011). Estrés académico en estudiantes universitarios. Revista de Psicología, Universidad de Antoquia. Vol. 3. No. 2 (Versión electrónica).
5. Reyes G.; Ibarra L. (2012), El estrés como un factor de riesgo en la salud; análisis diferencial entre docentes de universidades públicas y privadas. Recuperado de http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art78/index.html
6. UNESCO, (1998). *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción.* Obtenida el 15 de marzo de 2015, de http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm

Expectativas de ingreso al Instituto Tecnológico de Chilpancingo-TECNM: Estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales

E. Oropeza Bruno[1], V. Castro Chino[1], P. A. Leyva Alarcón[2], M. Córdoba Portillo[3], M. Hernández Hernández[3]*
[1] Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, 39090, Chilpancingo de los Bravo, Gro., México
[2] Departamento de Ciencias Económico-Administrativa, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, 39090 Chilpancingo de los Bravo, Gro., México
[3] Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, 39090 Chilpancingo de los Bravo, Gro., México
**e.oropeza.b@itchilpancingo.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Los estudiantes que ingresan a una carrera universitaria tienen expectativas de cómo se desarrollará el entorno académico en diferentes aspectos de su vida, tales como: familiar, laboral, con los docentes que les impartirán las asignaturas, trato de la institución educativa en áreas administrativas, entre otras. Se proyecta un ideal en cuanto al desarrollo profesional con la elección de la carrera y el beneficio económico que trae, en muchas ocasiones las expectativas formadas son ideales del entorno familiar, de la proyección de la institución educativa a la cual deciden ingresar; de la carrera elegida las expectativas están relacionadas con el desempeño profesional de los docentes.

Cuando las expectativas no se cubren, los estudiantes se manifiestan decepcionados impactando en el rendimiento académico y, como consecuencia, abandonan la escuela para buscar otras alternativas, ya sean académicas o laborales. En este trabajo destacamos las expectativas que el estudiante tiene al ingresar a la carrera.

Palabras Clave: estudiantes, motivos, expectativas, rendimiento

Abstract

Students entering a university career have expectations of how the academic environment will develop in different aspects of their lives, such as: family, work, with teachers who will teach them the subjects, treatment of the educational institution in administrative areas, between others. An ideal is projected in terms of professional development with the choice of career and the economic benefit that it brings, in many cases the expectations formed are ideal of the family environment, of the projection of the educational institution to which they decide to enter; in the chosen career, expectations are related to the professional performance of teachers.

When expectations are not met, student express disappointment impacting academic performance and, as a consequence, drop out of school to seek other alternatives, whether academic or work. In this work we highlight the expectations that the student has when entering the career.

Key words: students, motives, expectations, performance

Introducción

La educación superior ha evolucionado vertiginosamente en los últimos años, así como los cambios sucedidos en los contextos sociales (Rodríguez, 2010). Los estudiantes universitarios conforman la población más diversa, con nuevas necesidades que repercuten en su formación académica y, por

ende, todo lo que engloba la institución de la cual forman parte. La gran diversidad o heterogeneidad de estudiantes pone en relieve los siguientes aspectos en un aula de clase: se observa un alto porcentaje de estudiantes que migran de zonas más alejadas hacia las los centros urbanos con la intención de mejorar su calidad académica; el incremento de número de mujeres en los salones de clases; estudiantes que cumplen con dos funciones, estudiar y trabajar para solventar sus estudios, en muchos casos ya tienen una responsabilidad, ser el sostén de su familia, ya sea que tengan hijos o no, por lo tanto el estado civil de los estudiantes universitarios influye para que tengan un buen desempeño en las aulas; otros elementos que repercuten para el desarrollo integral de los mismos son: la incorporación a edades tardías (mayores de 20 años), la presencia de estudiantes con capacidades diferentes. En la actualidad es más frecuente todo lo anterior, lo que da lugar a un nuevo escenario universitario (Brunner & Uribe, 2007) (Beraza, 2002).

La mayoría de los estudios que se han realizado para identificar las causas del éxito o fracaso en los estudiantes que cursan el nivel de educación superior afirman que prevalecen los siguientes factores: personales, académicos y vocacionales. Como lo menciona (Pascarella, 1991) y (Terenzini & Pascarella, 1991) algunos de los problemas asociados a estos factores en estudiantes universitarios, puede llegar a afectar su aprendizaje; de hecho, los estudiantes con problemas personales son más propensos a tener bajo rendimiento y mayor índice de abandono. Por lo tanto, es importante identificar los factores y/o variables que intervienen en la culminación o deserción escolar, como punto inicial para el desarrollo de estrategias preventivas que debe considerar la institución educativa y con ello, impactar de manera positiva en la eficiencia terminal.

La elección de una carrera universitaria se puede deber a expectativas personales del entorno social, muchas veces, por sugerencias de amigos, o por el deseo de pertenecer a un gremio en particular. Aunque el hablar de estudiantes universitarios, es conveniente señalar, las cuestiones a las que los docentes se enfrentan. Para ahondar sobre las expectativas de los estudiantes universitarios, es preciso mencionar, con qué problemas se enfrentan los docentes con los estudiantes de nuevo ingreso, la mayor parte ingresa sin las capacidades necesarias para aprender autónomamente, manifestando importantes carencias en relación con su forma de aprender y con el control de las variables que intervienen en su aprendizaje. Los docentes a nivel universitario se quejan de la preparación académica de sus estudiantes de nuevo ingreso; sobre todo cuando se trata de las carreras que engloban las ingenierías; ya que el rendimiento del estudiante se ve afectado por la preparación que traen en la educación media superior y por consiguiente se ve reflejado en su rendimiento académico (Alcántara & Zorrilla, 2010).

Se tiene la percepción de que los estudiantes universitarios al estudiar una carrera centran su expectativa en la obtención de mayores beneficios económicos, preocupándose más en conseguir un puesto de trabajo al finalizar sus estudios y que sea bien remunerado; se puede decir que están más interesado en el campo de los negocios, la informática y la ingeniería; mientras que los programas académicos afines a las humanidades, las artes y las ciencias sociales tienen menor demanda académica. (López-Justicia, Hernández, Fernández Jiménez, Polo Sánchez, & Chacón López, 2008). Lo anterior indica, que es prioridad en el estudiante mejorar su calidad de vida a través del estudio de una carrera que le proporcione los recursos necesarios para lograrlo.

Muchas universidades están llevando a cabo en los últimos años actuaciones encaminadas a potenciar la adaptación del estudiantado de nuevo ingreso al ámbito universitario (Rojas, 2009), diseñando actividades específicas destinadas a tal objetivo, con el propósito de elevar la permanencia escolar poniéndole freno al abandono de estudios. El papel de las Instituciones de Educación Superior (IES) debe enfocarse en la preparación académica y socio-efectiva del estudiante de nuevo ingreso, así como atender a la totalidad de los aspectos educativos que contribuyen a un mayor aprendizaje del estudiante, abarcando tres dimensiones como lo indica (Sanz, 2001): la primera, académica o intelectual, para favorecer el rendimiento en la titulación; la segunda, personal y social, necesarias para el desarrollo de la vida diaria; y la tercera, la profesional, que permite al estudiante diseñarse un proyecto de vida independiente (Velázquez Narváez & González Medina, 2017).

 ISSN 2007-8102

Metodología

Participantes

El presente estudio se ha realizado con los estudiantes de nuevo ingreso a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Chilpancingo (ITCh) del semestre agosto - diciembre 2019. La institución educativa se ubica en el sureste de la República Mexicana, en el Estado de Guerrero. El contexto socioeconómico se considera medio y medio – bajo. Su economía se sustenta en los sectores primarios y secundarios de producción.

Instrumentos

El instrumento que se utilizó fue un cuestionario aplicado a 91 estudiantes de nuevo ingreso mediante las herramientas de google formularios (Montoya, Farran, & Catalá, 2016), se consideró una muestra con un nivel de confianza estadístico del 95%. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Muestreo aleatorio de estudiantes de nuevo ingreso a Ingeniería en Sistemas Computacionales

Población	Número de estudiantes
118* **N = 118**	91 n =91

Se aplicó la Ecuación 1 para calcular el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad \therefore \quad n = \frac{118}{1+118(0.05)^2} = 91 \tag{1}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra.
N = Tamaño poblacional.
e = error de la muestra.

Con un 95% de nivel de confianza, dando como resultado 91 estudiantes a los que se les aplicó la encuesta.

Variables

Esta investigación utiliza una metodología cualitativo-cuantitativo. El instrumento constó de diez preguntas de las cuales: nueve fueron de opción múltiple, considerando se eligiera una de las cuatro o cinco opciones de respuesta; la pregunta abierta tuvo la finalidad de conocer de manera autónoma la respuesta de los estudiantes de nuevo ingreso a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

El instrumento se organizó en dos secciones: en la primera se recolectaron datos personales como: género, edad aproximada, estado civil y situación laboral actual; en la segunda sección se formularon preguntas de opción múltiple para conocer los motivos y expectativas de elección de carrera, tales como:

- Motivos que le impulsaron para ingresar al Instituto Tecnológico de Chilpancingo.
- Motivo de la elección de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.
- Expectativas que tiene el estudiante de sus futuros docentes, de su carrera y de los servicios que ofrece la institución educativa.
- Factor que tiene mayor relevancia para cumplir sus expectativas: docentes, institución, carrera u otra.

Por último, como pregunta abierta se cuestionó ¿Qué sucedería con usted si no sé cumplieran sus expectativas?

 ISSN 2007-8102

Análisis de Datos

Para evitar suspicacias, definimos claramente los pasos y las pruebas estadísticas que utilizamos antes de comenzar el análisis. Al interpretar el instrumento utilizado, tenemos 10 reactivos (items), de los cuales el ultimo se tomó como referencia el análisis factorial, mismos que representan las variables del test. Una vez aplicado, interpretamos las respuestas.

Los resultados obtenidos se detallan en la siguiente sección, para esto, trabajamos al máximo la información generada por las respuestas a los reactivos (items) del test aplicado y no minimizamos ninguna variable en el análisis

Resultados

De los 91 estudiantes encuestados, se consideró analizar el género que prevalece en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITCh, como se puede observar en la *Figura 1*, la mayoría de estudiantes son hombres que corresponde a 67 estudiantes que representa al 73.6 %; mientras que las mujeres ocupan el 26.4 % de la muestra sujeta a estudio.

Para conocer la edad que prevalece en los estudiantes que van a ingresar a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se consideró solo tres rangos de edad con sus respectivos porcentajes: el 86.8 % de los estudiantes respondió tener entre 17 a 19 años que corresponde a 79 estudiantes; en tanto que, 12 estudiantes que corresponde al 13.2% mencionó tener de 20 años a más, y ningún estudiante mencionó tener menos de 17 años, ver *Figura 2*. Esto indica que la edad típica de ingreso a la educación superior es en la adolescencia tardía (entre los 17 a 19 años).

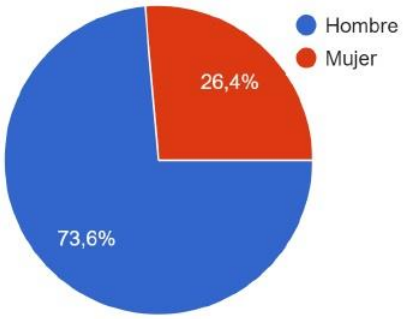


Figura 1. Género de los estudiantes de nuevo ingreso a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITCh, semestre agosto - diciembre 2019

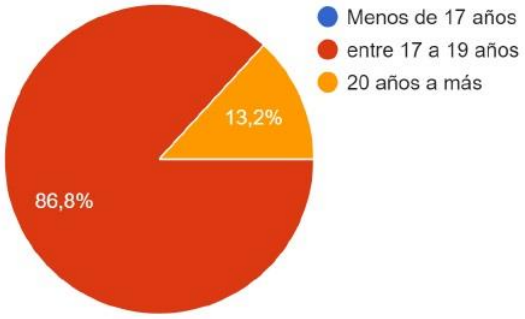


Figura 2. Edad promedio de los estudiantes de nuevo ingreso al ITCh

Uno de los factores importantes a considerar para el cumplimiento de las expectativas de los estudiantes en su desempeño académico, y que puede repercutir en gran medida con el tiempo destinado para realizar las actividades escolares, es su situación civil; por lo que se consideró los rubros de soltero, siendo éste el que tuvo el 96.7% que corresponde a 88 estudiantes; no así, el 3.3% en su conjunto, mencionaron respectivamente, estar casado, en unión libre o en otra situación. Así se refleja en la *Figura 3.*

Ligado a la situación civil de los estudiantes, un factor que puede afectar también al rendimiento escolar, ya sea por el cansancio, la demora en la entrega de las actividades, entre otras situaciones; es cuando el estudiante tiene que realizar otras actividades además de asistir a clases, para el caso, se mencionó la situación laboral actual. Los estudiantes que ingresaran en el semestre agosto – diciembre 2019, en la muestra contestó en un 70.3% que no trabaja, mientras que 29.7% que corresponde a 27 estudiantes mencionó que trabajan. Tal como se muestra en la *Figura 4*.

 ISSN 2007-8102

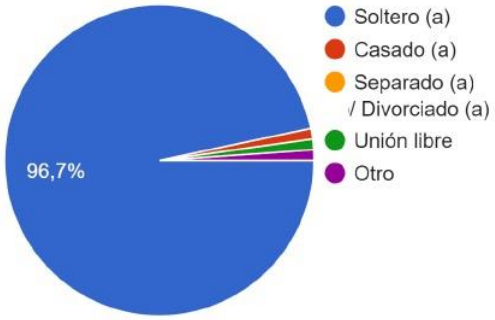


Figura 3. Estado civil de los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

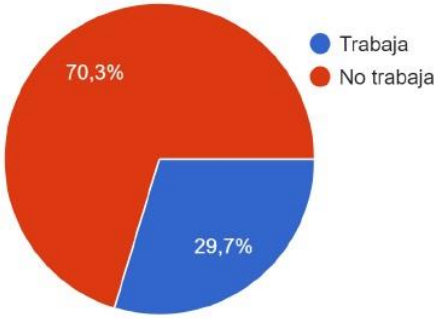


Figura 4. Situación laboral de los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Con relación a la pregunta ¿Cuáles fueron los motivos que le impulsaron para ingresar al Instituto Tecnológico de Chilpancingo? Los resultaron arrojaron que el 67% de la muestra de estudio que corresponde a 61 estudiantes, consideraron la calidad de la educación que se imparte en esta institución, mientras que la segunda respuesta que prevaleció con el 26.4% fue originada por el prestigio del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, con un 5.5% el motivo por el que ingresaron fue la infraestructura y equipo, y 1% mencionó que por la atención administrativa, mientras que por el costo de la carrera, para los estudiantes que contestaron no tuvo mayor relevancia, como se observa en la *Figura 5*. Esto indica que la percepción que tienen los estudiantes de nuevo ingreso respecto al ITCh es considerado con calidad educativa y de prestigio.

Con respecto a la pregunta ¿Cuáles son los motivos por los que eligió la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales? Se obtuvieron los siguientes resultados: el 67% de los estudiantes encuestados respondió que es una carrera de actualidad, mientras que el 31.9%, que corresponde a 29 estudiantes contesto que, por el nivel académico, el 1.1% mencionó que, por tradición familiar, en tanto que se dejaron otras opciones como: no tenía otra opción y por el horario de clases, tuvo respuesta nula, como se puede apreciar en la *Figura 6*.

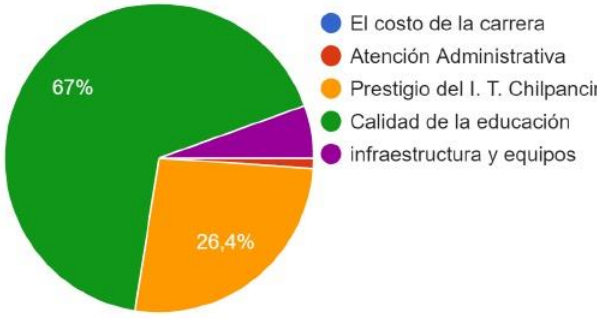


Figura 5. Principales motivos que le impulsaron a ingresar al ITCh

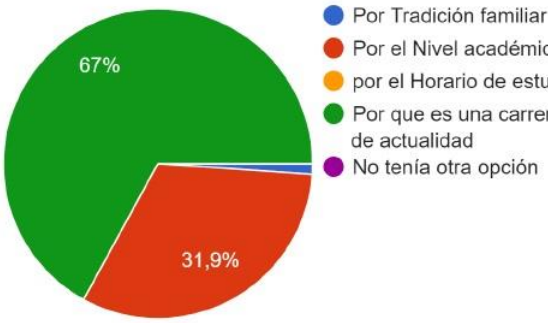


Figura 6. Principales motivos para ingresar a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Con respecto a las expectativas que tienen de los docentes, se les preguntó, ¿Cuáles son las expectativas hacia sus docentes?, considerando las alternativas con los porcentajes que a continuación se mencionan: los estudiantes esperan como gran expectativa que sus docentes sean empáticos con el 31.9% que corresponde a 29 universitarios, el 28.6% proyectan que sus docentes apliquen estrategias de enseñanza aprendizaje oportunos, mientras que el 26.4% mencionó que sus expectativas son más referentes a que sus docentes tengan formación profesional en el área, y el 9.9% señaló que esperan que sus docentes evalúen la asignatura de acuerdo con los criterios de evaluación establecidos en el inicio del curso, mientras que sólo el 3.3% esperan que tengan las competencias docentes, tal como se muestra en la *Figura 7*.

 ISSN 2007-8102

En lo referente a las expectativas sobre la elección de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, los estudiantes mencionaron en un 50.5% que está más relacionada con que se puedan realizar prácticas en campo o profesional lo que corresponde a 46 estudiantes, mientras que el 31.9% mencionó que sus expectativas van más enfocadas a que se tenga prestigio profesional, el 9.9% de los estudiantes se inclinan más por el prestigio económico, el 4.4% mencionó que la carrera les permita realizar estudios de maestría, mientras que el 3.3% ve proyectada sus expectativas de la carrera que le permita la movilidad académica, ver la *Figura 8*.

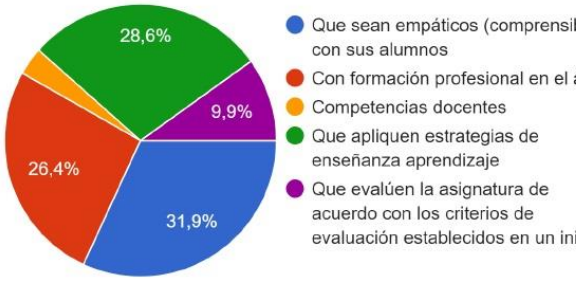


Figura 7. Las expectativas de los alumnos hacia los docentes

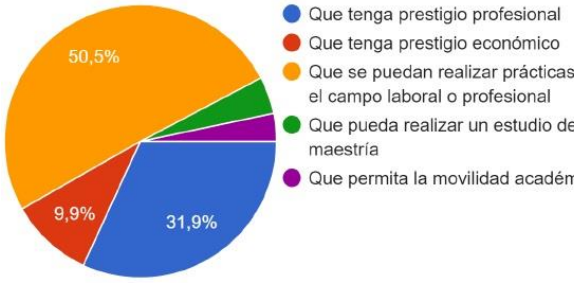


Figura 8. Expectativas sobre la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Uno de los factores importantes en el desarrollo integral de los estudiantes, son los servicios que se ofrecen en la institución, por lo que se les preguntó ¿Cuáles son sus expectativas de las actividades sobre los servicios que ofrece la institución? De las respuestas de opción múltiple propuestas se obtuvieron los siguientes resultados, los estudiantes esperan la calidad en la educación con el 67%, que se describe como: docentes certificados, con preparación académica; mientras que sus expectativas en infraestructura y equipo con un 16.5% es decir, con laboratorios, áreas de computo, entre otros; el 11% hizo referencia a la importancia de la vinculación con otras instituciones educativas para la realización de prácticas profesionales, la oportunidad de ingresar a la bolsa de trabajo; el 3.3% consideró importante la movilidad estudiantil, con relación a las actividades extraescolares no tuvieron mayor impacto, ya que se tuvo 2.2%, como se muestra en la *Figura 9.*

También se consideró oportuno sobre las expectativas de manera general, sobre que factor sería importante para el estudiante para culminar la carrera, entre ellas se consideraron: docentes, la institución, la carrera y otro. A continuación, se desglosan los porcentajes obtenidos, en un 65.9% el factor más importante para los jóvenes de nuevo ingreso, mencionaron que el factor más destacable es que la carrera de Ingeniería en Sistemas computacionales, mientras que el 25.3 % mencionó que el desarrollo del docente es una cuestión importante, en tanto, el 8.8% mencionó que la institución educativa es lo que destaca para que se cumplan sus expectativas. Ver *Figura 10*.



Figura 9. Expectativas sobre los servicios que ofrece el ITCh

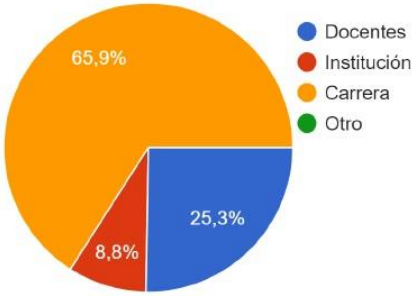


Figura 10. Factor más importante para que el estudiante culmine su carrera en el ITCh

De las preguntas abiertas para que el estudiante pudiera contestar libremente se consideró ¿Qué sucedería con usted si no sé cumplieran sus expectativas? En la *Tabla 2* se pueden observar las respuestas más frecuentes, se englobaron según la similitud, los estudiantes mencionaron que si no

se les cumple la expectativa sufrirían de decepción en un 27% de respuestas, mientras que otros mencionaron que lo verían como un área de oportunidad para ser más autodidactas con el 24%, también destaca que el 19% mencionó que cambiarían de escuela, si es que sus expectativas no se cumplen, y demás respuestas se pueden ver en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Representa la opinión de los estudiantes si no se cumplieran sus expectativas.

Respuesta	Número de estudiantes	Porcentaje
• Decepción	25	27%
• Buscar más información y ser más autodidacta	22	24%
• Cambiaría de escuela	17	19%
• Desertaría de la institución	8	9%
• No pasaría nada	5	5%
• Daría mis puntos de vista con los maestros para poder hacer que se cumplan esas expectativas	3	3%
• Tendría un mal desempeño académico	3	3%
• Aún no lo sé	3	3%
• Comenzaría a buscar empleo	2	2%

Discusión de resultados

Los resultados obtenidos muestran los aspectos más relevantes como expectativas que el estudiante considera al ingresar a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITCh, por lo que es importante poner atención en los motivos que impulsaron para ingresar a una carrera, entre la que destaca la calidad de la educación, para ello, se sugiere que la carrera se acredite por una casa acreditadora de la carrera, como lo es el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C., (CACEI). En cuanto a las expectativas que tienen hacia los docentes, señalaron que los docentes apliquen estrategias de enseñanza – aprendizaje adecuadas, para lo cual se requiere que la institución brinde capacitación periódica en estrategias de enseñanza – aprendizaje dirigida a los docentes que imparten clases en la carrera ya mencionada; también se requiere que los docentes cuenten con el perfil académico para impartir las materias asignadas por el departamento de Sistemas y Computación. Los estudiantes requieren que la carrera a la cual ingresan tenga oportunidad de realizar prácticas en el campo laboral o profesional, por lo que es necesario generar y difundir los convenios de colaboración con instituciones públicas y privadas en donde los estudiantes puedan desarrollar y aplicar sus conocimientos en el campo de actuación profesional.

Es necesario que se preste atención a los comentarios que emiten los estudiantes y buscar estrategias de enseñanza – aprendizaje que mejoren su desempeño académico de manera tal que impacte en la eficiencia terminal.

Trabajo a futuro

La intención del presente trabajo de investigación es plantear los datos obtenidos y trabajar en conjunto con el departamento de Sistemas y Computación para que se impulsen acciones señaladas por los estudiantes de nuevo ingreso y con ello, se sientan identificado con la carrera y con el Instituto Tecnológico de Chilpancingo.

Conclusiones

Los resultados del trabajo de investigación sobre los motivos y las expectativas de los estudiantes de nuevo ingreso a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales el semestre agosto – diciembre 2019 del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, destacan los siguientes aspectos: el impacto de la actividad docente, los servicios que ofrece la institución, las acciones que se realizan en la carrera para el impulso de los estudiantes y los egresados en la formación profesional.

De lo anterior, se sugiere trabajar de manera conjunta con la comunidad docente, directivos, administrativos, padres de familia y la sociedad, buscando con ello, fortalecer las acciones que influyan de manera positiva en el desempeño académico de los estudiantes, para generar un ambiente armónico y colaborativo en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

Agradecimientos

Se agradece a los docentes que apoyaron en la aplicación del cuestionario, a la academia de Sistemas y Computación, así como al Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Chilpancingo por las facilidades brindadas para realizar la presente investigación.

Referencias

Alcántara, A., & Zorrilla, J. F. (2010). Globalización y Educación Media Superior en México: En busca de la pertinencia curricular. *Perfiles educativos, 32*(127), 38--57.

Beraza, M. Á. (2002). *La enseñanza universitaria: el escenario y sus protagonistas* (Vol. 1). Narcea Ediciones.

Brunner, J. J., & Uribe, D. (2007). *Mercados universitarios: el nuevo escenario de la educación superior.* ediciones universidad Diego Portales Santiago.

López-Justicia, M. D., Hernández, C. M., Fernández Jiménez, C., Polo Sánchez, T., & Chacón López, H. (2008). Características formativas y socioafectivas del alumnado de nuevo ingreso en la Universidad. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology, 6*, 95-115. Obtenido de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=293121940006

Montoya, S. L., Farran, X. C., & Catalá, M. C. (2016). Análisis de herramientas gratuitas para el diseño de cuestionarios on-line. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(91--104), 91--104.

Pascarella, E. T. (1991). *How college affects students: Findings and insights from twenty years of research.* ERIC.

Rodríguez, A. B. (2010). Evolución de la Educación. *Pedagogía magna, 5*, 36--49.

Rojas, M. (2009). El abandono de los estudios: deserción y decepción de la juventud. *Hologramática, 4*(10), 75--94.

Sanz, R. (2001). *Orientación psicopedagógica y calidad educativa.* Pirmide.

Terenzini, P. T., & Pascarella, E. T. (1991). Twenty years of research on college students: Lessons for future research. (Springer, Ed.) *Research in Higher Education, 32*(1), 83--92.

Velázquez Narváez, Y., & González Medina, M. A. (2017). Factores asociados a la permanencia de estudiantes universitarios: caso UAMM-UAT. *Revista de la educación superior, 46*(184), 117--138. doi:10.1016/j.resu.2017.11.003

Deserción universitaria desde la percepción de los estudiantes de nuevo ingreso de Ingeniería Industrial

L. Fuentes Rosas[1], A.G. López Cabrera[2], L. Rojas Mora[3]*
[1,2,3] División de Estudios de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Prol. Av. Veracruz s/n, esq. Héroes de Puebla, Col. Pemex, C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México
**Liliana.fuentes@itstb.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El objetivo fue conocer la percepción de los estudiantes sobre su vida universitaria una vez transcurrido el primer año de su ingreso a la universidad. Se aplicó un instrumento, de 66 ítems con escala de Likert, a alumnos de la carrera de ingeniería industrial pertenecientes al Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, el instrumento mide la percepción de los estudiantes hacia seis variables: adaptación a la vida universitaria, ambiente afectivo, calidad de la docencia, ambiente físico, cumplimiento de expectativas de la carrera y expectativas del próximo año. Los resultados dieron a conocer que solamente el 20% de los estudiantes lograron adaptarse a la vida universitaria, poniendo de manifiesto que algunas de las causas de esta no adaptación está influenciada por la cantidad de contenidos tanto de algunas asignaturas como de clases, el horario de clases, la apatía por el aprendizaje y la afectación a la vida familiar.

***Palabras clave**: Deserción, percepción, carrera*

Abstract

The objective was to know the students' perception of their university life after the first year of entering the university. An instrument of 66 items with Likert scale was applied, students of the industrial engineering career belonging to the Higher Technological Institute of Tierra Blanca, the instrument measures the student's perception towards six variables: adaptation to university life, affective environment, quality of teaching, physical environment, fulfillment of career expectations and expectations of next year. The results obtained to know that only 20% of the students achieved certain university life, showing that some of the causes of this non-adaptation are influenced by the amount of content of both some subjects and classes, the schedule of classes, apathy for learning and affectation to family life.

***Key words**: Desertion, perception, career*

Introducción

El gran desafío que tiene la educación es la de proveer a cada estudiante la capacidad de encontrar su lugar no tan solo en la comunidad a la que pertenece sino en la sociedad en general, sin embargo, uno de los mayores problemas que aquejan al mundo actual es la exclusión, cada vez más severa en cantidad, de personas en la participación positiva en la vida educativa, económica, política y cultural (Unesco, 2003).

La educación superior tiene la imperiosa e insoslayable responsabilidad de lograr que los estudiantes permanezcan en sus estudios y se gradúen. Sin embargo, en el transitar de la vida académica algunos estudiantes claudican. La deserción universitaria es un problema grave de orden académico, institucional, personal y sociodemográficos (Tinto, 2002) porque no es solo el abandono definitivo de las aulas de clase es también el abandono de la formación académica (Páramo y Correa, 1999), además se considera un fracaso personal cuya marca permanecerá toda la vida (Gómez, 1998), es un proceso gradual de quebrantamiento de los vínculos sociales y simbólicos con significación económica, individual y social (Ramírez, 2002).

Varias investigaciones se han hecho al respecto de la deserción encontrando que el fenómeno puede ser explicado por los factores socioeconómicos, individuales, institucionales y académicos. Cabe hacer la aclaración que no hay estudios definitivos, es decir, no se tienen resultados concluyentes que den razón del porqué desertan los estudiantes, pero afortunadamente hay un bagaje importante de estudios que sirven de referentes para enfrentar la deserción, pues si bien es cierto que cada organización es distinta tanto por su contexto como por las personas que la integran es bueno saber que no se parte de cero.

En el caso de México, los pocos estudios sobre el comportamiento del fenómeno han encontrado que parecen existir causas que pueden identificarse como universales: las presiones económicas familiares y las dificultades de integración familiar, junto a ellas se agregan las relativas a la inadecuada orientación escolar (que muchas veces provoca una defectuosa elección profesional), la reprobación escolar reincidente, problemas de salud, la edad de ingreso, o bien el traslape de horarios estudios-trabajo (Rodríguez y Hernández, 2008).

Varios de los estudios que se han realizado parten de caracterizar la deserción en términos de capacidad de las organizaciones educativas para retener a los estudiantes, y en ese sentido establecen como problema de fondo la falta de integración al sistema universitario (Tinto, 1992). También colocan como foco problemático de la deserción en el bajo rendimiento escolar derivado de una limitada capacidad de estudiar y de existir problemáticas socioeconómicas familiares (Bean, 1982; SREB, 2000; Herrera, 1999; Langbeing y Zinder, 1999).

Algunos otros estudios, centran su atención en el estudiante como sujeto activo en la decisión tanto de la carrera como de la universidad una vez que ha permanecido en ellas por un tiempo de tal forma que su salida (deserción) se considera un resultado racional (Bean, 1982). También se ha sugerido que el sistema de aprendizaje y la relación maestro-alumno son factores decisivos para desertar o no desertar. (Páramo y Correa, 1999 y Osorio y Jaramillo, 2000, Pérez, 2001).

Con base en los estudios antes mencionados, la presente investigación corresponde a la primera fase de un estudio que pretende la elaboración de un predictor con lógica difusa que permita conocer las probabilidades de deserción de un estudiante para que con ello se realicen las adecuaciones pertinentes a fin de evitar el abandono. Cabe hacer mención que el estudio está enfocándose, principalmente, a las variables internas, es decir las variables que puede controlar el tecnológico, como la asignación de carga, horarios de clase, espacios físicos entre otros. En la primera etapa el objetivo es conocer la percepción del estudiante sobre su vida académica.

Metodología

Materiales

López et al (2006) diseñaron un instrumento de 66 ítems repartidos en seis variables cuyas características se muestran en la tabla 1. El instrumento mide las variables con una escala de Likert (Total desacuerdo (1); Desacuerdo (1); Indiferente (3); Acuerdo (4) y Total acuerdo (5)).

Tabla 1. Características del Instrumento de recolección de datos

Variables	Número de ítems	Mide
Adaptación a la vida universitaria	12	Percepción de la carga horaria Cantidad y dificultad de contenidos Adaptación a exigencias de la carrera Rendimiento académico Grado de dificultad Disponibilidad de tiempo para vida familiar y social Alteración del sueño
Ambiente afectivo en relación con sus pares y sus maestros	13	Actitudes favorables y desfavorables percibidas en los docentes y compañeros
Calidad de la docencia	13	Metodología docente Forma y contenido de los métodos de evaluación

 ISSN 2007-8102

Ambiente físico	10	Cantidad y condiciones de salas, servicios higiénicos, salas de estar, quioscos, biblioteca.
Cumplimiento de expectativas	14	Seguridad en su elección Concordancia entre contenidos e información previa sobre la carrera Razones por las cuales se matriculó en ella
Expectativas para el año siguiente	4	Cambio de carrera Posibilidades de continuar

Informantes clave

El instrumento se aplicó a estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca de la carrera de Ingeniería Industrial una vez transcurrido el primer año de su ingreso (2017-2018). El total de dicha población asciende a 85 estudiantes. Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula correspondiente a cuando se conoce el tamaño de la población que se muestra en la Figura 1.

$$\text{TAMAÑO DE LA MUESTRA} = \frac{N*(\alpha_c*0{,}5)^2}{1+(e^2*(N-1))} =$$

Figura 1. Fórmula para calcular el tamaño de la muestra
Fuente: Morales (2012)

Resultados y discusión

Estimación de la fiabilidad del instrumento de recolección de datos

Para comprobar la consistencia de los datos obtenidos con el instrumento de recolección se calculó el alfa de Cronbach (Tabla 2), cuyos resultados se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Cálculo de la fiabilidad del instrumento

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	**N de elementos**
.767	66

El resultado de .767 puede interpretarse estadísticamente con .8 y de acuerdo con George y Mallery (2003) y Nunnally (1967), un alfa de este valor es bueno. Lo que se traduce a que el instrumento es consistente con la población bajo estudio y los resultados fiables.

La tabla 3 muestra la distribución porcentual de estudiantes en cada variable. De dicha tabla se obtienen los siguientes resultados:

- Adaptación del estudiante a las exigencias de la vida universitaria, el 20% de los estudiantes logró adaptarse a la vida universitaria, 1 de cada 5 estudiantes. La mayoría presenta una adaptación insuficiente o no adaptado.
- Percepción del ambiente afectivo, el 71% de los estudiantes se ubicó en las categorías más altas. La mayoría tiene una percepción positiva del ambiente afectivo en el tecnológico.
- Ambiente físico, el 82% de los alumnos perciben el espacio físico favorable al estudio, aunque el 95% de los estudiantes perciben una necesidad de espacios que favorezcan el estudio de pequeños grupos.
- Calidad en la docencia, el 74% de los estudiantes perciben una percepción positiva hacia la calidad de la docencia.

 ISSN 2007-8102

- Cumplimiento de expectativas de la carrera, el 64% de los estudiantes percibieron que sus expectativas respecto a la carrera fueron positivas.
- Expectativas siguiente año, el 75% de los estudiantes de ingeniería industrial, después de su primer año universitario, manifiesta una expectativa positiva sobre su permanencia en la carrera.

Tabla 3. Distribución porcentual de estudiantes en cada variable, según nivel de puntajes. Escala de puntaje de cada variable.

Categorías	Muy altos percepción muy positiva	Altos percepción positiva c/reparos	Bajos percepción algo negativa	Muy bajos percepción totalmente negativa
Adaptación a la vida universitaria (escala 12/60)	0.06	0.14	0.44	0.36
Ambiente afectivo (escala 13/65)	0.29	0.42	0.23	0.06
Ambiente físico (escala 10/50)	0.29	0.53	0.11	0.07
Calidad en Docencia (escala 13/65)	0.26	0.48	0.17	0.09
Cumple expectativas respecto a la carrera (escala 13-65)	0.28	0.36	0.19	0.17
Expectativas año próximo (escala 5/20)	0.36	0.39	0.10	0.15

Distribución de estudiantes en cada componente de la variable "Adaptación a la vida universitaria"

Destaca la alta proporción de estudiantes que se siente agobiada por la cantidad de contenidos de algunas asignaturas al igual por los contenidos de clase; que consideran el horario de clase recargado, además de la apatía por el estudio y la afectación a la vida familiar y social que se ha presentado como consecuencia del ingreso a la universidad. Más de la mitad de los estudiantes manifestó que fue un año difícil (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de estudiantes en cada componente de la variable "Adaptación a la vida universitaria"

Componentes de la variable	Total de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	Desacuerdo	Total desacuerdo
22. La cantidad de contenidos de algunas asignaturas me hace sentir agobiado	0.39	0.44	0.13	0.04	0.00
23. La cantidad de contenidos que entregan en algunas clases son excesivos	0.31	0.44	0.13	0.09	0.03
28. Siento que algunos estudiantes muestran poco interés en aprender	0.20	0.47	0.17	0.12	0.04
31. El horario de clases está recargado	0.39	0.33	0.17	0.08	0.03
32. Me ha sido muy difícil adaptarme a las exigencias de la carrera	0.19	0.47	0.19	0.12	0.04
33. Siento que mi rendimiento habría sido mejor si me hubieran orientado cómo estudiar	0.20	0.41	0.21	0.16	0.01
38. Este primer año fue muy difícil para mi	0.17	0.40	0.24	0.15	0.04

 ISSN 2007-8102

43.Mi rendimiento es mejor con los trabajos de grupo	0.29	0.33	0.16	0.11	0.11
51. He logrado mi meta para este año	0.25	0.29	0.28	0.12	0.05
62. Desde que entré a la universidad tengo problemas para dormir en las noches	0.31	0.28	0.20	0.12	0.09
63. Desde que entré a la universidad he compartido menos con mi familia	0.41	0.25	0.09	0.13	0.11
64. desde que entré a la universidad siento que no tengo tiempo para compartir con mis amigos	0.41	0.21	0.16	0.11	0.11

Distribución de estudiantes en cada componente de la variable "Ambiente Afectivo".

La tabla 5 pone de manifiesto que, en general, se dieron buenas relaciones en ese primer año de universidad (el 88% entre compañeros y el 79% con los maestros); es también digno de resaltar que los alumnos perciben el acompañamiento de los maestros en su desempeño académico, la solidaridad y compromiso para con su aprendizaje. El ambiente afectivo puede considerarse como bueno para la inclusión de los alumnos de nuevo ingreso.

Tabla 5. Porcentaje de estudiantes en cada componente de la variable "Ambiente Afectivo"

Componentes de la variable	Total de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	Desacuerdo	Total desacuerdo
12. Siento que tengo que caerle bien al maestro	0.13	0.25	0.33	0.17	0.11
13. Los maestros nos descalifican con mucha frecuencia	0.04	0.24	0.39	0.19	0.15
19. Siento a los docentes muy lejanos	0.05	0.23	0.37	0.27	0.08
16. Esperaba docentes más humanos	0.08	0.33	0.32	0.17	0.09
15. Mis compañeros son indiferentes a mis dificultades de aprendizaje	0.05	0.20	0.29	0.33	0.12
17. Esperaba compañeros más humanos	0.09	0.28	0.25	0.24	0.13
14- Me he sentido solo en mis dificultades de aprendizaje	0.04	0.31	0.19	0.31	0.16
11. Los maestros te han ayudado a superar dificultades de aprendizaje	0.25	0.52	0.20	0.03	0.00
18. Los compañeros son solidarios con quienes tienen dificultades de aprendizaje	0.23	0.40	0.20	0.15	0.03
20. He logrado establecer buenas relaciones con mis compañeros	0.49	0.39	0.05	0.07	0.00
21. He logrado establecer buenas relaciones con mis docentes	0.25	0.53	0.17	0.03	0.01
65. En la universidad he encontrado amigos	0.48	0.27	0.17	0.04	0.04
66. La vida universitaria me ha hecho feliz	0.27	0.32	0.25	0.08	0.08

Distribución de estudiantes en cada componente de la variable "Calidad de la docencia".

El 71% de los alumnos refiere que hay congruencia entre los contenidos de los exámenes y lo visto en clase, y aunque refieren que el grado de dificultad está presente en ellos, consideran justas las evaluaciones. En cuanto a los trabajos, los estudiantes prefieren trabajos en equipo en el salón y gustan de una clase participativa. Ver Tabla 6.

 ISSN 2007-8102

Tabla 6. Porcentaje de estudiantes en cada componente de la variable "Calidad de la docencia"

Componentes de la variable	Total de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	Desacuerdo	Total desacuerdo
26. A la mayoría de los docentes solo le interesa que se acabe la clase	0.15	0.25	0.32	0.20	0.08
30. Algunos docentes se ven desmotivados durante la clase	0.11	0.31	0.31	0.16	0.12
34. Prefiero clase participativa	0.25	0.39	0.19	0.13	0.04
35. Prefiero clase expositiva	0.19	0.28	0.32	0.15	0.07
36. Prefiero los trabajos de grupo en el salón	0.28	0.37	0.21	0.07	0.07
37. Prefiero los trabajos de grupo para desarrollar fuera del salón	0.27	0.35	0.19	0.11	0.09
40. Los trabajos en laboratorio fueron relevantes para el aprendizaje de los contenidos	0.08	0.27	0.29	0.17	0.19
41.Me agrada que el maestro dicte su clase	0.13	0.35	0.29	0.12	0.11
42. Me agrada desarrollar guías de estudio	0.11	0.49	0.31	0.08	0.01
24. las formas de evaluación son justas	0.13	0.48	0.24	0.09	0.05
25. Las evaluaciones siempre tienen alto nivel de dificultad	0.20	0.44	0.25	0.09	0.01
27. Las preguntas de los exámenes concuerdan con los contenidos vistos en clase	0.29	0.41	0.20	0.09	0.00
61. El horario de clases estuvo mal distribuido	0.28	0.21	0.31	0.16	0.04

Distribución de estudiantes en cada componente de la variable "Ambiente físico".
En la tabla 7 se aprecia que casi la totalidad de los alumnos (95%) refieren que hacen falta salas de estar, espacios que favorezcan el estudio de grupos pequeños. En lo que respecta a la biblioteca, consideran que hay luz suficiente y también que cuenta con material suficiente. Los alumnos consideran que el número de aulas es suficiente. En términos generales, los estudiantes percibieron un ambiente físico favorable para el estudio.

Tabla 7. Porcentaje de estudiantes en cada componente de la variable "Ambiente físico"

Componentes de la variable	Total de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	Desacuerdo	Total desacuerdo
2. El número de aulas es suficiente	0.28	0.48	0.13	0.07	0.04
9. Las aulas no favorecen el trabajo de grupos pequeños	0.09	0.41	0.37	0.09	0.03
8. Deberían existir espacios físicos que favorezcan el trabajo de pequeños grupos	0.53	0.41	0.03	0.01	0.01
7. La biblioteca tiene luz y tranquilidad suficiente para estudiar allí	0.33	0.53	0.11	0.01	0.01
6. la biblioteca tiene material suficiente	0.13	0.57	0.21	0.05	0.03
3. Los lugares para alimentarse son suficientes	0.07	0.27	0.23	0.29	0.15
5. Los baños están en condiciones adecuadas para su uso	0.09	0.35	0.20	0.23	0.13
4. Los baños son suficientes	0.15	0.49	0.11	0.15	0.11
10. Siento que se necesitan salas de estar	0.56	0.39	0.03	0.01	0.01
1. El ambiente físico favorece el estudio	0.21	0.56	0.20	0.01	0.01

Distribución de estudiantes en cada componente de la variable "Cumplimiento de expectativas".
El 81% de los alumnos, durante este primer año de universidad han consolidado lo que hace un ingeniero industrial y es congruente con el conocimiento que al respecto tenían, además poco más de la mitad, 67%, siente vocación por la carrera. Ver tabla 8.

Tabla 8. Porcentaje de estudiantes en cada componente de la variable "Cumplimiento de expectativas"

Componentes de la variable	Total de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	Desacuerdo	Total desacuerdo
45. Cuando me inscribí estaba seguro de lo que quería	0.33	0.27	0.16	0.09	0.15
46. Elegí esta carrera porque creo que seré feliz	0.27	0.31	0.17	0.17	0.08
47. Siento vocación por esta carrera	0.32	0.35	0.20	0.07	0.07
55. Me inscribí en esta carrera porque no quedé en la que yo quería	0.08	0.20	0.15	0.24	0.33
56. Me inscribí en esta carrera porque no quería perder el año	0.20	0.19	0.11	0.21	0.29
53. lo que yo sabía sobre la carrera coincide con lo que encontré en la universidad	0.23	0.45	0.12	0.15	0.05
54. Me faltó información sobre lo que es la carrera	0.24	0.21	0.16	0.25	0.13
48. Los contenidos que vi este año no concuerdan con lo que yo esperaba	0.11	0.31	0.27	0.19	0.13
29. Algunas asignaturas de este año no tienen sentido para mi carrera	0.07	0.31	0.28	0.23	0.12
52. Este año he logrado darme cuenta lo que hace un profesional de mi área	0.29	0.52	0.11	0.03	0.05
44. Si tuviera oportunidad me cambiaría de carrera	0.27	0.16	0.09	0.17	0.31
50. La carrera debería incluir otros elementos para seleccionar a sus alumnos	0.20	0.33	0.17	0.20	0.09
39. Si me hubiera organizado mejor habría tenido un rendimiento más alto	0.44	0.39	0.12	0.05	0.00

Trabajo a futuro

Una vez obtenida la información precedente, el siguiente paso es la construcción de un predictor usando herramientas de inteligencia artificial (lógica difusa) que permita, con base en las respuestas a este instrumento de recolección, obtener la probabilidad de deserción que presenta el estudiante para así establecer las estrategias pertinentes a fin de mantenerlo dentro del tecnológico hasta que se gradúe. También es recomendable que el presente trabajo se replique en otras instituciones a fin de robustecer la investigación.

Conclusiones

El estudio reveló que, solamente, 1 de cada 5 estudiantes logró el estatus de adaptado. La mayoría de los estudiantes refirieron desfavorable la carga de trabajo que asocian con las asignaturas y clases, también el horario de clase lo encuentran sobrecargado. Hallazgos como los anteriores, dan pauta a la revisión en debate sano de la retícula y programas de estudio en aras de ofrecer alternativas para la mejor adaptación de los estudiantes de nuevo ingreso. Referente al ambiente físico, los alumnos de ingeniería industrial lo perciben propicio para el estudio, sin embargo, demandan espacios para trabajar en equipos pequeños. En cuanto al ambiente afectivo, la mayoría de los alumnos lo refieren como positivo tanto por las buenas relaciones que han logrado establecer con sus pares como con los maestros. Importante de destacar es la felicidad que los alumnos refieren en esta variable.

La calidad en la docencia también estuvo marcada por una percepción positiva, sobre todo la congruencia que los alumnos perciben entre los exámenes y lo abordado en clase y aunque perciben un alto grado de dificultad en los exámenes, consideran justa la forma de evaluación. La variable de expectativas de la carrera también denota una congruencia entre lo que esperaban los alumnos de la carrera y lo que es, más de la mitad de los estudiantes manifiesta vocación por la ingeniería industrial. Pocos son los alumnos que han considerado cambiarse de carrera. Se recomienda ampliamente a las autoridades educativas que presten atención a las situaciones en donde los alumnos no tienen una percepción positiva, no solamente por el afán de querer brindar un servicio de calidad (razón muy justa) sino por la vocación noble de las organizaciones de educación que consiste en formar mejores seres humanos. Se recomienda extender el estudio a otras carreras del tecnológico con el afán de contrastar resultados y proponer mejores alternativas considerando el universo de estudiantes. Acciones como las de esta investigación demuestran la preocupación y compromiso de las organizaciones educativas por mantener a sus estudiantes activos en las aulas de clase y lograr que obtengan la titulación en las carreras que cursan,

Referencias

1. Bean, John P. (1980). Dropouts and Turnover: The synthesis and Test of a Causal Model of Student Attrition. Research in Higher Education, 12 (2).
2. George, D. y Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A Simple Guide and Reference. 11.0 Update (4.ª ed.). Boston: Allyn & Bacon.
3. Gómez, H, (1998). Educación: la agenda del siglo XXI: hacia un desarrollo humano. Bogotá: Tercer Mundo.
4. Herrera, M. (1999). Fracaso escolar, códigos y disciplina: una aproximación etnográfica. En Última Década N° 10. Viña del Mar: Ediciones CIDPA.
5. Langbein, Laura I. y Kevin Zinder. (1999). The impact of teaching on retention: some quantitative evidence. Social Science Quarterly, 80 (3).
6. López, I., Vivanco, Z. y Mandiola, E. (2006). Students perceptions about their first year at the university. University of Chile. Faculty of Medicine. Educación médica, 9(3): 127-133.
7. Morales, P. (2012), Estadística aplicada a las Ciencias Sociales. España: Universidad Pontificia Comillas.
8. Nunnally, J. (1967). Psychometric theory. New York: McGraw Hill.
9. Osorio, A. y Jaramillo, C. (2000). Deserción universitaria en los programas de pregrado de la universidad EAFIT. Revista Universidad EAFIT.
10. Páramo, G. y Correa, C. (1999). Deserción estudiantil universitaria. Conceptualización. Revista Universidad de Eafit, 35(114), 66-78.
11. Pérez, L. (2001). Los factores socioeconómicos que inciden en el rezago y la deserción escolar. En Chain Revueltas, Ragueb (comp.), Deserción, rezago y eficiencia terminal en las IES. México: ANUIES.
12. Ramírez, L. (2002). Reflexiones sobre la deserción y la mortalidad estudiantil en las universidades colombianas: un debate necesario. Educación y Educadores, 5, 21-38.
13. Rodríguez, J. y Hernández, J. (2008). La deserción escolar universitaria en México. La experiencia de la Universidad Autónoma Metropolitana campus Iztapalapa. Actualidades Investigativas en Educación, 8(1), 1-30.
14. Southern Regional Education Board - SREB. (2000), Reducing dropout rates. SREB Educational Benchmarks 2000 Series. Recuperado de www.sreb.org
15. Tinto, V. (2002). Research and practice of student retention: What next? Journal College Student Retention, 8(1), 1-19.
16. Tinto, V. y Giovagnoli (2002). Epilogue: Moving from Theory to Action. En Toro, J. y Parra, D. (Eds.), Metodología de la investigación. Medellín: inédito.
17. Unesco (2003). Superar la exclusión planteamientos integradores en la educación. París: autor

Comparativo de la percepción de alumnos universitarios relativa al aprendizaje de sus asignaturas de programación

D. Fragoso Porras[1], C. Zepeda Cortés[1], J. L. Carballido Carranza[1], A. P. Cervantes Marqués[1], H. Castillo Zacatelco[1]*

[1] Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 14 Sur, Ciudad Universitaria, C.P. 72592, Puebla Pue., México

**davidfragoso14@gmail.com*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En este artículo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de una encuesta a los alumnos de la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FCC-BUAP), en esta encuesta se obtiene información socio académica, así como la percepción que tienen los alumnos de las asignaturas del área de programación que ha cursado. Esta encuesta fue aplicada a 594 alumnos de la FCCBUAP, en donde el 55.72% de los alumnos encuestados mencionó que ha reprobado al menos una asignatura del área de programación, por lo tanto, este trabajo busca conocer cuáles son las percepciones que tienen los alumnos de las asignaturas del área de programación, así como conocer las diferencias existentes entre los estudiantes en función de su promedio académico.

***Palabras clave**: análisis, percepciones, promedio.*

Abstract

This article presents the results obtained from the application of a survey to the students of the Faculty of Computer Science of the Benemerita Autonomous University of Puebla (FCC-BUAP); in this survey socioacademic information is obtained, as well as the students´ perception on the subjects of the programming area they have taken. This survey was applied to 594 students of the FCC-BUAP, where 55.72% of the students surveyed mentioned that they have failed at least one subject in the programming area, therefore, this work seeks to know what the perceptions students have on the subjects of the programming area are, as well as the differences among students according to their academic average.

***Key words**: analysis, perceptions, average.*

Introducción

El fenómeno de la reprobación no es algo que solamente afecte a la FCC-BUAP, el fracaso escolar masivo sigue siendo uno de los problemas más preocupantes en la mayoría de los países del planeta, desde los europeos hasta los de América Latina (Vidales, 2009). El proceso de aprendizaje es una tarea compleja en el cual interfieren diversos factores de índole individual, familiar, social, material y cultural los cuales pueden reforzar o afectan este proceso (Espínola, 2019). El problema de la reprobación no solamente se limita en que el alumno no sea capaz de acreditar una asignatura y por secuencia, tendrá que repetirla en el periodo siguiente, sino que esta situación es percibida por el alumno como un fracaso y en caso de continuar reprobando eventualmente el alumno verá como una opción el abandonar o desertar de la carrera que se encuentra estudiando (Carranza Sotelo, 2018).

El aprender a programar es una habilidad dura, la cual involucra tener el conocimiento en determinados procesos, técnicas y herramientas propias del área y solamente se pueden adquirir y desarrollar por medio de la formación, capacitación y entrenamiento. La programación es una habilidad difícil de adquirir, que se aprende mejor con la práctica y que será más efectiva si la práctica es autodirigida (Beltrán, Sánchez, & Rico, 2015).

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

La Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FCC-BUAP) cuenta con una población cercana a los 2800 alumnos inscritos, de los cuales 594 fueron encuestados durante Primavera del 2019, el 55.72% de los alumnos encuestados mencionó que en algún momento de su estancia en la FCC-BUAP han reprobado alguna asignatura del área de programación.

El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los estudiantes. De forma general, la encuesta busca saber en qué etapa de estudios y en qué carrera se encuentra el alumno, conocer su edad, si trabaja o no, así como su promedio académico, y la forma en que se desenvuelve en las asignaturas del área de la programación. Para llevar a cabo el análisis de los resultados de la encuesta, se dividió el total de las respuestas de la encuesta en cuatro grupos: el grupo D está integrado por los estudiantes que tiene un promedio entre 6.00 a 6.99, el grupo C por los estudiantes con un promedio entre 7.00 a 7.99, el grupo B por alumnos con promedio 8.00 a 8.99 y el grupo A por alumnos que tienen un promedio entre 9.00 y 10.00.

La encuesta cuenta con un total de 20 preguntas de diferentes tipos (opción simple, múltiple y abiertas); la primera columna de la Tabla 1 muestra las preguntas de la encuesta y la segunda columna de la misma tabla muestra las opciones de respuesta de la encuesta.

Finalmente, debemos decir que el ingreso de estudiantes a partir del año 2016 se dividió en dos etapas: otoño y primavera (que en este documento nos referiremos de la siguiente manera a los años de ingreso, ejemplo usaremos 2016.0 para un alumno que ingresó en otoño y 2016.5 para un alumno que ingresó en enero).

Preguntas	**Opciones de respuesta**
¿Carrera?	Elegir: LCC, ICC, o ITI.
¿Edad?	Número entre 15 y 99
¿Qué matrícula eres?	Elegir: 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 , 2016.5, 2017 , 2017.5, 2018 ó 2018.5
¿Cuatrimestre?	Número entre 1 y 10
¿Eres foráneo?	Si / No
¿Cuál es tu promedio?	Número entre 5.0 y 10.0
¿Trabajas?	Si / No
¿Porcentaje actual de la carrera?	Número entre 0 y 100
1. Antes de codificar tus programas, ¿cuáles técnicas de análisis y diseño utilizas?	Elegir: Ninguno, Pseudocódigo, Diagrama de clases, Casos de uso, Diagrama de secuencia, Diagrama de flujo, u Otros.
2. Selecciona los temas de programación que manejas:	Elegir: Programación modular, Paso de parámetros, Listas ligadas, Manejo de archivos, Recursividad, Estructuras de datos, Llamadas al sistema, u Otros.
3. Selecciona los paradigmas de programación que manejas:	Elegir: Desconozco que significa paradigma, POO, Concurrente, Funcional, Lógica, Estructurada, o Paralela.
4. ¿Qué lenguaje prefieres?	Elegir: C/ C++, C#, Java u otro.
5. ¿Porcentaje de domino?	Número entre 0 y 100.
6. ¿Haces pruebas de escritorio a tus programas?	Elegir: Nunca, Casi nunca, A veces, Casi siempre, o Siempre.

7. ¿Usas algún software para hacer las pruebas de escritorio?	Elegir: Nunca, Casi nunca, A veces, Casi siempre, o Siempre.
8. ¿Cuándo estas codificando un programa y se te presenta una dificultad por desconocimiento del lenguaje de programación, ¿qué haces?	Elegir: Nada, manuales, libro, tutoriales, foros, curso en línea, asesoría con profesor, asesoría con amigo, programas ya hechos, u Otro.
9. ¿Cuántas horas a la semana, en promedio, le dedicas al estudio de tus materias de programación?	Número entre 0 y 30.
10. En el área de programación ¿cuántas materias has recursado?	Número entre 0 y 10.
11. En el área de programación ¿cuál es el número máximo de veces que has cursado una misma materia?	Número entre 0 y 10.
12. ¿Te gusta programar?	Elegir: Demasiado, Mucho, Regular, Poco, o Nada.

Tabla 1. Encuesta aplicada a los Alumnos de la FCC-BUAP de las Licenciatura en Ciencias de la Computación (LCC), Ingeniería en Ciencias de la Computación (ICC), Ingeniería en Tecnologías de la Información (ITI).

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de las preguntas correspondientes al análisis socio académico, esta tabla cuenta con 6 columnas, la primera columna muestra la pregunta de la encuesta a la cual se hace referencia, la segunda muestra las opciones de respuesta de la pregunta y finalmente las ultimas cuatro columnas presentan a cada uno de los grupos en que hemos segmentado a los alumnos en función de su calificación promedio, adicionalmente en estas columnas encontraremos dos datos, en primer lugar el número de alumnos que seleccionaron dicha opción como respuesta; el segundo dato, que está entre paréntesis, corresponde al porcentaje de alumnos con respecto al número total de alumnos de su grupo.

El renglón de la pregunta 1 en la Tabla 2 se refiere al porcentaje de alumnos que se pertenecen a cada uno de los grupos en los que se ha segmentado a los alumnos para este análisis, podemos ver que 363 alumnos (61.11% con respecto al total de alumnos encuestados) pertenecen a grupo B con un promedio entre (8.0 y 8.99), seguido por el Grupo A con 183 alumnos (30.80% con respecto al total de alumnos encuestados) que cuentan con un promedio entre 9.0 y 10.0, posteriormente encontramos al Grupo C con 45 alumnos (7.57% con respecto a total de alumnos encuestados) que cuentan con un promedio entre 7.0 y 7.99, finalmente, encontramos el grupo D con 3 alumnos (0.50% con respecto al total de alumnos encuestados) que cuentan con promedio entre 6.0 y 6.99.

En el renglón 3 de la Tabla 2 corresponde a la pregunta “¿Cuál es tu edad?”, nos permite conocer cual es la edad promedio que tienen los alumnos pertenecientes a cada uno de los grupos, aquí podemos notar que los alumnos del Grupo A son quienes tienen la menor edad promedio de los cuatro grupos de análisis.

En el renglón 4 de la Tabla 2 correspondiente a la pregunta “¿Qué cuatrimestre cursas actualmente?”, podemos notar que el Grupo A está compuesto en su mayor por alumnos de segundo cuatrimestre, mientras que el Grupo B está formado mayoritariamente por alumnos de octavo, sexto y cuatro cuatrimestre, en contra pare el Grupo C está conformado mayoritariamente por alumnos de cuarto, sexto, y segundo cuatrimestre, finalmente, el Grupo D está integrado principalmente por alumnos de tercer cuatrimestre.

 ISSN 2007-8102

Preguntas	Opciones de respuesta	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Grupo al que pertenecen		183 (100%)	363 (100%)	45(100%)	3 (100%)
¿Carrera?	LCC	35 (19.13%)	69 (19.01%)	9 (20.00%)	1 (33.33%)
	ICC	105 (57.38%)	150 (41.32%)	21 (46.67%)	2 (66.67%)
	ITI	43 (23.50%)	144 (39.67%)	15 (33.33%)	0 (0.00%)
¿Edad?		19.80	21.11	21.51	22.33
¿Cuatrimestre?	1°	1 (0.55%)	4 (1.10%)	1 (2.22%)	0 (0.00%)
	2°	89 (48.63%)	47 (12.95%)	7(15.56%)	0(0.00%)
	3°	3 (1.64%)	14 (3.86%)	3 (6.67%)	2 (66.67%)
	4°	28 (15.30%)	73 (20.11%)	9 (20.00%)	1 (33.33%)
	5°	0 (0.00%)	7 (1.93%)	3 (6.67%)	0 (0.00%)
	6°	17 (9.29%)	74 (20.39%)	7 (15.56%)	0 (0.00%)
	7°	5 (2.73%)	13 (3.58%)	1 (2.22%)	0 (0.00%)
	8°	29 (15.85%)	82 (22.59%)	3 (6.67%)	0 (0.00%)
	9°	2 (1.09%)	14 (3.86%)	6 (13.33%)	0 (0.00%)
	10°	9 (4.92%)	35 (9.64%)	5 (11.11%)	0 (0.00%)
¿Eres foráneo?	Si	96 (52.46%)	178 (49.04%)	23 (51.11%)	2 (66.67%)
	No	87 (47.54%)	185 (50.96%)	22 (48.89%)	1 (33.33%)
¿Trabajas?	Si	29 (15.85%)	125 (34.44%)	17 (37.78%)	0 (0.00%)
	No	154 (84.15%)	238 (65.56%)	28 (62.22%)	3 (100.00%)
¿Porcentaje actual de la carrera?	0 a 25	94 (51.37%)	74 (20.39%)	15 (33.33%)	1 (33.33%)
	26 a 50	32 (17.49%)	120 (33.06%)	17 (37.78%)	2 (66.67%)
	51 a 75	40 (21.86%)	132 (36.36%)	10 (22.22%)	0 (0.00%)
	76 a 100	17 (9.29%)	37 (10.19%)	3 (6.67%)	0 (0.00%)

Tabla 2. Resultados Obtenidos de la sección de la encuesta correspondiente al análisis socio académico.

La Figura 1 correspondiente a la pregunta “1. Antes de codificar tus programas, ¿cuáles técnicas de análisis y diseño utilizas?”, podemos conocer las técnicas de análisis y diseño que usan los alumnos de la FCC-BUAP antes de codificar, en esta figura podemos notar que la técnica más empleada por todos los grupos es el Pseudocódigo, seguido por el Diagrama de clases. En contraparte las técnicas de análisis y diseño menos empleadas por todos los grupos son los Casos de uso y los Diagramas de secuencia. Adicionalmente, un punto a destacar es que la técnica de análisis y diseño más empleada por el Grupo A, C y D es el Pseudocódigo, en contraparte el Grupo B emplea más el Diagrama de Clases.

La Figura 2 correspondiente a la pregunta “2. De los siguientes temas de programación, selecciona aquellos que manejas”, nos permite conocer los temas de programación que manejan los alumnos de la FCC-BUAP, en esta

 ISSN 2007-8102

figura podemos notar que el tema de programación más manejado por todos los grupos son las estructuras de datos. En contraparte el tema de programación menos dominado por todos los grupos son las llamadas al sistema. Una singularidad que podemos ver en la Figura 2, es que el Grupo B es aquel que se ha destaco en 7 ocasiones como el grupo que mayor porcentaje de manejo tiene de los temas de programación, la primera impresión que esto podría producir en nosotros es que esto es un error, pero como se comentó anteriormente, el Grupo A se compone principalmente por alumnos que cursan el segundo cuatrimestre, motivo por el cual muchos de ellos aún no han estudiado algunos de los temas preguntados.

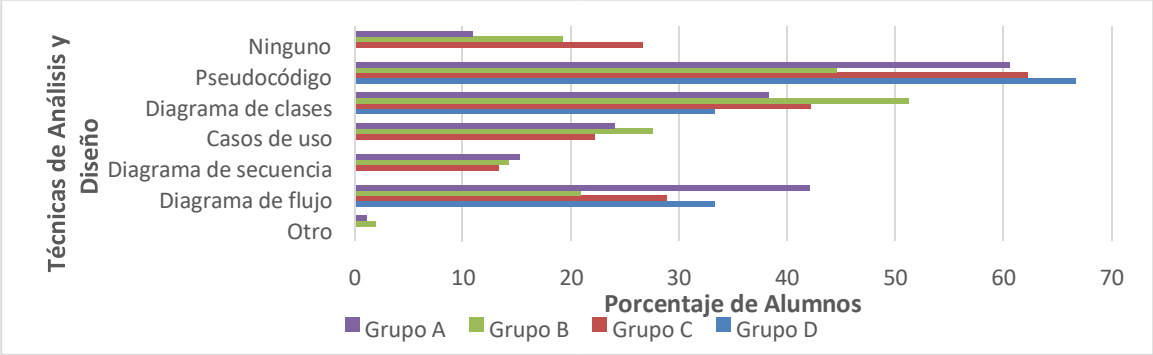


Figura 1. Porcentaje de alumnos agrupados en función de su promedio que mencionaron las técnicas de análisis y diseño que usan antes de codificar.

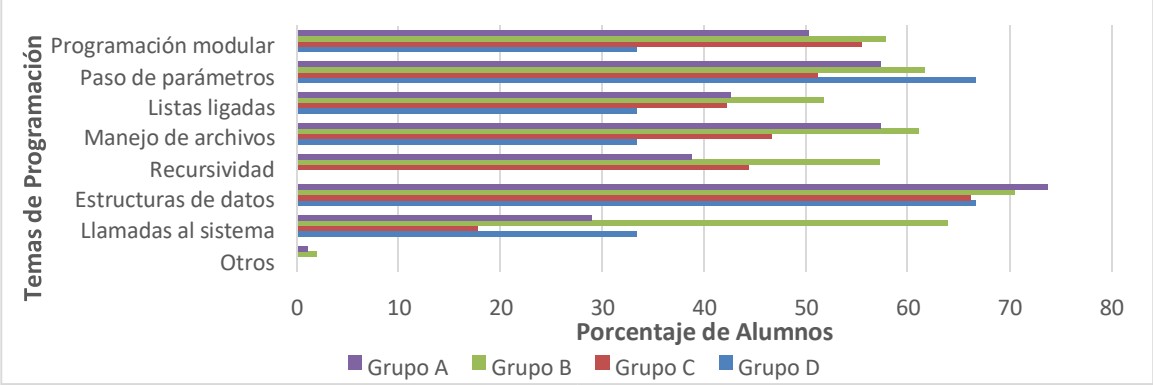


Figura 2. Porcentaje de alumnos agrupados en función de su promedio que mencionaron los temas de programación que manejan.

La Figura 3 correspondiente a la pregunta “3. De los siguientes paradigmas de programación, selecciona aquellos que manejas”, nos permite conocer los paradigmas de programación que manejan los alumnos de la FCC-BUAP, en esta figura podemos notar que el paradigma de programación más manejado por todos los grupos es la Programación Orientada a Objetos, seguido de cerca por la Programación Estructurada, en contraparte, los paradigmas de programación menos dominados son la Programación Concurrente y la Programación Paralela. Un dato para destacar es que el 66.66% de los alumnos pertenecientes al Grupo D mencionó que no conoce el significado de Paradigma. Nuevamente el Grupo B se ha destaco en 4 ocasiones como el grupo que mayor porcentaje de manejo tiene de Paradigmas de Programación.

La Figura 4 correspondiente a la pregunta “8. ¿Cuándo estas codificando un programa y se te presenta una dificultad por desconocimiento del lenguaje de programación, qué haces?”, nos muestra los métodos que emplean los alumnos para resolver las dudas que se les presentan en el área de programación, siendo la búsqueda de tutoriales en internet el método mas empleado por todos los grupos, seguido por la consulta en un foro. Entre las

 ISSN 2007-8102

particularidades a destacar en esta figura esta que el Grupo A tiene una diferencia significativa de porcentaje en resolver las dudas que se les presenta a través de consultar en foros y preguntar a un profesor, por otra parte, el Grupo B se destaca por preguntarle a un amigo para resolver sus dudas, en contraste el Grupo C se destaca en resolver sus dudas a través de la consulta de un manual o por medio de tutoriales en internet. Finalmente podemos ver que existe una correlación entre el promedio de los alumnos con la posibilidad de que el alumno busque asesoría con el profesor como forma de resolver las dudas que tiene en el área de programación.

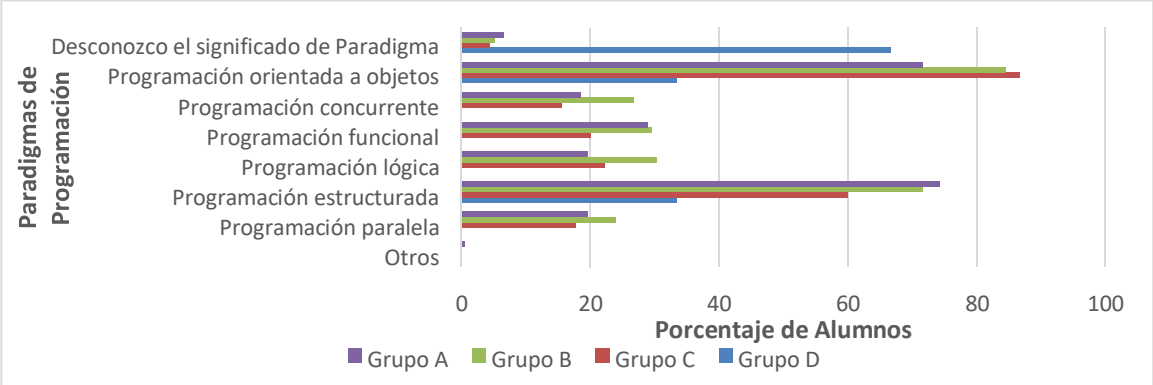


Figura 3. Porcentaje de alumnos agrupados en función de su promedio que mencionaron los paradigmas de programación que manejan.

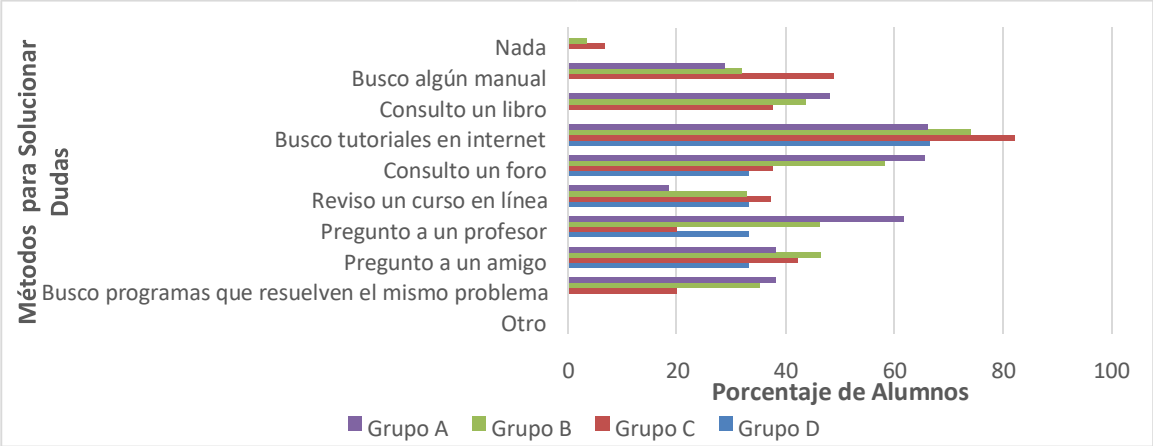


Figura 4. Porcentaje de alumnos agrupados en función de su promedio que indicaron cuales son los métodos que usan para solucionar dudas.

La Figura 5 correspondiente a la pregunta “9. ¿Cuántas horas a la semana, en promedio, le dedicas al estudio de tus asignaturas de programación?”, nos presenta el número de horas promedio que los alumnos dedican a estudiar las asignaturas del área de programación, en esta podemos ver que existe una relación que entre el número de horas dedicadas al estudio con el promedio del alumno. Como se mencionó en la introducción, la programación es una habilidad dura, difícil de aprender, que se desarrolla por medio de la práctica y que además es más efectivo el aprendizaje si este se realiza de forma autodirigida; de modo que un alumno que por propia voluntad decide dedicar más horas para estudiar temas relacionados con el área de programación tiene más posibilidades de obtener una mejor calificación. El autoaprendizaje es más efectivo porque es motivado por la misma persona y no de forma forzada, permitiéndole al alumno aprender a su propio ritmo, así como realizarlo en el momento y lugar que lo desee, incluso llegando a convertirse en un retro personal lo cual no hace nada más

 ISSN 2007-8102

que aumentar la motivación del alumno, esto hace que el proceso de aprendizaje en una experiencia placentera (Juneja, 2019).

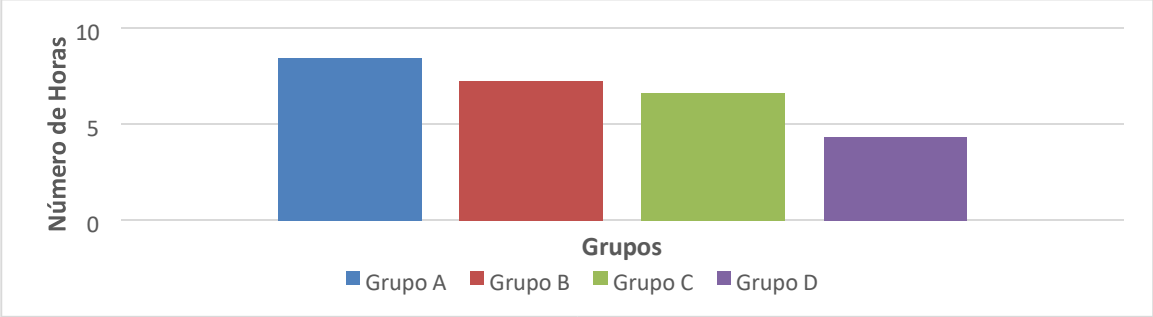


Figura 5. Horas en promedio que los alumnos emplean para el estudio de las asignaturas del área de programación en función de su promedio.

La Figura 6 correspondiente a la pregunta "12. ¿Te gusta programar?", podemos ver el nivel de gusto que tiene los alumnos de la FCC-BUAP al momento de programar, en esta podemos ver que el 97.29% de los alumnos tiene un gusto por la programación entre regular a demasiado por programar. En el nivel de agrado Demasiado y Mucho, el grupo A es el que mas se destaca, seguido por el Grupo C. Finalmente en los niveles mas bajos de agrado por la programación Poco y Nada, es el Grupo C el que se destaca, seguido por el Grupo B.

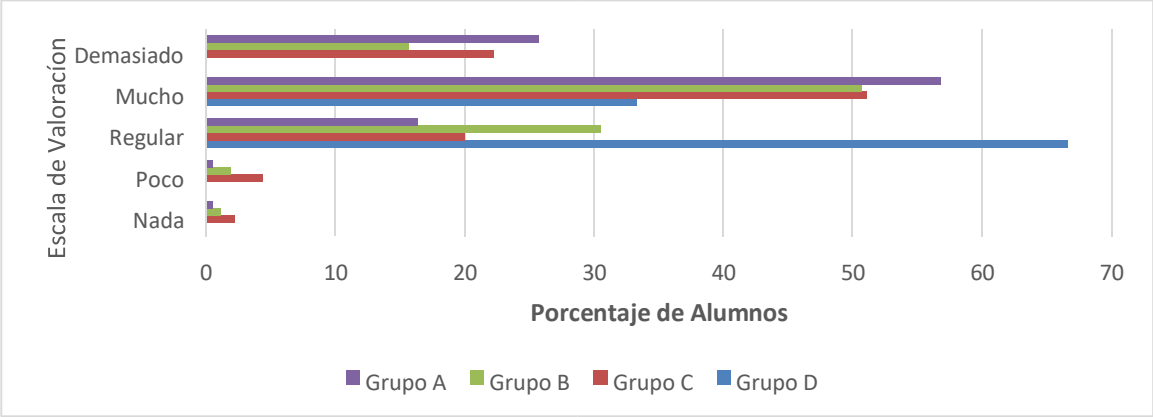


Figura 6. Nivel de satisfacción que sienten los alumnos al momento de programar agrupados en función de su promedio.

Trabajo a futuro

Una de las primeras acciones aplicadas de manera inmediata para tratar de combatir las problemática de la reprobación que se han detectado a lo largo de esta investigación fue el dar a conocer a la comunidad estudiantil los resultados obtenidos de la elaboración de este estudio, con el fin de hacer conciencia y provocar que ellos realicen un autoanálisis de la situación en la que se encuentran, sin embargo, aún falta mucho por hacer y consideramos que acciones pendientes son las siguientes:

- En el próximo periodo de Otoño (Otoño 2019), se volverá a aplicar la encuesta de tal manera que nos permita conocer la forma en que ha evolucionado la comunidad estudiantil, esto nos permitirá conocer si las problemáticas detectadas en esta primer análisis son una tendencia, o simplemente fueron hechos particulares en Primavera 2019, así como la adición de unas algunas preguntas que nos permitan conocer de mejor manera la forma en que esta compuesta la comunidad de la FCC-BUAP.
- Informar a los directivos de la FCC-BUAP para que en conjunto se puedan desarrollar planes y tomar medidas en beneficio de la comunidad.

Conclusiones

Como hemos podido leer a lo largo de este artículo, podemos concluir que cada uno de los grupos de alumnos en los que se ha segmentado a la comunidad estudiantil tienen características y formas diferentes de aprender y desenvolverse en el área de la programación, así que verlos como un solo grupo puede ser un error.

Con respecto de los casos analizados en las consultas mostradas en este trabajo y en especial de los mostrados en las Tablas 2 y las Figuras 4 y 5, es de llamar la atención que:

- El 48.63% de los alumnos que mencionaron tener un promedio entre 9.0 y 10.0 indican que se encuentran cursando el cuarto cuatrimestre, en contraparte, el 22.59% de los alumnos que mencionaron tener un promedio entre 8.0 y 8.99 indicaron que se encuentran cursando el octavo cuatrimestre, esto nos sugiere que existe una relación entre el cuatrimestre que se esta cursando y el promedio, de forma que entre mas se avance en la carrera aumentan las posibilidades de disminuir el promedio del alumno.
- El 61.74% de los alumnos que mencionaron tener un promedio entre 9.0 y 10.0 indican que usan como método para poder resolver las dudas el preguntarle al profesor, mientras solo el 46.28% de los alumnos con promedio de 8.0 a 8.99 lo hace, y finalmente, solo el 20.00% de los alumnos con promedio entre 7.0 a 7.99 lo hace. De esta forma, podemos ver que existe una correlación entre el promedio de los alumnos con la posibilidad de que el alumno busque asesoría con el profesor como forma de resolver las dudas que tiene en el área de programación.
- Los alumnos que mencionan tener un promedio entre 9.0 a 10.0 en promedio dedican 8.47 horas a la semana para estudiar los temas del área de programación, en contraparte, los alumnos que mencionan tener un promedio entre 8.0 y 8.99 dedican 7.27 horas a la semana al estudio, en cambio los alumnos que mencionaron tener un promedio entre 7.0 y 7.99 solo dedican 6.62 horas a la semana y finalmente los alumnos que mencionaron tener un promedio entre 6.0 y 6.99 solo emplean 4.33 horas de estudio a la semana de los temas del área de programación. De modo que un alumno que por propia voluntad decide dedicar más horas para estudiar temas relacionados con el área de programación tiene más posibilidades de obtener una mejor promedio.

Referencias

1. Beltrán, J., Sánchez, H., & Rico, M. (Diciembre de 2015). Análisis cuantitativo y cualitativo del aprendizaje de Programación I en la Universidad Central del Ecuador. Revista Tecnológica ESPOL – RTE, 28(5), 194-210. Obtenido de http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/434
2. Carranza Sotelo, L. (2018). Escritos en la facultad. En H. Capeans, C. Caram, G. Los Santos, & M. Pusineri, Escritos en la facultad (págs. 35-37). Buenos Aires: Centro de Estudios en Diseño y Comunicación, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo.
3. Espínola, V. y. (2019). Estrategias de prevención de la deserción en la Educación Secundaria:. Revista de Educación, 257-280.
4. Juneja, P. (28 de Junio de 2019). Management Study Guide. Obtenido de Management Study Guide: https://www.managementstudyguide.com/benefits-of-self-learning.htm
5. Vidales, S. (2009). El fracaso escolar en la educación media superior. El caso del bachillerato de una universidad mexicana. (R. I. (RINACE), Ed.) Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 320-341. Obtenido de https://repositorio.uam.es/handle/10486/661285

Importancia de las habilidades blandas en el entorno laboral y educativo.

M.A. Martínez Rodríguez[1], C.I. Canela Guzmán[1], A.E. Lucero Medina[1], J. Ortega Aranda[1], S. González Contreras[1]*
[1]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Avenida Tecnológico s/n, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. C.P. 78437.
**myriam@tec.itslp.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En los últimos años, las habilidades blandas han tomado mayor importancia en el mundo laboral. No siempre los alumnos con mayor cantidad de títulos son los que ocupan altos cargos en las organizaciones. El desarrollo de habilidades blandas como: trabajar en equipo, poseer un buen nivel de comunicación, tener adaptabilidad ante los distintos escenarios, una actitud positiva en la oficina, entre otras, son percibidas por los empleadores como cualidades positivas en un trabajador, especialmente cuando existe un mercado tan competitivo como el actual, en el que hay alta rotación laboral (como es el caso en San Luis Potosí) y en el que las empresas necesitan personal productivo y alineado al crecimiento de la empresa. El presente trabajo pretende identificar las habilidades blandas que requiere el entorno laboral para fortalecer la curricula de una carrera ofertada por el TECNM campus Instituto Tecnológico de San Luis Potosí.

***Palabras clave**: Habilidades blandas, estudiantes, empresarios.*

Abstract

In recent years, soft skills have become more important in the world of work. Not always the students with the highest number of degrees are those who occupy high positions in organizations. The development of soft skills such as: working in a team, having a good level of communication, having adaptability to different scenarios, a positive attitude in the office, etc., are perceived by employers as positive qualities in a worker, especially when there is a market as competitive as the current one, in which there is high labor turnover (as is the case in San Luis Potosí) and in which companies need productive personnel and aligned with the growth of the company. This paper aims to identify the soft skills required by the work environment to strengthen the curriculum of a career offered by the TECNM campus Instituto Tecnológico de San Luis Potosí

***Key words**: Soft skills, students, entrepreneurs*

Introducción

En los últimos años, en el mercado laboral, uno de los principales retos a los que se están enfrentando los empleadores es el construir los cimientos conformados por sus trabajadores para enfrentar desafíos que se les presenten a las empresas; para cualquier organización es necesario que sus empleados cuenten con las habilidades blandas que les permitan adaptarse mejor a la cultura de la organización.

Las habilidades blandas de acuerdo con Joshi (2017) son los rasgos o cualidades personales de cada uno de nosotros, generalmente abarcando nuestras actitudes, hábitos y cómo interactuamos con otras personas; se refieren a habilidades que hacen que las personas sean mejores empleados y abren puertas para muchas oportunidades que no están directamente relacionadas con el tema de sus trabajos.

En el 2017, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, realizó un diagnóstico sobre la estrategia de competencias, destrezas y habilidades de México, la cual "*representa un marco a través del cual los países pueden analizar sus fortalezas y debilidades para emprender acciones concretas relacionadas con los*

tres pilares de un sistema nacional de habilidades: 1) desarrollo de competencias relevantes, desde la infancia a la edad adulta; 2) activación de esas competencias en el mercado laboral, y 3) uso de las competencias de manera eficaz para la economía y la sociedad" (OCDE,2017); lo que refleja la necesidad de fortalecer el currículo universitario con estrategias que desarrollen las habilidades transversales que el entorno laboral requiere.

Si bien en la actualidad se generan dentro de los programas de estudio diferentes tipos de habilidades blandas que fortalecen los conocimientos adquiridos, con esta investigación se pretende mostrar las habilidades blandas que se deben fortalecer en la curricula de la especialidad "gestión estratégica de talento humano" ofertada en la Licenciatura en Administración del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, que logré en los estudiantes enfrentar exitosamente las diferentes situaciones que se les presentarán en la vida diaria y alcanzar el éxito como complemento solo de una capacidad intelectual.

Metodología

La presente investigación es de corte cualitativo y exploratorio.

Se considera cualitativa porque permitió una descripción y análisis complejo de los fenómenos, obteniendo gran cantidad de datos útiles para que otros proyectos obtengan diferentes conclusiones e incluso se continúe con la investigación (Bogdan, 1982) y se considera exploratoria porque se llevó a cabo sobre un tema u objeto desconocido, poco estudiado, arrojando resultados que constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos (Fidias y G. Arias, 2012).

Para la realización de esta investigación se recurrió a la revisión de la literatura que aborda temáticas referentes a las competencias, destrezas y habilidades requeridas en México, destacando un estudio realizado en 2018 por la Online Carreer Center Educación, (OCCMundial) acerca de las Competencias básicas que deberían tener los planes de estudio en México. Se encuestaron a más de 700 personas, 66% hombres y 34% mujeres; El 33% tiene entre 30 y 39 años, el 31% entre 20 o 29 años, 23% entre 40 y 49 años y 13% más de 50 años. La mayoría, el 67%, con estudios universitarios.

Los resultados arrojados fueron que el 91% de los encuestados considera que las competencias blandas deberían aprenderse durante los estudios universitarios; sin embargo, el 62% asegura que éstas no están consideradas en los planes de estudios de las licenciaturas o las ingenierías en México.

Al cuestionarlos sobre qué parte tiene la responsabilidad de la enseñanza o el aprendizaje de las competencias blandas, el 34% señala que es de los propios alumnos, el 23% dice que es de las instituciones educativas, el 16% de los padres de familia, el 10% indica que del gobierno a través de sus programas educativos y sólo 5% responsabilizó a las empresas a través de sus programas de capacitación.

Por último, los profesionistas participantes enlistaron las formas en las que se podrían complementar y fortalecer los planes de estudio a nivel licenciatura e ingeniería para la adquisición de las competencias básicas:

1- Por medio de talleres y seminarios (75%)
2- A través de cursos en línea, presenciales o en modalidad mixta (73%)
3- Integrando el aprendizaje de competencias en asignaturas específicas (51%)
4- Aplicando el aprendizaje de competencias en todas las asignaturas (50%)
5- A través de certificaciones por competencia (46%)

En este estudio se identificaron las competencias más importantes que deben desarrollar los estudiantes de licenciatura e ingeniería, las cuales aparecen clasificadas en la siguiente tabla (Tabla 1):

Licenciaturas	Ingenierías
1. Resolución de problemas	1. Resolución de problemas
2. Liderazgo	2. Razonamiento matemático
3. Trabajo en equipo	3. Análisis de la información
4. Inteligencia emocional	4. Trabajo en equipo
5. Pensamiento critico	5. Pensamiento critico
6. Negociación	6. Liderazgo
7. Análisis de la información	7. Inteligencia emocional
8. Comunicación oral y escrita en español	8. Negociación
9. Capacidad de escucha	9. Comunicación oral y escrita en inglés
10. Comunicación oral y escrita en inglés	10. Comunicación oral y escrita en español
11. Comprensión de lectura	11. Capacidad de escucha
12. Razonamiento matemático	12. Comprensión de lectura

Tabla 1. Competencias básicas más importantes que deben desarrollar los *estudiantes de licenciatura e ingeniería. Fuente: OCCEducación (2018)*

Teniendo conocimiento de las habilidades blandas relevantes, se diseñó el formato de cuestionario y entrevista que se aplicó a empresarios que fueron contactados de manera personal durante marzo y abril del presente año, además se incluyeron a empresarios que asistieron a la Jornada Estudiantil CEA 2019 llevada a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí los días 21, 22 y 23 de mayo para conocer su opinión respecto al objeto de estudio de esta investigación.

Para calcular el número de encuestas se aplicó el método de muestreo aleatorio simple, que de acuerdo con Vladimirovna (2005) consiste en elegir el tamaño de la muestra al azar de forma que cada elemento de la población tenga igual oportunidad de salir en la muestra.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Donde:

n = El tamaño de la muestra que se desea calcular
N = Tamaño del universo
Z = Es la desviación del valor medio que se acepta para lograr el nivel de confianza deseado.
e = Es el margen de error máximo admitido
p = Es la proporción que se espera encontrar.

Las variables a considerarse fueron:

Tamaño de la población	520 empresas
Porcentaje de heterogeneidad de la muestra total	50%
Margen de error	5%
Nivel de confianza	95%

Tabla 2. Variables de la muestra.
Fuente: Elaboración propia (2019)

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

De acuerdo con la fórmula aplicada, el resultado de la muestra fueron 222 encuestas. Cabe señalar que el tamaño de la población se obtuvo del Directorio de Negocios de San Luis Potosí (CANACINTRA, 2019). Se entrevistaron a 62 empresarios asistentes al evento estudiantil CEA 2019.

Los desafíos que impone el entorno globalizado, que involucran alta competitividad, avances tecnológicos, cambios demográficos y de mercado, escasez de recursos naturales, etc., demandan profesionales capaces de adaptarse al cambio, de generar soluciones creativas, y de asumir nuevos desafíos (OCDE, 2017). Con base en lo anterior, la incorporación de habilidades blandas en el currículo de educación superior es un tema a considerar en las reformas educativas.

Para complementar el estudio, los resultados de las encuestas y entrevistas fueron los siguientes:

Se indagó si los empresarios encuestados y entrevistados tenían conocimiento de lo que eran las habilidades blandas, y se encontró que la mayoría estaban familiarizados con el tema aunque algunos de ellos no tenían conocimiento de ello (Tabla 3).

¿Sabe qué son las habilidades blandas?			
62 empresarios entrevistados		222 empresarios encuestados	
Si	No	Si	No
49	13	187	35

Tabla 3. Conocimiento de los empresarios sobre las habilidades blandas.
Fuente: Elaboración propia (2019)

Los entrevistados señalaron las habilidades más importantes que deben desarrollar los estudiantes que les permitan desempeñarse adecuadamente en el entorno laboral, las cuales se observan en la figura 1.

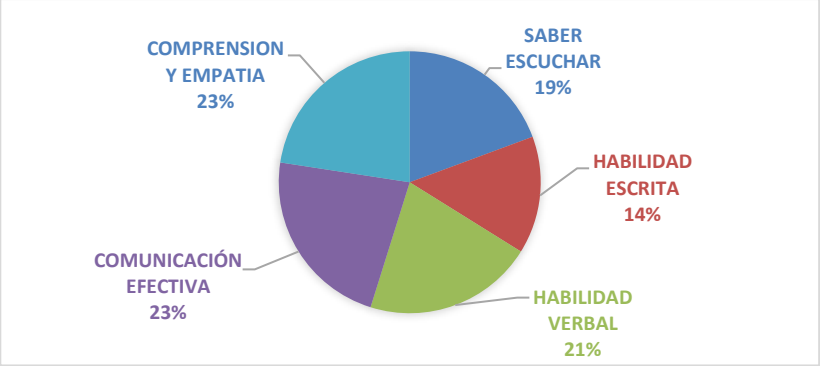


Figura 1. Habilidades blandas relevantes en el entorno laboral. Fuente: Elaboración propia (2019)

En el gráfico se puede observar que la Comunicación efectiva, comprensión y empatía son las habilidades que el 23% de los entrevistados considera como las más importantes en el entorno laboral a desarrollar en los estudiantes**.** Los empresarios participantes opinaron que las habilidades blandas son importantes en el desarrollo personal y profesional, y que a pesar de que se aprenden de manera natural se pueden mejorar con adecuada formación académica.

De acuerdo al grado de importancia de las habilidades blandas para las empresas (tabla 4), en un rango de muy importante, importante, poco importante y sin importancia; de los 62 empresarios entrevistados 50 consideran muy importante que los trabajadores cuenten con habilidades blandas para las empresas, mientras que 12 de ellos lo ven solo importante para el desarrollo de actividades propias de la organización.

¿Qué importancia tiene para las empresas que los trabajadores cuenten con habilidades blandas?			
Muy importante	Importante	Poco importante	Sin importancia
50	12	0	0

Tabla 4. Grado de importancia de las habilidades blandas para las empresas
Fuente: Elaboración propia (2019)

De acuerdo con la tabla 5. El liderazgo es considerado una de las habilidades que los reclutadores valoran más para su empresa, siendo también relevantes pensamiento crítico, tolerancia a la presión y trabajo en equipo.

Habilidades	Ranking	Respuestas
Liderazgo	1	200
Pensamiento crítico	2	192
Tolerancia a la presión	3	188
Trabajo en equipo	4	186
Escucha activa	5	183
Adaptación al cambio	6	175
Habilidades orales y escritas	7	170
Asertividad	8	168
Empatía	9	165
Facilidad de comunicación	10	160
Sociabilidad	11	158

Tabla 5. Ranking de habilidades
Fuente: elaboración propia (2019)

Las habilidades blandas que los participantes consideran importantes integrar en la curricula educativa del ITSLP, para atender las necesidades del sector empresarial fueron las siguientes: liderazgo, trabajo en equipo, trabajo bajo presión, toma de decisiones, innovación, creatividad, motivación, comunicación y facilidad de palabra. Siendo un referente de las necesidades del entorno que deben de atenderse.

Trabajo a futuro

Con los resultados de esta investigación, se analizarán la última retícula y los programas educativos de la especialidad de Gestión de Capital Humano de la Carrera de Licenciatura en Administración, para identificar su pertinencia y fortalecer la curricula de esta carrera ofertada en el Instituto Tecnológico de San Luis Potosí.

Conclusiones

Cuando un estudiante inicia un proceso de reclutamiento y selección, las empresas centran sus esfuerzos en la búsqueda de profesionales que cuenten con las herramientas necesarias para desempeñar un cargo. Sin embargo al día de hoy no solo se debe tener el conocimiento académico obtenido durante su estancia en la universidad (Que son los conocimientos “duros” que uno posee) además hay que complementarlos con las habilidades blandas.

Las competencias blandas conocidas también como *soft skills* están directamente relacionadas con la inteligencia emocional de una persona, como la puesta en práctica integrada de actitudes, rasgos de personalidad, conocimientos y valores adquiridos.

Las dificultades a las que se enfrentan diariamente los estudiantes próximos a insertarse en la vida laboral, son las de romper paradigmas, salir de su zona de confort, salirse del concepto de “jefe” para iniciarse en el de “líder”.

He aquí la importancia de actualizar las retículas escolares, con temas y actividades acordes con las tendencias y requerimientos del entorno, que coadyuven al desarrollo de habilidades blandas en los jóvenes para desempeñarse con éxito en el mundo profesional.

Referencias

1. Anderson, B. (2015). *Six critical soft skills for effective safety leadership.* Coastal Training Technologies Corp.
2. Bogdan R., Biklen, S. (1982). *Qualitative research for education*. Allyn and Bacon, Boston
3. Canacintra (2019). *Directorio de Negocios San Luis Potosí.* Canacintra
4. Conover (sin fecha). *8 critical Soft Skills for workplace readiness*. Conover Company
5. Dorch, P. (2013). *What are soft skills?.* Amazon Digital Services LLC.
6. G. Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica.* Editorial Episteme: Venezuela
7. Joshi, M. (2017). *Soft skills*. Bookboon
8. Keow T., Mohd, H, y Hashimah N. Soft Skills Integration in Teaching Professional Training: Novice Teachers’ Perspectives. Procedia, Social and Behavioral Sciences. 186
9. Klaus, P. (2007) The hard truth about soft skills. HarperCollins e-books.
10. Lippman, L., Ryberg, R., Carney, R., Moore, K. (2015). *Workforce Connections, key “soft skills” that Foster youth Workforce success: toward a Consensus across fields*. Child Trends Publication.
11. OCCMundial(2018). *Competencias básicas que deberían tener los planes de estudio en México.* Disponible en: https://www.occ.com.mx/blog/competencias-basicas-en-los-planes-de-estudios/
12. OECD. (2017). *Diagnóstico de la OCDE sobre la estrategia de competencias, destrezas y habilidades de México.* Ediciones OCDE.
13. Portillo-Torres, M. (2017). Educación por habilidades: Perspectivas y retos para el sistema educativo. *Revista Educación*, *41*(2). Recuperado desde: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44051357008
14. Vladimirovna, O. (2005) *Fundamentos de Probabilidad y estadística.* Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Hábitos de estudio y su relación con asignaturas de programación en el Tecnológico de Oaxaca

R. Valverde Jarquín[1], D. Silva Martínez[2], A. C. Hernández Abrego[3]*, O. Pérez López[4], *E. Caballero Rafael[5]*
Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Oaxaca, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca, México
** valverde.anyer@gmail.com*
***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

La reprobación es un tema de interés en las instituciones de educación, en el nivel superior impacta en indicadores tales como la eficiencia terminal. En el Instituto Tecnológico de Oaxaca perteneciente al Tecnológico Nacional de México la reprobación en el área de programación es considerable, este trabajo pretende establecer la relación entre habilidades de estudio y la reprobación, sin embargo no se encontró relación, lo que implica que hay otros factores que inciden más en la reprobación de estas asignaturas. Para realizar este trabajo se consideró a los estudiantes de la Ingeniería en Sistemas Computacionales que ingresaron en el ciclo escolar 2018-2019. También los resultados del semestre febrero-junio 2019 de los estudiantes que cursaron Programación Orientada a Objetos y Fundamentos de Programación (quienes repitieron la asignatura) y los resultados de la encuesta sobre habilidades de estudio aplicada de 61 estudiantes, de un total de 160 estudiantes.

***Palabras clave**: Hábitos, estudio, reprobación, programación.*

Abstract

The failure of subjects is a topic of interest in educational institutions, at college it impacts on indicators such as terminal efficiency. In the Technological Institute of Oaxaca belonging to the National Technological Institute of Mexico. To fail subjects in the programming's area is considerable, this project aims to establish the relationship between study skills and the failure of subjects.
However, no relationship was found, which implies that there are other factors that have a greater impact on the failure of these subjects. To carry out this task, Computer Systems Engineering's students who joined the 2018-2019 school year were considered. Also the results of the semester from February to June of 2019 with the students who studied Oriented Programming to Object and fundamentals of programming (who took the course again) and the results of the survey on applied study skills of 61 students, was a total of 160 students.

***Key words**: Habits, study, reprobation, programming.*

Introducción

Este trabajo pretende determinar la relación que existe entre los hábitos de estudio y la aprobación de las asignaturas de Programación. Para ello es necesario conocer algunos conceptos o definiciones de diferentes autores como son:

Perrenoud (1996), define los hábitos como conductas que las personas aprenden por repetición. Se tienen hábitos buenos y malos en relación con la salud, la alimentación y el estudio, entre otros. Los buenos hábitos, ayudan a los individuos a conseguir sus metas siempre y cuando estos sean trabajados en forma adecuada durante las diferentes etapas de la vida.

Los hábitos de estudio según Cartagena (2008), son los métodos y estrategias que acostumbra usar el estudiante para asimilar unidades de aprendizaje, su aptitud para evitar distracciones, su atención al material específico y los esfuerzos que realiza a lo largo de todo el proceso académico.

El estudio está dirigido a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, durante el semestre Enero - Junio del 2019.
Desde siempre se ha observado que existe un bajo desempeño académico en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en las asignaturas de Programación, es por esta razón que es necesario conocer y determinar si sus hábitos de estudios son las causas del bajo rendimiento académico en estas asignaturas.
La metodología que se utiliza en la investigación es cuantitativa ya que permite agregar estándares de diseño estrictos antes de iniciar una investigación, permitiendo estudiar las propiedades y fenómenos cuantitativos y sus relaciones para proporcionar la forma de establecer, fortalecer, formular y revisar la teoría existente. Con esta metodología se utiliza una muestra representativa que fue tomada de los estudiantes que ingresaron a la carrera en el año 2018, se aplicaron cuestionarios para determinar qué hábitos de estudios tienen los estudiantes y como estos afectan en el rendimiento de las asignaturas de programación en el semestre a evaluar.
Los hábitos de estudio tienen una gran importancia en el éxito académico de todo estudiante ya que si no se tienen hábitos de estudios adecuados y planeados difícilmente el estudiante logra una carrera sólida en conocimientos.
El objetivo de este trabajo es analizar los hábitos de estudio de los estudiantes y la relación con las asignaturas de Programación en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Marco teórico

García-Huidobro(2000), define Hábito de Estudio como: “La repetición del acto de estudiar realizado bajo condiciones ambientales de espacio, tiempo y características iguales. El Hábito de Estudio es el primer paso para activar y desarrollar la capacidad de aprender en los estudiantes.
Según, Kancepolsky y Ferrante(2006), los Hábitos de estudio tienen por fin lograr el aprendizaje, entendido este desde una postura cognitivista como “Un proceso de comprensión, integración, de interacción entre el sujeto y el medio, de asimilación y acomodación”.
Otro concepto importante que se define es Reprobación: Para Julián Pérez Porto y Ana Gardey(2008), dado que Aprobar es calificar como bueno o suficiente a alguien o algo, por lo tanto entonces reprobar es “No obtener una calificación satisfactoria u obtener como resultado un bajo rendimiento escolar”.
La reprobación en estudiantes de nivel superior es un tema que preocupa a las Instituciones Educativas tanto privadas como públicas. Se sabe que “el costo nacional por estudiante varía de 150 mil pesos al año en la UNAM a 120 mil en el Instituto Politécnico Nacional y entre 24 y 30 mil pesos en el Tecnológico Nacional de México” (TecNM, 2018), por lo tanto, entre mayor sea el índice de reprobación de los estudiantes de nivel superior en escuelas públicas, tiene un impacto directo en la economía del país.
De acuerdo a Espinoza García C.(2015) existen diversas clasificaciones y explicaciones de las causas de reprobación escolar, las cuales las agrupa de la siguiente forma:
Causas de origen social y familiar: desarticulación y/o disfuncionalidad familiar, desadaptación al medio por el origen sociocultural del que provienen, estudiantes que trabajan, estudiantes casados y/o paternidad o maternidad prematuras.
Causas de origen psicológico: desubicación en propósitos de vida e inadecuada opción vocacional.
Causas atribuibles al rendimiento escolar : perfiles de ingreso inadecuados y falta de hábitos de estudio.
Causas físicas : problemas de salud y alimentación inadecuada.
La encuesta utilizada para conocer sobre las habilidades de estudio se incluye en el MANUAL DEL TUTOR DEL SNIT (2012), la cual es un instrumento propuesto por Brown y Holtzman (Brown & Holtzman, 2010). Está formada por tres cuestionarios de 20 preguntas cada uno para tres aspectos: organización, técnicas y motivación para el estudio. Las encuestas fueron escritas por William F. Brown, Director del Testing and Guidance, Southwest Texas State College para Effective Study Material(1974) . La interpretación de la encuesta se realiza por medio de una tabla de comparación para estudiantes universitarios de primer año, dicho cuadro está basado en las calificaciones obtenidas de una muestra de 2,873 estudiantes de primer semestre a los que se aplicó la encuesta en la Southwest Texas State University.

Metodología

 ISSN 2007-8102

Para este proyecto se utilizó una metodología cuantitativa, se consideró únicamente a los estudiantes que ingresaron a la carrera de ingeniería en sistemas computacionales en el segundo semestre del año 2018 que fueron un total de 160 estudiantes, de este total se tomó una muestra con un nivel de confianza de 95 % y un margen de error de 10 % lo cual da como resultado que la muestra es de 61 estudiantes a partir de esto se realizaron 61 cuestionarios (la selección de la muestra fue aleatoria), es importante mencionar que ya no consideraron en la población a los estudiantes que se dieron de baja .

Para esta investigación el material que se utilizó fue la "**ENCUESTA SOBRE LAS HABILIDADES DE ESTUDIO"** que está formada por tres cuestionarios, en los cuales se indican los problemas referentes a organización, técnicas y motivación en el estudio. Estos cuestionarios son elaborados y tomados y del plan de tutorías del Tecnológico Nacional de México. Los cuestionarios utilizados son del tipo autodiligenciado con preguntas Dicotómicas.

La misma encuesta platea crear índices a través de la suma de las respuestas de cada cuestionario.

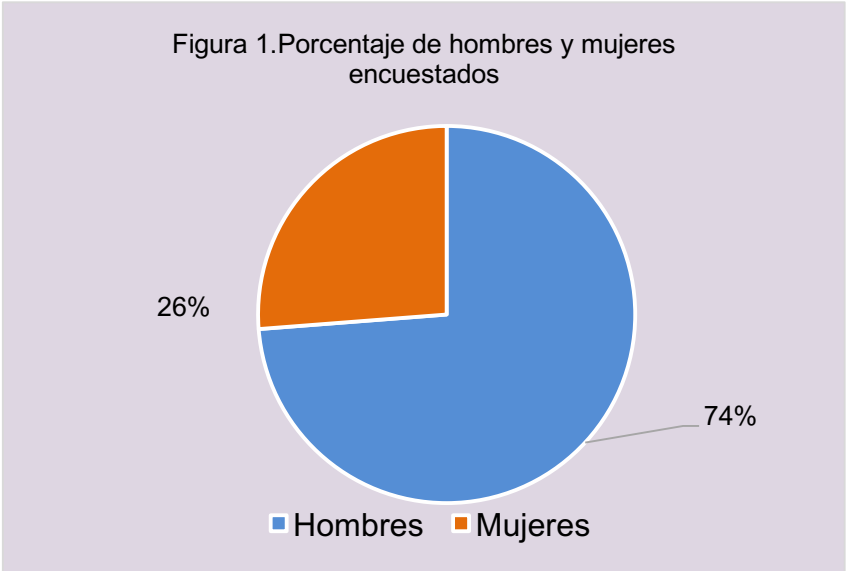
variables habilidades de estudio y calificaciones

Las variables utilizadas son hábitos de estudios(obtenidas de la encuesta aplicada) y calificaciones (resultados finales de los estudiante en las asignaturas de Fundamentos de Programación y Programación Orientada a Objetos en el semestre febrero-junio 2019), estas variables son necesarias en el estudio para determinar si hay una relación entre los hábitos de estudio y la aprobación de las asignaturas consideradas.

Resultados y discusión

De la muestra seleccionada (un total de 61 estudiantes) el 26% son mujeres y el 74 % son hombres, cuando recientemente se abrió la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales no había gran diferencia entre el número de hombres y mujeres, actualmente esas cifras han cambiado y el porcentaje de mujeres que se inscribe ha disminuido (ver figura 1). Al existir diferencia en el número de estudiantes (hombres y mujeres) encuestados se optó por utilizar porcentajes en gran parte del análisis.

Figura 1.Porcentaje de hombres y mujeres encuestados

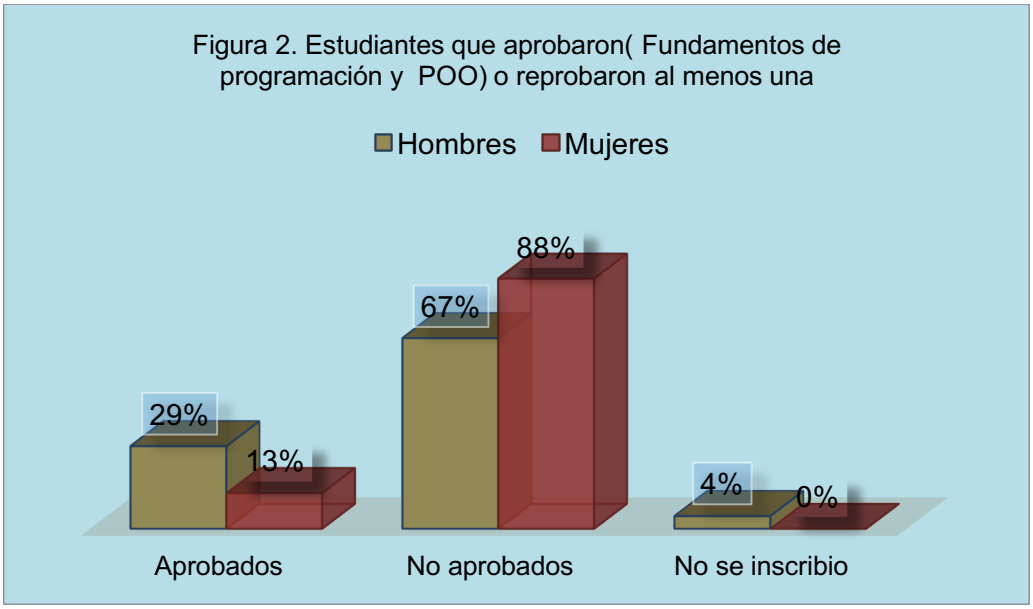


Fuente: elaboración propia, con base en los resultados de la encuesta.

 ISSN 2007-8102

En la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Oaxaca las asignaturas de ciencias exactas, así como las de programación presentan un alto índice de reprobación. Los estudiantes que ingresaron a primer semestre en el ciclo escolar 2018-2019 se encontró que el 25% de los estudiantes aprobaron las asignaturas de Fundamentos de Programación y Programación orientada a objetos. Pero al separarlos entre hombres los resultados varían; el 29% de los hombres aprobó las dos asignaturas, contra el 13% de las mujeres. El 67% de los hombres reprobó al menos una asignatura y el 88% de las mujeres está en la misma situación (ver figura 2).
De los encuestados no se encontró estudiantes que estén en condición de curso especial en este momento. Sin embargo es una situación que se debe atender en los primeros semestres.
De la muestra seleccionada no se encontraron reprobados en la asignatura de Fundamentos de programación, pero al considerarse los resultados del semestre febrero-junio de 2019, quienes cursaron Fundamentos de programación estaban repitiendo la asignatura, de tal manera que reprobaron en agosto-diciembre 2018.

Figura 2. Estudiantes que aprobaron(Fundamentos de programación y POO) o reprobaron al menos una



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados de la encuesta.

En cuanto a organización de estudio, que se refiere a problemas en el uso del tiempo de estudio, que también se refiere al lugar donde estudian, se encontró que el 12% de los hombres tiene problemas de organización de estudio, contra el 19% de las mujeres. El 44% de los hombres tienen pocas dificultades en cuanto a organización del tiempo de estudio y el 31% de las mujeres se encuentran en esta situación (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Organización de estudio

	Hombres	Mujeres
Alto	12%	19%
Promedio	44%	50%
Bajo	44%	31%
	100%	100%

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

Las técnicas de estudio se refieren a los problemas de lectura de libros, la forma de estructurar apuntes a la hora de tomarlos, así como la preparación y realización de los exámenes. Se encontró que el 9% de los hombres y el 9% de las mujeres presentan serios problemas en cuanto a técnicas de estudio; el 36% de los hombres y el 38%

 ISSN 2007-8102

de las mujeres se encuentran dentro del promedio; aunque más de la mitad de ambos grupos presentan pocos problemas en técnicas de estudio (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Técnicas de estudio		
	Hombres	Mujeres
Alto	9%	6%
Promedio	36%	38%
Bajo	55%	56%
	100%	100%
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta		

La motivación para el estudio se refiere a los problemas con la actitud negativa o indiferente que el estudiante pueden presentar hacia la escuela o la educación así como los problemas que pueden surgir de la indiferencia hacia los profesores; según el cuadro 3 el 11% de los hombres y el 6% de las mujeres presentan problemas en cuanto a la motivación en el estudio, y al igual que en técnicas de estudio más de la mitad presentan bajos problemas en este rubro.

Cuadro 3. Motivación para el estudio		
	Hombres	Mujeres
Alto	11%	6%
Promedio	36%	44%
Bajo	53%	50%
	100%	100%
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta		

Se hizo el análisis para establecer una relación (ver cuadro 4) entre las habilidades del estudio de quienes cursan el segundo semestre en el Tecnológico de Oaxaca en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y la reprobación en las asignaturas de programación tanto en los semestres agosto-diciembre 2018 y febrero-junio 2019, pero no se encontró relación alguna. Es importante mencionar que es necesario realizar nuevos estudios para determinar cuál es el factor que más incide en la reprobación de los mismos.

 ISSN 2007-8102

Cuadro 4. Correlación entre habilidades de estudio y reprobación en las asignaturas de fundamentos de programación y Programación Orientada a Objetos.

Correlations

		Habilidades de estudio	Aprobado/reprobado
Habilidades de estudio	Pearson Correlation	1	.054
	Sig. (2-tailed)		.678
	N	61	61
Aprobado/reprobado	Pearson Correlation	.054	1
	Sig. (2-tailed)	.678	
	N	61	61

Fuente: Análisis estadístico realizado.

Trabajo a futuro

De acuerdo a los resultados obtenidos es necesario profundizar estudios para determinar qué otros factores inciden en el índice de reprobación en las asignaturas de programación, además de realizar estudios cualitativos enfocados a esta problemática que se presenta no solo en el Tecnológico de Oaxaca, sino en otras instituciones de nivel superior donde se imparten Ingenierías en Sistemas Computacionales y carreras afines.

Conclusiones

La reprobación en las asignaturas relacionadas con programación inciden muchos factores, en el presente trabajo se pretendió establecer la relación entre hábitos de estudio y la reprobación, sin embargo no se encontró una relación directa, lo que implica que existen otros factores o tal vez la combinación de esos factores. También es importante considerar el área de formación que los estudiantes traen del bachillerato.
Se encontró que el 44% de los hombres y el 31% de mujeres presentan pocas dificultades en organización de estudio; en técnicas de estudio el 56% tanto de hombres como de mujeres manifiestan un índice bajo. Y con respecto a motivación para el estudio el 53% de hombres y el 50% de mujeres presentan un índice bajo. De lo anterior se deduce que cerca de la mitad de los estudiantes tienen problemas con las habilidades de estudio, lo que repercutirá en su desempeño en la carrera e incide en la eficiencia terminal.

Agradecimientos

A los estudiantes que participaron en el estudio realizado.

Referencias

1. ANDER-EGG, Ezequiel. Métodos y técnicas de investigación social Vol. IV. Técnicas para la recogida de datos e información. México, Lumen, 2003.
2. Carlos Arturo Monje Álvarez.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA,2011 https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf
3. Jose Francisco Javier Landero Gutierrez(2012). Deserción en la educación media superior en México, editor.pbsiar.com.pdf, (59)
4. Mondragon Albarran, C.,& Cardoso Jimenez, D., & Bobadilla Beltran, S. (2017). Hábitos de estudio y rendimiento académico. Caso estudiantes de la licenciatura en Administración de la Unidad Académica Profesional Tejupilco, 2016. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 8 (15)
5. Cartagena Beteta, M. (2008). Relación entre la Autoeficacia en el Rendimiento Escolar y los Hábitos de estudio en el Rendimiento Académico en Estudiantes de Secundaria. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 6 (3), 59-99
6. Julian Perez Porto & Ana Gardey. Publicado 2008 Actualizado 2008 Definicion. de : Definición de Reprobación(https://definicion.de/reprobacion)
7. TecNM (2018) https://www.tecnm.mx/tecnm/la-educacion-superior-ese-gran-tema
8. ESPINOZA GARCÍA, Catalina et al. (2005) “Propuesta de sistema integral de tutorías académicas para el nivel medio superior universitario”; Ponencia presentada en el Foro Reforma del Bachillerato Universitario. Benemérita Universidad de Puebla, 28, 29 y 30 de noviembre de 2005
9. SNIT (2012). Manual del Tutor del SNIT. Recuperado de https://www.tecnm.mx/images/areas/docencia/2012-1/tutor/MANUAL_DEL_TUTOR.DD.pdf
10. MEDINA LÓPEZ, M. ; Mariscal Chavarín, T.; Méndez Ramírez ,M.(2018) Habilidades de estudio en la educación superior.Revista Varela, ISSN: 1810-3413 RNPS: 2038 Vol. (18), No. (49), art (05), pp. (53-68), enero-abril, 2018. Recuperado de http://revistavarela.uclv.edu.cu/articulos/rv4905.pdf
11. Brown, W. F., & Holtzman, W. H. (2010). Guía para la supervivencia del estudiante. México: Trillas.

Aprendizaje Basado en Proyectos precursor de colaboración con la empresa comercializadora Keter S.A. de C.V.

R. Mora Reyes[1], N. Rodríguez Ventura [2], A. D. Hernández Vargas[3].*
[1]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n. Aire Libre, Teziutlán. C.P. 73960, Puebla, México.
[2]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n. Aire Libre, Teziutlán. C.P. 73960, Puebla, México.
[3]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n. Aire Libre, Teziutlán. C.P. 73960, Puebla, México.
**raulmorareyes@yahoo.com.mx*
Área de participación: Investigación Educativa.

Resumen

En el Programa de Desarrollo Institucional 2019-2024 del Tecnológico Nacional de México, dentro de sus objetivos se menciona el desarrollo regional, enfocado en impulsar el bienestar económico y social, donde se tomarán como directrices las actividades primarias de cada región. El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán buscando la vinculación con la región, celebra varios convenios lo que permite realizar prácticas, residencias, dualidad y proyectos de investigación en colaboración con las empresas. Mediante la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos en la materia de Diseño de Experiencia de Usuario, los alumnos y alumnas de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales buscaron el acercamiento con dichas empresas y, lograron aterrizar un proyecto, que tiene como objetivo la automatización del departamento de Ingeniería Industrial en la empresa comercializadora Keter S.A. de C.V., en el presente se plasma la planeación y diseño del curso mediante esta metodología de enseñanza - aprendizaje.

***Palabras clave**: ABP, vinculación, enseñanza, aprendizaje.*

Abstract

The Institutional Development Program 2019-2024 of the Technological National of Mexico, within its objectives, regional development is mentioned, focused on promoting economic and social well-being, where the primary activities of each region will be taken as guidelines. The Higher Technological Institute of Teziutlán, seeking the link with the region, celebrates several agreements, which allows to carry out internships, residences, duality and research projects in collaboration with companies. Through the implementation of Project Based Learning in the area of User Experience Design, students of the Computer Systems Engineering degree sought to approach these companies and, managed to land a project, which aims to automate the Industrial Engineering department at the trading company Keter SA de C.V., the planning and design of the course is reflected in this teaching-learning methodology.

***Key words**: ABP, bonding, teaching, learning.*

Introducción

En el Programa de Desarrollo Institucional (PDI) 2019-2024 del Tecnológico Nacional de México, en su área de Vinculación Estratégica, Desarrollo Regional y Financiamiento, menciona como objetivos estratégicos principales, el desarrollo de talento con perfiles globales de docentes y directores para fortalecer el desarrollo profesional; respecto al desarrollo regional, se enfoca en impulsar el bienestar económico y social, donde se tomarán como directrices las actividades primarias de cada región (TecNM, 2019). El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) comprometido con este objetivo busca la vinculación con las empresas de la región; a través de convenios de colaboración y trabajo colaborativo.

Uno de estos convenios se celebró con la empresa comercializadora Keter S.A. de C.V., empresa que se dedica al maquilado de prendas de vestir, como playeras, y al estampado de las mismas; contando con gran infraestructura, recurso humano capacitado y tecnología de vanguardia. Dentro de este convenio se incluye el

desarrollo de proyectos de investigación, residencias, servicio social y dualidad, entre otros. La carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) del ITST decidió aprovechar el convenio y realizar algunas prácticas con la empresa; mediante la materia de especialidad, Diseño de Experiencia de Usuario (UX); aplicando el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se planteo a los alumnos y alumnas las características que debía tener el proyecto y los entregables que se debían cumplir. Permitiendo aterrizar un proyecto el cual tiene como objetivo la automatización del departamento de Ingeniería Industrial en la empresa comercializadora Keter. Las alumnas: Anayeli Mancilla Méndez y Julia de la Cruz Tadeo, trabajaron con la Maestra Naty Rodríguez Ventura y la Licenciada Norma Angélica Franco Arenas para determinar los procesos que deben ser automatizados en el departamento de Ingeniería Industrial, asesoradas por el maestro Raúl Mora Reyes dentro de la materia antes mencionada.

Este proyecto se pudo plantear gracias a la aplicación del ABP, ya que permitió que los alumnos y alumnas buscaran las necesidades de automatización en las empresas, de acuerdo a las características que se plantearon en un inicio del semestre, en la materia Diseño de UX. Planteando las características del mismo y las competencias que deben alcanzar en su desarrollo.

El Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico (CAIDT), perteneciente al ITST, decidió trabajar en el diseño y planeación necesarios para aplicar el aprendizaje basado en proyectos y de esta manera impulsar la vinculación con sector empresarial con la siguiente hipótesis: ¿La implementación del ABP, en materias como Diseño de Experiencia de Usuario, impulsarían la vinculación con las empresas de la región, mediante la colaboración en proyectos de investigación tecnológica que beneficien a la región y permitan a sus alumnos(as) el desarrollo de competencias específicas de manera eficiente?

Metodología

Aprendizaje Basado en Competencias

El método de Maastricht en siete pasos, es recomendable aplicarlo en grupos de máximo 40 alumnos y un mínimo de 20. Se agrupa en tres fases: definición, planeación y ejecución. Para la aplicación del ABP se reconocen tres momentos importantes (Cobo, 2017):

- Definición. En esta fase el docente se enfoca en la definición del proyecto, siguiendo los principios del ABP; no sólo se debe enfocar en los objetivos del proyecto, sino también en incluir información pertinente para comprender el proyecto planteado.
- Planeación. Durante esta segunda fase se preparan diversas actividades de aprendizaje y materiales que facilitan el éxito del proyecto.
- Ejecución. Esta última fase ayuda a planificar las actividades de enseñanza-aprendizaje a lo largo del semestre académico.

Fase 1. Definición

Durante esta fase se llevan a cabo 5 pasos:

1. Leer el caso o situación del problema, esto con el propósito de identificar y clarificar dentro del contexto.
2. Se define el problema, planteando preguntas por cada equipo y exponiéndolas en el grupo.
3. Análisis del problema, aplicando técnicas de intercambio de ideas, como lluvia de ideas.
4. Formulación de soluciones, tomando los problemas planteado en el paso 2 y el análisis en el 3, se plantean hipótesis o soluciones al problema.
5. Planteamiento de objetivos de aprendizaje en forma de preguntas a responder.

Durante la selección del ámbito del problema y su contexto el docente debe de plantear una pregunta que servirá de guía en la investigación y desarrollo del proyecto. Este problema debe estar fuertemente ligado a la competencia específica de la materia, en este caso Diseño de UX, pero el verdadero reto está en que debe motivar a alumno a aprender, ser autodidacta y a comprometerse con su realización. El docente debe preparar una presentación que impacte, dando a conocer la utilidad del proyecto en sus vidas y en su formación profesional, permitiendo descubrir su conocimiento previo sobre el tema y despertar el interés. El docente debe establecer las características que debe tener los equipos de trabajo, cantidad de alumnos, perfiles y, describir

 ISSN 2007-8102

los roles, responsabilidades y obligaciones de cada uno. La definición del producto final debe ser clara, no se debe prestar a interpretaciones vagas y confusiones. Todo esto en función de las competencias que se desean desarrollar en los alumnos. La forma en que debe ser presentado, el instrumento de evaluación, la lista de cotejo que debe cumplir los entregables; de tal manera que los alumnos conozcan con anticipación lo que se espera como resultados. A continuación se presenta, en una tabla, la presentación de la planeación, Tabla 1.

Nombre del proyecto	Aplicación de los estándares de UX en una herramienta de software.
Duración del proyecto	18 semanas, 5 horas por semana
Semestre(s) involucrado(s)	8°, de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Asignatura(s) participante(s)	Diseño de Experiencia de Usuario
Resumen del proyecto	Aplicando las teorías, patrones y buenas prácticas de la UX desarrollar un proyecto de software (Web y/o Móvil) que satisfaga las necesidades reales de las empresa seleccionadas para trabajar colaborativemnte.
Pregunta	¿La aplicación del diseño de la experiencia de usuario en proyectos de software mejora su usabilidad y aceptación en las empresas?
Entregables por tema	Tema 1: Plano de la estrategia.- Propuesta de proyecto, BMC, Peach. Tema 2: Plano del alcance.- Casos de uso escritos, Modelo conceptual. Tema 3: Plano del esqueleto y estructura.- Flujo de procesos, maquetas. Tema 4: Plano de la superficie.- Prototipo mediante un simulador.

Tabla 1. Planeación del proyecto de la materia Diseño de UX

Con respecto a los instrumentos de evaluación, al alumno se le presenta un documento donde se incluye: competencia a desarrollar, instrucciones detalladas, rúbrica de evaluación y ejemplos cuando es posible. En la Figura 1 se muestra la portada una práctica, en la que se especifica: competencia a alcanzar, puntaje que aporta a la unidad, tiempo estimado en horas para su realización; de esta manera el alumno puede planear su desarrollo y conocer el puntaje máximo.



Figura 1. Práctica 1.3 Portada de práctica

La Figura 2, muestra las instrucciones detalladas y la rúbrica de evaluación, esto con la finalidad que el alumno tenga claro el proceso a desarrollar en la realización de la práctica y, los elementos a ser evaluados para que pueda cuidarlos y presentar un producto completo y en forma. Cabe mencionar que tanto las instrucciones y la rúbrica también se montan en la plataforma en línea institucional (Moodle), dentro del curso correspondiente a la materia; de esta manera el alumno conocerá su resultado en tiempo real, al momento que el docente califica y podrá verificar su puntaje acumulado a lo largo del semestre. Esto hace trasparente el proceso de evaluación y permite la retroalimentación oportuna.

 ISSN 2007-8102

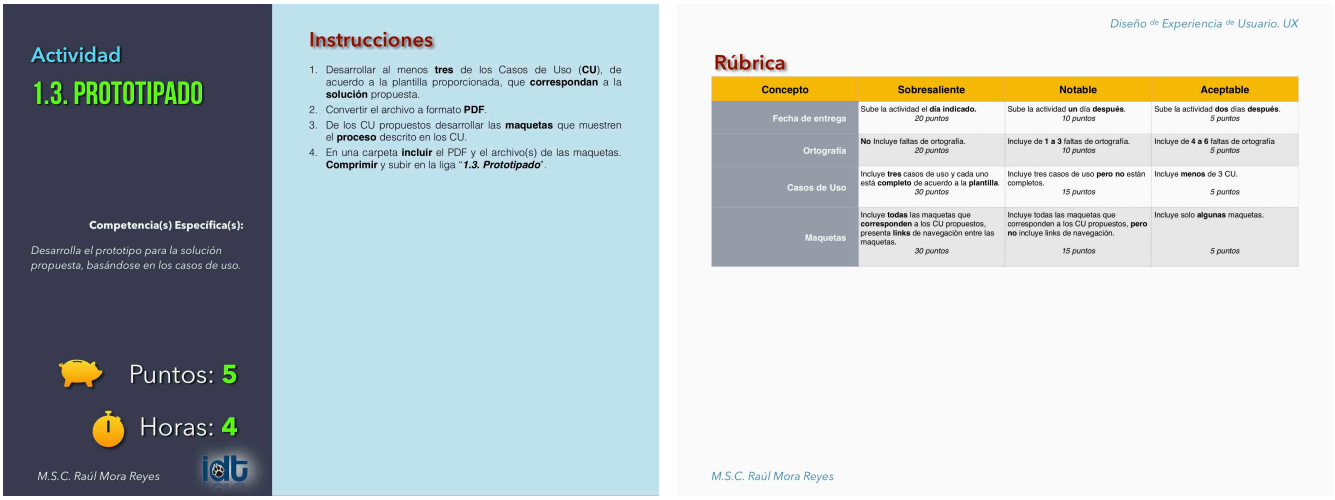


Figura 2. Práctica 1.3. Instrucciones y rúbrica de evaluación

Por último, en el documento de práctica se incluyen ejemplo de cómo debe realizarla y presentarla, de tal manera que no tenga dudas; como se aprecia en la Figura 3.

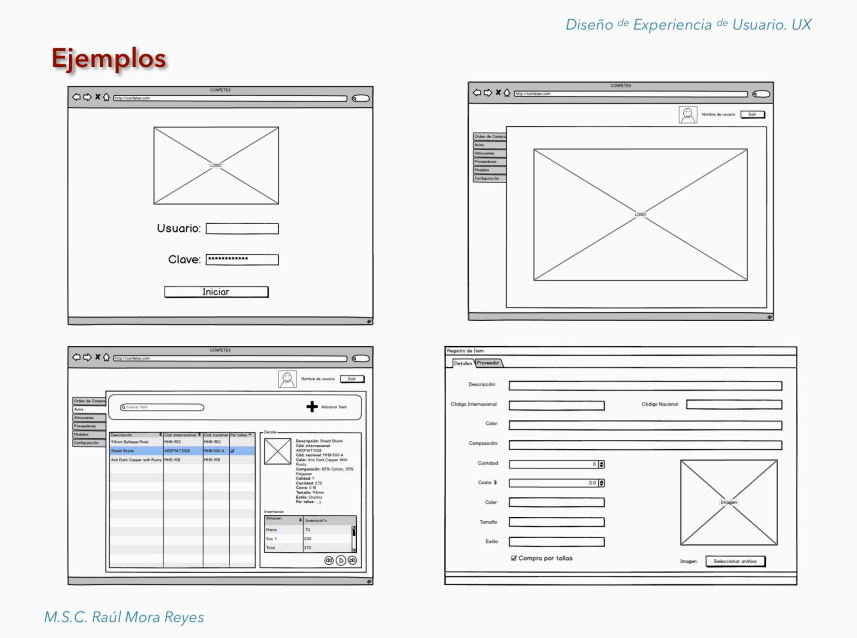


Figura 3. Práctica 1.3 Ejemplos de prototipos.

Fase 2. Planeación

Una vez que los alumnos tienen claro la problemática y tipo de proyecto a efectuar, deben proponer un plan de trabajo, que cuente con un calendario de actividades, estableciendo responsables de cada una y su entregable. En la Tabla 2, se muestra un fragmento del cronograma para la materia que se trabajó.

 ISSN 2007-8102

	Semana						
Actividad / Responsable	1	2	3	4	5	6	...
Presentación de la problemática. / Docente							
Buenas prácticas en el diseño de Software. / Docente							
Investigación: Patrones de diseño de la UX. / Alumnos							
Presentación de Caso de Uso y maquetas de la propuesta. / Alumno líder del proyecto.							

Tabla 2. Cronograma de actividades

Fase 3. Ejecución

Es necesario darles autonomía al momento de la investigación, siendo el docente sólo un orientador y guía, para asegurar que el trabajo coadyuve en el desarrollo de las competencias planeadas en la definición. Una vez realizada la investigación, deben socializar el conocimiento, mediante el análisis y síntesis de la información, a través de mesas redondas, exposiciones o algún otro instrumento que les permita debatir, elaborar hipótesis, estructurar y seleccionar el mejor camino a resolver la problemática, aplicando los conocimiento y herramientas que la materia requiere.

Se debe dar un seguimiento a la planeación en las etapas subsecuentes. Una vez iniciada la investigación se procede a la elaboración del producto. En esta fase los estudiantes tendrán que aplicar lo aprendido en la realización de un producto que dé respuesta a la pregunta de investigación planteada al principio, animándolos a dar rienda suelta a su creatividad. En la Figura 4 se muestra uno de los entregables del prototipo final, en este se muestra el modelo parcial de la base de datos en formato UML, en este se contemplan las tablas para el proceso Balanceo de Línea de la área de Producción de la empresa comercializadora Keter S.A. de C.V.

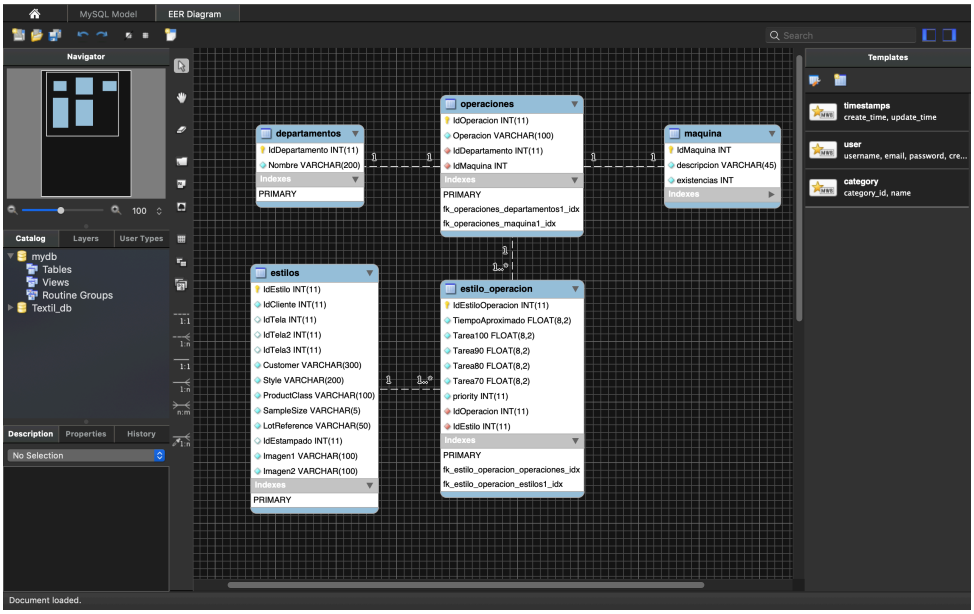


Figura 4. Modelo Entidad-Relación del prototipo.

 ISSN 2007-8102

Los alumnos deben presentar el producto elaborado, exponiendo a sus compañeros lo que han aprendido y mostrando cuál fue la forma en que ellos cómo proponen dar solución al problema inicial. Es importante que la exposición cuente con un guion estructurado, que sirva como guía para explicar de manera clara y con una variedad de recursos, los argumentos en los que se basan y la descripción de la solución. Cuando se han expuesto todas las propuestas, es necesario llegar a una respuesta colectiva a la pregunta inicial, a través de la reflexión de las diversas propuestas para concluir con una respuesta colectiva a la pregunta inicial. Este escenario da lugar a la autoevaluación de los alumnos al reflexionar sobre sus aciertos y errores, así como a la evaluación por parte del maestro al enfrentar las actividades realizadas con la rúbrica proporcionada.

En la siguiente imagen, Figura 5, se muestra una de las pantallas de ejecución del proyecto presentado al final del curso, en esta se muestra el cálculo de balanceo de línea y se expone las buenas prácticas de la UX. En dicha presentación de resultados, los alumnos exponen su experiencia con el ABP y retroalimentan a los equipos de acuerdo las investigaciones y experiencias obtenidas en el desarrollo de los proyectos.

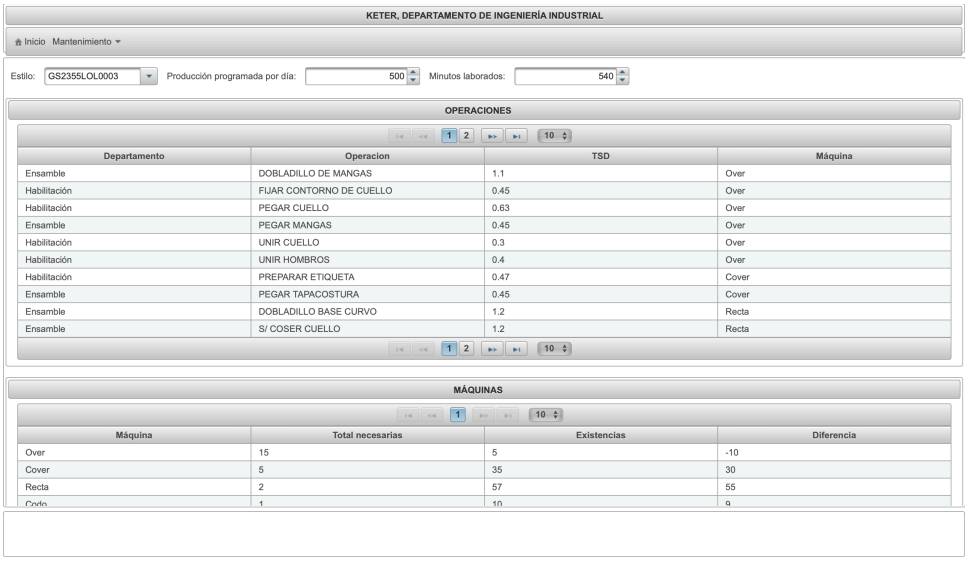


Figura 5. Modelo Entidad-Relación del prototipo.

Resultados y discusión

Durante la aplicación de esta metodología en la materia de Diseño de Experiencia de Usuario UX se pudo observar avances significativos. Con respecto al año anterior, 2017, se pudieron obtener 4 proyectos de desarrollo tecnológico, de 7 trabajados durante el semestre, mismos que se siguen trabajando con el Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico, del ITST. Comparado con el año anterior que solo se consiguió aterrizar 1 proyecto de 6. Figura 6.

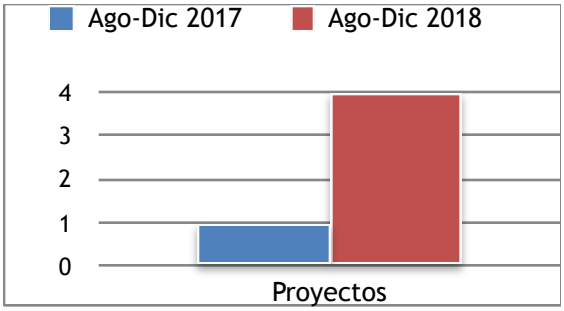


Figura 6.Comparativo de proyecto entre 2017 y 2018.

 ISSN 2007-8102

Con respecto a las evaluaciones de las competencias genéricas y específicas su pudo observar un incremento en su valoración en la siguiente gráfica 2, Figura 7, se puede observar el comparativo de las principales competencias entre los años 2017 y 2018.

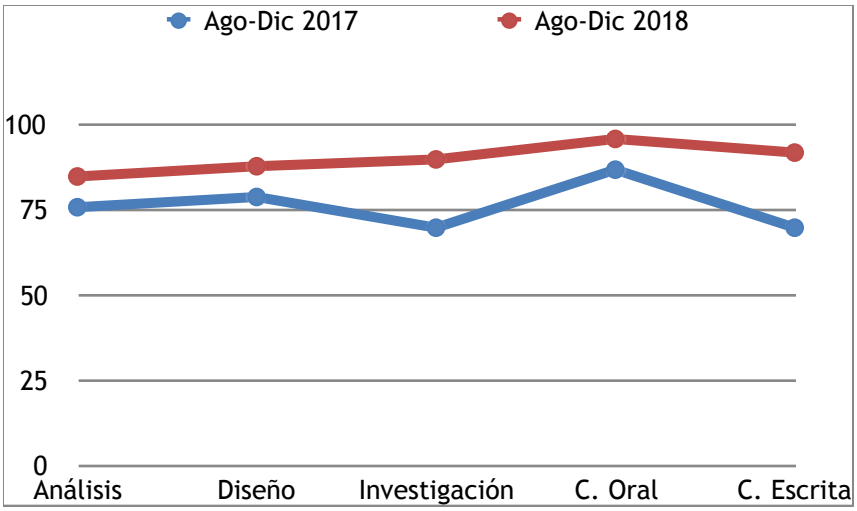


Figura 7. Comparación de evaluación de competencias.

Como se puede observar anteriormente en las valoraciones numéricas de las competencias principales de la asignatura se incrementó, tomando los promedios grupales de cada una de las competencias durante el semestre. En una entrevista realizada al grupo, en el programa de seguimiento de tutorías, los alumnos expresaron:

- Sentirse más comprometidos con la responsabilidad de adquirir conocimiento de manera autónoma, aunque al principio se sintieron desorientados por el cambio de paradigma, con la sesiones grupales y la guía del docente pudieron comprender la forma de trabajar y sus beneficios, comprometiéndose así con el proyecto.
- Al ser responsables de la adquisición del conocimiento, pudieron explorar nuevas estrategias de trabajo autónomo y en equipo, que les permitió ampliar su panorama en el proceso de enseñanza - aprendizaje.
- El trabajar con empresas de la región les permitió aplicar de manera efectiva la parte teórica, conocer el ambiente laboras, analizar las necesidades que la empresa tiene y que busca subsanar con las competencias profesionales de los egresados.

Por lo anterior se puede observar que al ABP como una metodología apropiada para el aprendizaje activo y el desarrollo de competencias, ya que mejora la retención de conocimientos a largo plazo. Lo que lo hace una excelente herramienta en la búsqueda de proyectos que vinculan a los alumnos y alumnas con las empresas de la región, en la búsqueda de solución de problemas y/o cubriendo las necesidades que presenten.

Se trabajará en afinar la planeación y diseño de la importación de la materia de Diseño de Experiencia de Usuario, a travez de la experiencia y retroalimentación obtenidas en esta primera aplicación, también continuar con materias subsecuentes e ir incorporando dicha metodología desde materias en el inicio de la carrera, esto con el objetivo de ir ayudando al los estudiantes a obtener las competencias necesarias para el trabajo autónomo y en equipo, necesarios para la realización de proyectos mediante la metodología ABP.

Conclusiones

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es un método didáctico, que se caracteriza por ser activo, enfocarse en el descubrimiento y construcción de conocimientos y, se contrapone a la estrategia expositiva o clásica. En vez de que el docente sea el protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje, el estudiante es quien se apropia del proceso, investiga, analiza y resuelve los problemas planteados (REIFOP, 2018). El papel del

docente es orientar, exponer la situación problemática, sugerir fuentes de información y colaborar con el alumno.

Pero como todo método, presenta sus dificultades, por un lado los estudiantes no siempre se sienten cómodos cuando se les pide mayor responsabilidad y esfuerzo en el proceso de aprendizaje, ya que implica convertirse en autodidactas. Por lo anterior, se proporcionará soporte para que el alumno se adapte, desde los primeros semestres de la carrera, mediante la introducción gradual del ABP.

Este tipo de aprendizaje toma la premisa que, en general, un alumno se sentirá más motivado por aprender si percibe claramente la necesidad de adquirir el conocimiento. Lo que implica indicar el proceso de aprendizaje con la exposición de principios generales y finalizar con ejemplos de la aplicación práctica de esos principios. Los métodos inductivos, como el ABP, se consideran centrados en el estudiante y en el aprendizaje activo, desde el momento en que el proceso de aprendizaje vuelca más responsabilidad en el estudiante, ante su propio aprendizaje, requiriéndole un esfuerzo de discusión y resolución de problemas desde el inicio de la materia. Asimismo, estos métodos de enseñanza se basan en la idea del constructivismo, es decir, los estudiantes construyen su propia versión de la realidad y su conocimiento a través de su propia experiencia, en vez de absorber la realidad y los conocimientos presentados por el docente.

Referencias

1. Ayllú, S.(2016). Planificaciones. Aprendizaje basado en proyectos (ABP). Una iniciativa SERC Chile.
2. Cobo, G., Valdivia, S.M. (2017). Aprendizaje basado en proyectos. Colección Materiales de Apoyo a la Docencia #1. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
3. García, J., Pérez, J.E. (2017). Aprendizaje basado en proyectos: método para el diseño de actividades. Universidad a distancia de Madrid, UDIMA. Madrid, España.
4. Güell, N., Schwabe, D., Vilain, P. (2001). Modeling Interactions and Navigation in Web Applications. Notes in Computer Science 1921, Proceedings of the world wild web and Conceptual Modling Workshop, ER´00 Conference. Springer, Salt Lake City.
5. Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del Software. Un enfoque práctico (7a ed.). (J. E. Víctor Campos Olguín, Trad.) México: McGrawWHill.
6. REIFOP (2018). Un acercamiento al aprendizaje basado en proyectos, cien años después de “The Project Method”, de W.H Kilpatrick. Asociación Universitaria de Formación del Profesorado. Zaragoza, España.
7. TecNM, (2019). 1ª Reunión Nacional de Directores de Institutos Tecnológicos y Centro del TecNM. Tomado de: http://reunionnacional.tecnm.mx

Material Didáctico con un Pizarrón de Luz Multimedia

A. Nava-Vega[1], Mitzi J. Reyes Cerón, C.[2], Mario A. González Uribe[2], Cesar Eduardo Cea Montufar[2]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniera, Universidad Autónoma de Baja California., Calzada Tecnológico No. 14418, Zona Industrial Otay, C.P.22427, Tijuana, México
[2]Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo, Instituto Politécnico Nacional, Pachuca Ciudad del Conocimiento y la Cultura, San Agustín Tlaxiaca, C.P.42162, Hidalgo, México
**dra.adriananava@gmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El Pizarrón de Luz Multimedia (PLM) es un panel de vidrio iluminado en todos sus bordes, que se utiliza como herramienta didáctica para hacer el aprendizaje más interesante y atractivo, tanto para alumnos como profesores, su funcionamiento utiliza el principio de Reflexión Total Interna Frustrada. La principal característica de este Pizarrón de Luz consiste en que el docente no se encuentra de espalda a los alumnos, siempre mira de frente cuando está dando la explicación, por lo que didáctica y pedagógicamente refuerza la transmisión del conocimiento. Las explicaciones de los cursos se graban y almacenan en un canal de YouTube (www.youtube.com/channel/UCHeZah7WU-NKNKcjvDMh7Ow).El PLM puede ser una herramienta atractiva para la creación del conocimiento, apoyándonos en las tecnologías de la información, se presenta en esta primera parte del trabajo algunos videos, el monitoreo, evaluación y medición del aprendizaje se estará realizando en la siguiente etapa.

***Palabras clave**: Repositorio, Pizarrón, Reflexión, light.*

Abstract

The Multimedia Light Board (PLM in Spanish) is an illuminated glass panel on all its edges, which is used as a didactic tool to make learning more interesting and attractive, for both students and teachers, its operation, uses the principle of Total Internal Reflection Frustrated. The main characteristic of this blackboard of light is that the teacher is not on his back to the students, he always looks straight ahead when he is teaching, so didactically and pedagogically reinforces the knowledge. Course explanations are recorded and stored on a YouTube channel www.youtube.com/channel/UCHeZah7WU-NKNKcjvDMh7Ow) available to all viewers. *The PLM can be an*
attractive tool for the knowledge's creation, based on information technologies, and available to many users, some videos are presented in this first part of the work, monitoring, evaluation and learning's measurement will be performing in the next part of the project.

***Key words**: board, light, reflection, repository*

Introducción

El Pizarrón de Luz fue desarrollado originalmente alrededor de 2011 por Michael Peshkin, profesor de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Noroeste [1]. Inventó el Pizarrón de Luz para crear video-conferencias visualmente estimulantes para sus estudiantes, e inspiró a otros miembros de la facultad y estudiantes a producir sus propios videos con el Pizarrón de Luz. Peshkin también desarrolló el Pizarrón de Luz como un proyecto de libre uso que permite la innovación en diferentes institutos e incluso creó un sitio web en 2013 para compartir instrucciones paso a paso sobre cómo construir un Pizarrón de Luz [2]. Otros institutos, incluido el equipo 'One Button Studio' de la Universidad Estatal de Pensilvania y la Universidad de Duke [3], han adoptado la tecnología y la han modificado para adaptarla a sus propios fines.

Casi al mismo tiempo que Michael Peshkin inventó su Pizarrón de Luz (alrededor de 2011-2012), algunas personas desarrollaron sus propios sistemas de Pizarrón de Luz de forma independiente y casi simultáneamente. Entre ellos Matt Anderson, profesor de física de la Universidad Estatal de San Diego que nombró a su Pizarrón de Luz como "Learning Glass" [4]. En la Universidad Autónoma de Baja California en 2017 nace la intención de construir un pizarrón de luz (lightboard), para 2019 esta intención de traslada a la sede de la Unidad interdisciplinaria de Ingenieras, campus Hidalgo (UPIIH-IPN), es en 2019 cuando se construye el Pizarrón de Luz Multimedia con el fin de aprovechar los principios de óptica básica, la facilidad que las tecnologías de información nos brinda para que los profesores y alumnos graben sus cursos, se pongan a disposición de otros grupos y compañeros con el fin de que se revise el contenido de estos cursos cuantas veces sea necesario.

Metodología

El "*Pizarrón de luz Multimedia (PLM)*" está formado de una lámina de vidrio cristalino, cuyo perímetro se encuentra iluminado con luz blanca por una tira de LED´s, la luz se propaga a través del vidrio mediante el principio de Reflexión Total Interna Frustrada. Este PLM se ubica en un espacio para grabar las sesiones de clase donde se emplea una cámara comercial posicionada frente al PLM, para el proceso de edición se usan programas comerciales de video (Vega Sony); el PLM está en un espacio aislado de la luz exterior y de sonidos con el objetivo de grabar las sesiones de diversos cursos en un ambiente controlado.
La parte de contenido se prepara previamente como si se tratase de un curso frente a grupo y presencial, el material que se selecciona será presentado frente al PLM, empleando la misma superficie como pizarrón.

Reflexión Total Interna

Desde el punto de vista de la óptica geométrica, la conocida Ley de Snell [5] dicta que una un rayo de luz que pasa a través de una interface que separa dos medios materiales se desvía del medio incidente n_i un ángulo Θ_i al medio de transmisión n_t un ángulo Θ_t; los ángulos de incidencia Θ_i y de transmisión Θ_t se miden en relación a una línea normal a la interface de los dos medios materiales. La ecuación de la Ley de Snell se representa con la ecuación,

$$n_i \, sen\, \theta_i = n_t \, sen\, \theta_t \tag{1}$$

Cuando una fuente de luz se encuentra en un medio ópticamente denso $n_i > n_t$ y permitimos que el ángulo de incidencia aumente, el rayo refractado se aproxima gradualmente ($\theta_i < \theta_t$) a la tangente con la frontera de la interface y da paso solamente a un rayo reflejado que se presenta cuando $\Theta_t = 90°$ (ver Figura 1). El ángulo de incidencia que satisface esta condición se le nombra ángulo crítico ($\theta_c = \theta_i$) y para ángulos incidentes mayores o iguales al ángulo crítico, solamente tendremos rayo reflejado, fenómeno que se conoce como reflexión total interna. Cuando el ángulo de incidencia aumenta, el haz reflejado se hace más intenso mientras que el haz transmitido se hace más débil hasta que este último desaparece y el primero lleva toda la energía cuando el ángulo reflejado es igual al crítico [5]. La reflexión total interna se comporta como un espejo.

El rayo de luz avanza en la línea de la interface entre los dos medios, y se le llama onda evanescente (considerando que la luz tiene un carácter onda-partícula). Su amplitud se reduce rápidamente y se va haciendo

 ISSN 2007-8102

despreciable en el segundo medio a una distancia de tan sólo unas pocas longitudes de onda. Si la onda evanescente se extiende a través del medio hacia una región cercana del material de índice más alto, la energía puede ahora fluir a través del espacio que los separa, esto se conoce como Reflexión Total Interna Frustrada [5].

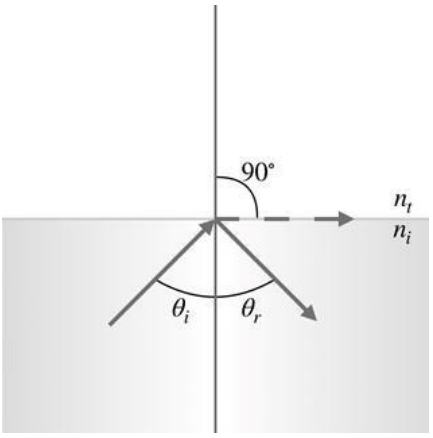


Figura 1. Condición de ángulo critico en una interface con $n_i > n_t$, $\theta_i = \theta_c$, $\theta_t = 90°$.

Regresando al principio de funcionamiento del Pizarrón de Luz, los LED's iluminan la interfaz de vidrio que genera Reflexión Total Interna Frustrada en el bloque de vidrio. En la superficie del vidrio se encuentran marcas de marcador tipo neón que actúan como una segunda interfaz. Cuando se forma la onda evanescente se pueda absorber energía (Reflexión Total Interna Frustrada) y dispersar otra onda resultante haciendo que la marca neón brille. Cuando el vidrio está limpio esta iluminación tiene poco efecto, ya que la luz es totalmente reflejada internamente, pero cuando las moléculas fluorescentes se colocan en el campo de la onda evanescente al escribir sobre el vidrio con un marcador fluorescente, las moléculas brillan intensamente [6].

Materiales

El pizarrón de luz está formado por una lámina de 42 x 90 cm de vidrio monolítico comercial de 6 mm de espesor, montado sobre dos rieles con vástagos de aluminio, con 4 tiras flexibles LED de luz blanca brillante que cubren los bordes superior e inferior, así como en los bordes laterales del vidrio, de esta manera se ilumina internamente.

Procedimiento

El procedimiento de fabricación y montaje considere que alrededor del cristal monolítico se colocar y pegan las tiras de LEDs sobre cada borde del vidrio, aislándolas con cinta negra. Después de que se colocaron las tiras de LEDs lo siguiente fue montar el cristal sobre los rieles de aluminio con los vástagos, los cuales tienen que ensamblarse junto con el cristal, como se observa la figura 2. Para poder hacer las pruebas con el pizarrón de luz se modificó el área de trabajo restringiendo el paso de luz y del sonido.

Por otro lado, el profesor o alumno a impartir una clase o explicación, se coloca de frente a una cámara y entre éste y la cámara se ubica el PLM, para realizar la corrección por la inversión por reflexión, se puede emplear un espejo o la app de la misma cámara digital. Se seleccionan clases a impartir del área de ingeniería y de idiomas.

 ISSN 2007-8102



Figura 2. Estructura del Pizarrón de Luz.

Resultados

Con el Pizarrón de Luz Multimedia (PLM) realizaron pruebas para comprobar su correcto funcionamiento en un ambiente controlado. Se grabaron videos de explicaciones cortas de la materia de Cálculo, Física, Ingles y de la introducción al proyecto. En las pruebas de video, se obtuvieron buenos resultados en la calidad de imagen creando algunos videos atractivos con el PLM. Con el contenido multimedia disponible previamente grabado y editado fue posible crear un repositorio de contenido multimedia disponible en el canal de YouTube https://www.youtube.com/channel/UCHeZah7WU-NKNKcjvDMh7Ow. En la figura 3 y 4 se observan algunas notas de las breves explicaciones de los temas de cálculo, así como una de las personas participantes del proyecto.

El empleo del PLM para grabar cursos es una iniciativa de la Unidad Interdisciplinaria de Ingenierías, campus Hidalgo, perteneciente al Instituto Politécnico Nacional y nos encontramos en la fase inicial del trabajo, en siguiente fase, se realizara el seguimiento, monitoreo, análisis de la medición del aprendizaje de los diferentes temas en particular de cursos que se están impartiendo en la unidad.

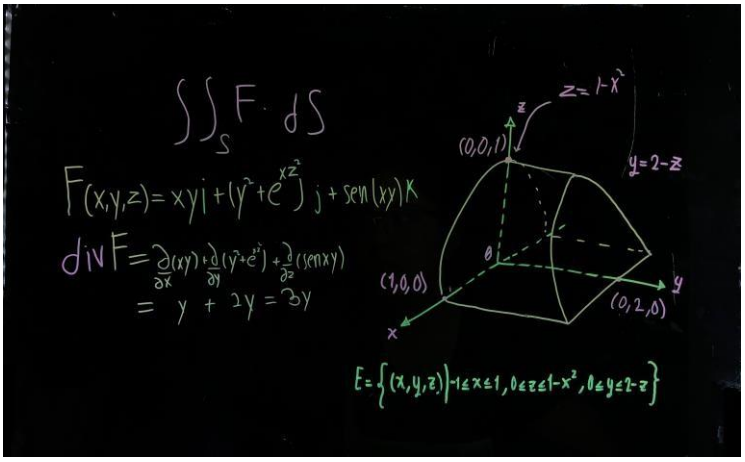


Figura 3. . Pizarrón de Luz con LED's encendidos.

 ISSN 2007-8102

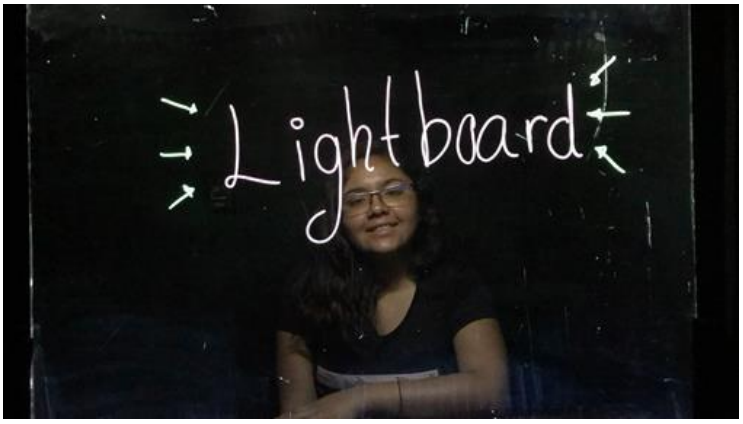


Figura 4. Pizarrón de Luz con LED'S encendidos con presentador.

Conclusiones

El Pizarrón de Luz Multimedia (PLM) resulta ser una herramienta atractiva para el desarrollo de contenido multimedia para el aprendizaje de alumnos como profesores, sin embargo, se puede mejorar la calidad de los videos utilizando un panel de vidrio ultra claro con menos impurezas de hierro, además de mejorar la condición de luz y sonido. Se logró un repositorio inicial de contenido multimedia satisfactorio, el cual se puede expandir con más videos de diversos temas explicados por varios profesores y también con la ayuda de alumnos de nuestra institución.

Como trabajo futuro se pretende dar un seguimiento académico, midiendo el nivel de comprensión para los alumnos que tomen clases o busquen alguna asesoría por este medio, estas herramientas de medición están en proceso de desarrollo, ya que este es un trabajo multidisciplinario entre los profesores que imparten el curso o explicación, personal de apoyo en la grabación y psicopedagogos.

Ventajas

El Pizarrón de Luz Multimedia tiene muchas ventajas cuando se utiliza para crear videos didácticos para plataformas como YouTube u otras. A continuación, se nombran algunas:

El PLM permite al profesor estar de frente cuando explica un tema de su curso, de esta forma el profesor interactúa cara a cara con los alumnos. Esta interacción hace posible que la presentación del tema sea visualmente atractiva y didáctica y pedagógicamente refuerza la transmisión del conocimiento. Debido a la facilidad de uso del PLM, no se requiere ser experto en la creación y edición de videos; sin embargo, es deseable que se tengan conocimiento en su manejo a un nivel básico. La rapidez y facilidad de manejo del PLM definitivamente ayuda a superar las predisposiciones de algunos maestros que se sienten incómodos con la producción de videos. En la actualidad contamos en el mercado con teléfonos cuya cámara puede adaptarse de forma automática a las condiciones de luz, sonido sin la necesidad de una cámara de video profesional, produciendo videos de muy alta calidad.

Desventajas

Algunas desventajas que se identifican con el modelo actual del PLM, son que la superficie efectiva para escribir es reducida, lo que provoca que el tiempo para borrar y volver a escribir se considera tiempo muerto. Siendo la superficie del PLM vidrio cristalino, este se raya o podría sufrir algún golpe y generar grietas, lo que nos lleva a tener más cuidados en el uso y almacenamiento del dispositivo. Además, la falta de experiencia a la hora de grabar en frente de una cámara provoca un nerviosismo en algunos alumnos o maestros, lo cual prolonga la producción de videos.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo incondicional de la UPIIH-IPN, del Dr. Adolfo Escamilla Esquivel y a nuestro actual director, Ing. Francisco Javier Escamilla López, en todas las acciones requeridas para proporcionarnos el espacio y facilidades en los laboratorios. Al Dr. Eduardo Ramos, Dr. Santos León Escalante, Dr. Luis Armando Villamar Martínez, Lic. Sonia Navarrete Cuevas, por creer y apoyar en esta idea. A nuestro técnico Hugo Rivera y al Arq. Corchado, que nos ayudan de forma incondicional en el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. Northwestern University's Digital Learning (2016). Pizarrón de Luz Studio. Disponible en https://digitallearning.northwestern.edu/article/2016/04/12/Pizarrón de Luz-studio
2. Peshkin, M. (2013). An open source project website built by Michael Peshkin. Disponible en http://Pizarrón de Luz.info
3. Wells, S.(2014).The Pizarrón de Luz is done! Disponible en: https://sites.duke.edu/ddmc/2014/06/04/the Pizarron de luz is-done/
4. Anderson, M. Learning Glass Disponible en: http://its.sdsu.edu/docs/Learning_ Glass_Specifications.pdf
5. Hecht, E., Col, R., Talavera, R. & Pérez, J. (2000). *Óptica*. Madrid: Addison Wesley.
6. Skibinski, E., DeBenedetti, W., Ortoll-Bloch, A., & Hines, M. (2015). A Blackboard for the 21st century: An inexpensive Light Board Projection system for classroom use. Journal of Chemical Education, 2015, 92, 1754−1756. doi:10.1021/acs.jchemed.5b00155

Estudiantes de Derecho y su capacidad emprendedora

B. Antonio Pacheco[1], M. G. Aguirre Alemán[1], M. Á. Clara Zafra[1], Ma. T. L. Sainz Barajas[1], J.J. Chiñas Valencia[1]*
[1]Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Veracruzana, Av. Universidad Km 7.5, Col. Santa Isabel, C.P. 96538, Coatzacoalcos, Veracruz, México
[1]antpacheco@uv.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Los Licenciados en Derecho, entre otros, tienen la oportunidad de desarrollarse como empleadores ya que pueden otorgar diversos servicios jurídicos y contribuir a la generación de empleos que coadyuven con el desarrollo económico y social del país. El objetivo fue diagnosticar el grado de capacidad emprendedora en estudiantes de una Institución Educativa Superior, cuyo beneficio radica en la permeabilidad que tiene este estudio para ser aplicado en otros programas. Esta investigación es de tipo cuantitativo, con alcance descriptivo y de corte transversal. El instrumento utilizado refleja cuatro dimensiones: capacidad de relacionarse socialmente, de realización personal, creatividad y de planificación con cinco opciones de respuesta tipo Likert. Entre los resultados obtenidos muestran que los sujetos poseen una capacidad alta en la variable de realización personal que obtuvo la media más alta (3.98), planificación (3.94), creatividad (3.87) y una capacidad media en poder relacionarse socialmente (3.68).

***Palabras clave**: Emprendedurismo, empleo, estudiantes*

Abstract

Law graduates, among others, have the opportunity to develop as employers as they can provide various legal services and contribute to the generation of jobs that contribute to the economic and social development of the country. The objective was to diagnose the degree of entrepreneurial capacity in students of a Higher Educational Institution, whose benefit lies in the permeability of this study to be applied in other programs. This research is quantitative, with descriptive scope and cross-sectional scope. The instrument used reflects four dimensions: ability to socially relate, personal fulfillment, creativity and planning with five Likert response options. Among the results obtained show that the subjects have a high capacity in the variable of personal achievement that obtained the highest average (3.98), planning (3.94), creativity (3.87) and an average capacity in being able to relate socially (3.68).

***Key words**: Entrepreneurship, employment, students*

Introducción

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en diciembre de 2018 la tasa de desocupación en México fue de 3.6% de la Población Económicamente Activa (PEA), lo que representa un aumento comparado con el año 2017 que fue de 3.3% y que se ubicó en el mismo nivel presentado en diciembre de 2016 (3.6%). La tasa de desocupación hace referencia al porcentaje de la PEA que no trabajó, pero manifestó su disposición para hacerlo y registró alguna actividad por obtener un empleo (Expansión, 2019). He ahí donde emana el concepto de emprendimiento que desde el punto de vista de Happer (1991) citado por Alcaraz (2011), lo identifica como una “persona capaz de revelar oportunidades y poseedor de las habilidades necesarias para elaborar y desarrollar un nuevo concepto de negocio” (p.2), es decir tiene la virtud de identificar y gestionar problemas y oportunidades mediante el aprovechamiento de sus capacidades y recursos. Aunado a lo anterior, para contribuir al desarrollo económico y social del país, es necesario generar nuevas fuentes de empleo que permitan ocupar a las personas en un trabajo digno para su bienestar, es aquí donde surge la importancia de contar con una visión amplia de emprendimiento; para ello las Instituciones de Educación Superior (IES) juegan un papel primordial en el desarrollo de las capacidades de sus estudiantes y sembrar en ellos el espíritu emprendedor para que cuando egresen de un programa educativo y se enfrenten a la realidad

 ISSN 2007-8102

laboral, ellos mismos puedan ser autoempleados y además generadores de empleo. Desde esta perspectiva, no debe existir una limitante en los programas educativos, pues todos tienen la misma oportunidad de crear nuevas organizaciones desde el área de medicina, técnica, económico administrativo, humanidades y sociales por solo destacar algunas, es por ello que los estudiantes de la carrera de Derecho deben desarrollar sus habilidades, y conocer sus capacidades les da la oportunidad de pulir sus debilidades y conservar sus fortalezas.

Dicho lo anterior, es fundamental hacer hincapié que el presente diagnóstico tiene como objetivo determinar el grado de capacidad emprendedora en estudiantes del programa educativo de Derecho del Sistema de Enseñanza Abierta (SEA) de la Universidad Veracruzana (UV), campus Coatzacoalcos Veracruz, durante el periodo febrero-julio 2019. No está de más agregar que la UV es una institución educativa de nivel superior pública y autónoma con cinco regiones a lo largo del estado de Veracruz y es reconocida como la Universidad de mayor impacto en el sureste de la República Mexicana, ocupa el lugar número 20 dentro de las mejores del país de un total de 50 Universidades, esto de acuerdo a datos publicados por TOPUNIVERSITIES (2019) y obtuvo un puntaje de 33.2% de cien puntos en la reputación académica, lo que la coloca en el número 148 de las mejores Universidades en América Latina de un total de 391 instituciones. Entre sus diversas entidades se encuentra el SEA que tiene sus orígenes en el año de 1980 (UV, 2019) y entre los programas educativos que oferta el campus Coatzacoalcos se encuentra la carrera de Derecho.

Metodología

La presente investigación se abordó de manera cuantitativa, con enfoque descriptivo y de corte transversal, se seleccionaron a los estudiantes del programa educativo de Derecho activos durante el periodo escolar febrero-julio 2019 con la finalidad de medir su capacidad emprendedora. La etapa inicial consistió en la revisión documental de dimensiones aportadas por distintos autores, se eligieron las propuestas por Mavila, Tinoco & Campos (2009) citado por Garza (2016) debido a que la definición de las mismas se apegan al estudio en cuestión, en la Figura 1 se aprecia lo anterior.

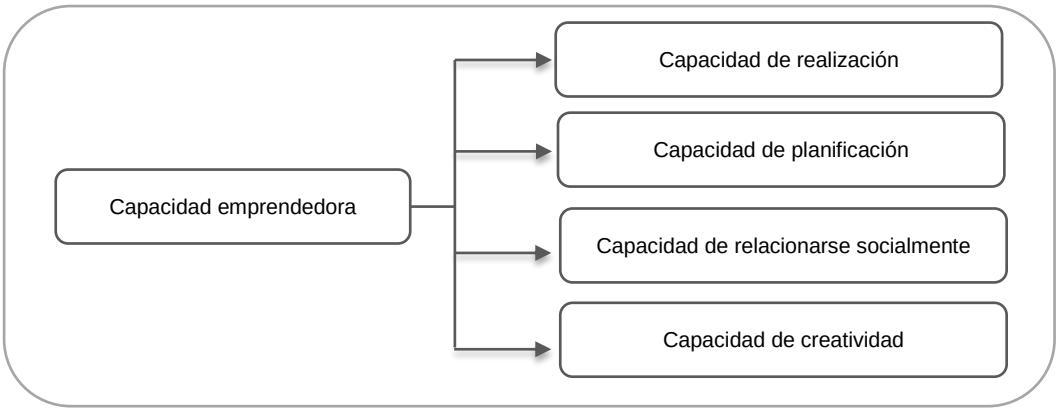


Figura 1. Modelo de capacidad emprendedora. Elaboración propia a partir de las dimensiones propuestas por los autores: Mavila, Tinoco y Campos (2009).

De acuerdo con estos autores, la capacidad de realización hace referencia al impulso por vencer desafíos, avanzar y crecer, así como el esfuerzo por alcanzar el triunfo, metas, buscar oportunidades y ser persistentes; por su parte, la capacidad de planificación hace hincapié a diseñar planes consistentes para aprovechar las oportunidades y disminuir las amenazas. La capacidad de relacionarse socialmente enfatiza la habilidad para establecer vínculos con personas e instituciones y se manifiesta a través de técnicas de comunicación efectiva; finalmente, la capacidad de creatividad se define como la habilidad para sugerir soluciones y planteamientos creativos para obtener éxito empresarial.

En la segunda etapa se define la muestra de la población de estudio, por lo que es necesario recalcar que durante el periodo febrero-julio 2019 se encontraban adscritos 458 estudiantes de Derecho al SEA, el tipo de muestreo aplicado fue el probabilístico, utilizando el Software Survey IM, con un nivel de confianza de 95% y un

 ISSN 2007-8102

margen de error de 5%, dando como resultado 210 sujetos a encuestar. Cabe agregar que se seleccionaron de manera aleatoria los grupos participantes en este proceso; en lo que compete al instrumento utilizado, fue validado en Perú por Flores (2003) encuesta compuesta por 20 ítems, y los autores Mavila, Tinoco y Campos (2009) le agregaron seis ítems y quedó conformada por 26 preguntas. Es necesario enfatizar que para la presente investigación se le agregaron datos demográficos como género, edad, estado civil, semestre en que se encuentran los sujetos de estudio, que corresponde a la primera sección; la segunda se refiere a las cuatro dimensiones de la capacidad emprendedora visualizado en la Figura 1; y la tercera sección permite obtener comentarios y sugerencias; habría que decir también que las opciones de respuestas son de tipo Likert (1=nunca al 5=siempre). Finalmente la tercera etapa se concentró en el análisis de los resultados a través de las gráficas.

El Alfa de Cronbach obtenido en esta investigación fue de 0.90 y con base en las aportaciones de George y Mallery (2003) esto indica que el nivel de confiabilidad es alta. Para determinar el nivel de capacidad presente en los sujetos de estudio, se utiliza la escala definida en la Tabla 1.

Intervalo	Nivel de capacidad
1.0 – 2.3	Bajo
2.4 - 3.7	Medio
3.8 – 5.0	Alto

Tabla 1. Intervalo para determinar la capacidad emprendedora. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Resultados y discusión

En este apartado se presentan los principales resultados de los sujetos de estudio, tales como datos sociodemográficos, medias generales por dimensiones, Alfa de Cronbach y el nivel de capacidad presente; estos tres últimos se aprecian en la Tabla 2.

Capacidad emprendedora	Ítems	Media	Coeficiente Alfa de Cronbach	Nivel de capacidad
Capacidad de relacionarse socialmente	6,7,10,12,15,16,18,21,22,23, 24, 25	3.68	0.85	Medio
Capacidad de realización personal	9, 19, 20, 26, 28	3.98	0.64	Alta
Capacidad de creatividad	27, 29, 30, 31	3.87	0.60	Alta
Capacidad de planificación	8, 11, 13, 14,17	3.94	0.72	Alta
Total	**26**	**3.87**	**0.90**	**Alta**

Tabla 2. Ítems, media, coeficiente Alfa de Cronbach y nivel de capacidad emprendedora por dimensiones. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Con los resultados mostrados en la Tabla 3 se puede apreciar que el 57% de los sujetos participantes en la encuesta son del género femenino y el resto masculino. Así también, se visualiza que la mayoría de los estudiantes se encuentran en un rango de edad entre 21 a 25 años lo que representa el 64% y solo el 14% igual o menor a 20 años igual que la categoría empatado de 26 a 30.

En relación al semestre, el segundo es el que representa resultados más sobresalientes con un 32%, seguido por el sexto con un 8% menos, el cuarto con un 2% menos respecto a este último y con un 4% y 14% menos el octavo y décimo respectivamente.

 ISSN 2007-8102

1. Género	Masculino 43%	Femenino 57%
2. Edad	Igual o menor a 20 años	14%
	21 a 25 años	64%
	26 a 30 años	14%
	31 a 35 años	3%
	36 a 40 años	3%
	41 a 45 años	1%
	Igual o mayor a 46 años	1%
3. Semestre	Segundo	32%
	Cuarto	22%
	Sexto	24%
	Octavo	18%
	Décimo	4%

Tabla 3. Datos demográficos. Fuente: Elaboración propia, 2019.

A continuación se presentan las medias totales de cada una de las cuatro dimensiones de estudio, así como las medias de los ítems de cada factor, para finalmente presentar una media global. Con los datos mostrados en la Figura 2, es posible observar los resultados de la primera variable de estudio: capacidad de relacionarse socialmente, importante sustentar que el ítem con mayor media es la que cuestiona si los estudiantes cumplen con todos sus compromisos adquiridos (4.20) y la más baja si los estudiantes construyen redes de apoyo (2.63).

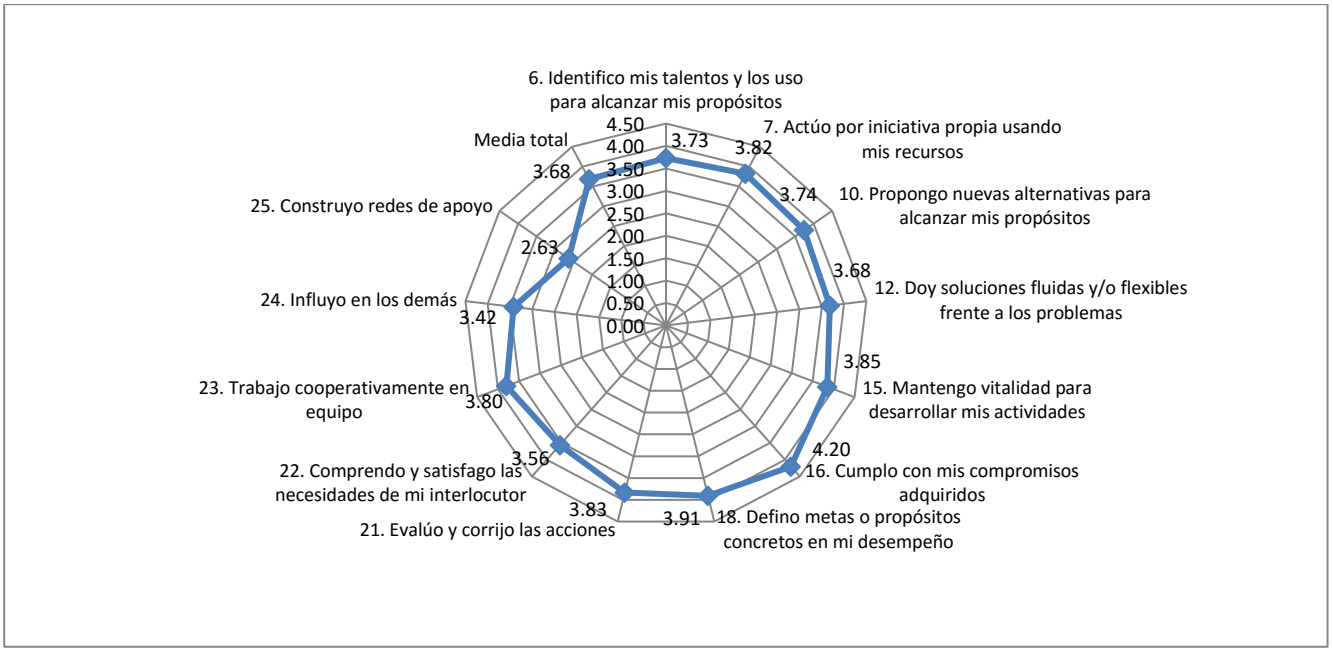


Figura 2. Capacidad de relacionarse socialmente. Fuente: Elaboración propia, 2019.

 ISSN 2007-8102

Para el caso de la variable de realización personal, el ítem mejor evaluado es el que hace referencia a que los estudiantes al enfrentarse a un problema, lo consideran algo normal en la vida del ser humano (4.20) y la más baja la que enfatiza que administran racionalmente los recursos (3.78), esto se aprecia en la Figura 3.

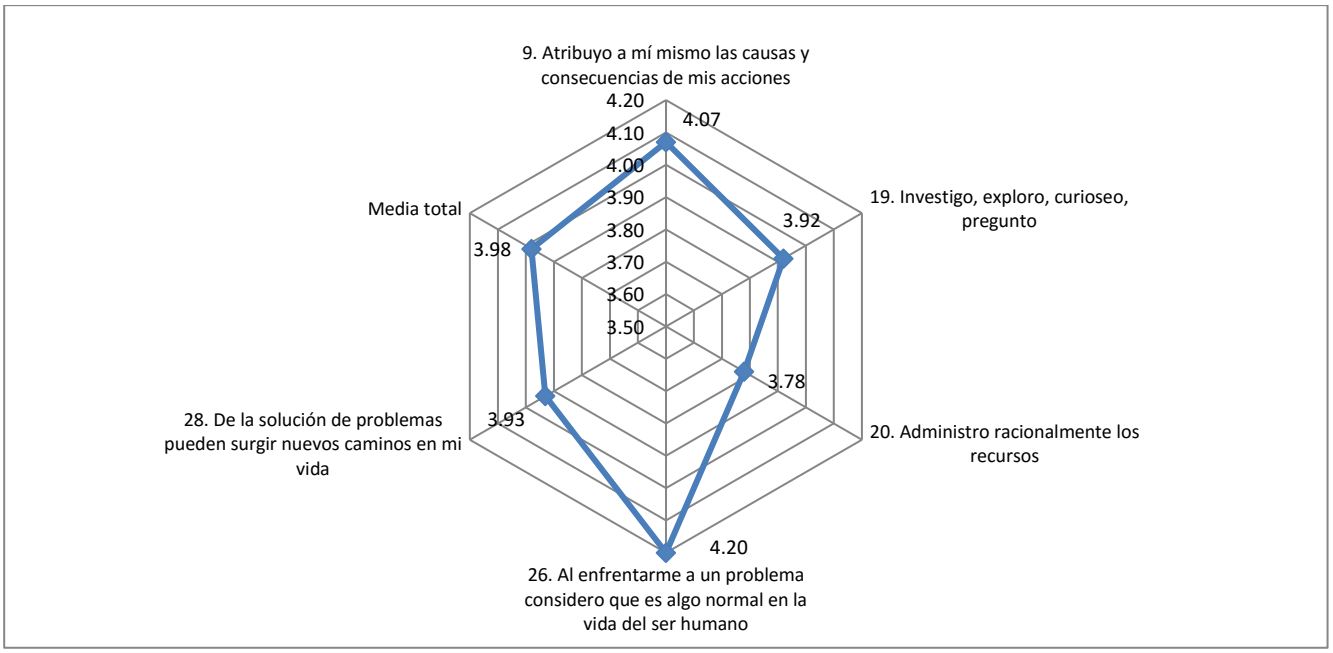


Figura 3. Capacidad de realización personal. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Conviene subrayar que para la capacidad de creatividad, el ítem mejor diagnosticado es la que cuestiona sobre el interés de los sujetos en saber cómo funcionan las cosas (4.29) y la más baja evaluada la que pregunta si los estudiantes prestan atención a lo que otros denominan ideas locas (3.51), misma que se aprecia en la Figura 4.

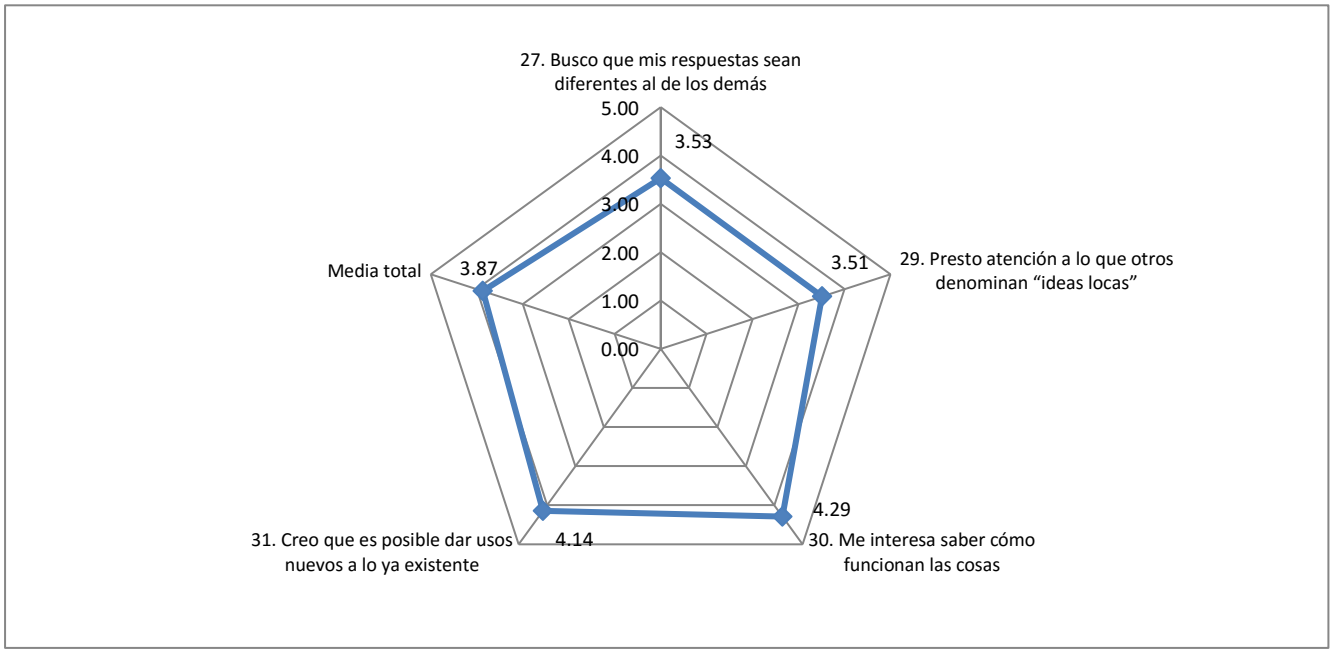


Figura 4. Capacidad de creatividad. Fuente: Elaboración propia, 2019.

 ISSN 2007-8102

Por su parte, en la Figura 5 para la capacidad de planificación, puede observarse que la pregunta con resultado más alto es el que cuestiona si los estudiantes buscan perfeccionarse y superarse como persona (4.42) y la más baja aquel que pregunta si observan, calculan y controlan los riesgos al emprender acciones (3.75).

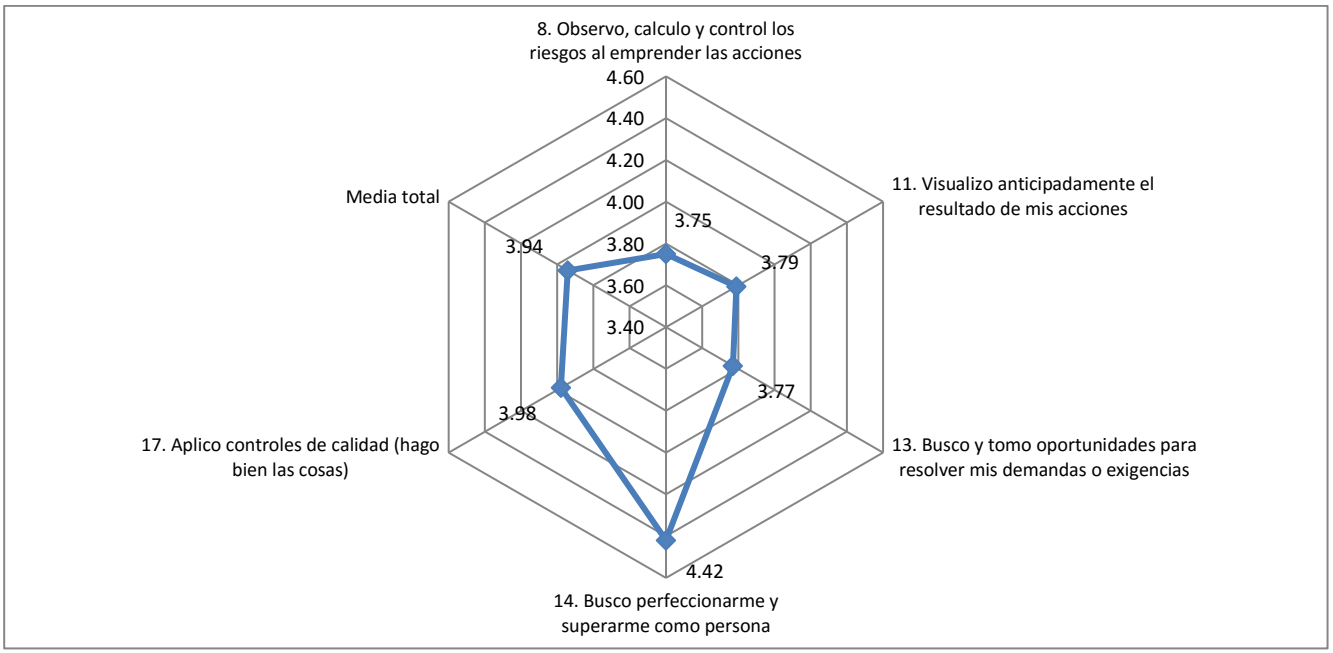


Figura 5. Capacidad de planificación. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Por otro lado, en la Figura 6 se visualiza la media total de cada variable de estudio y se percibe claramente que los resultados con capacidad alta son la de realización personal (3.98), seguido por planeación (3.94) y la creatividad (3.87), sin embargo la capacidad de relacionarse socialmente (3.68) se encuentra en una escala media lo que indica que existen áreas de oportunidad. Con la media global (3.87), se determina que la capacidad de emprendimiento en los estudiantes de Derecho es alta, de acuerdo con la escala de medición.

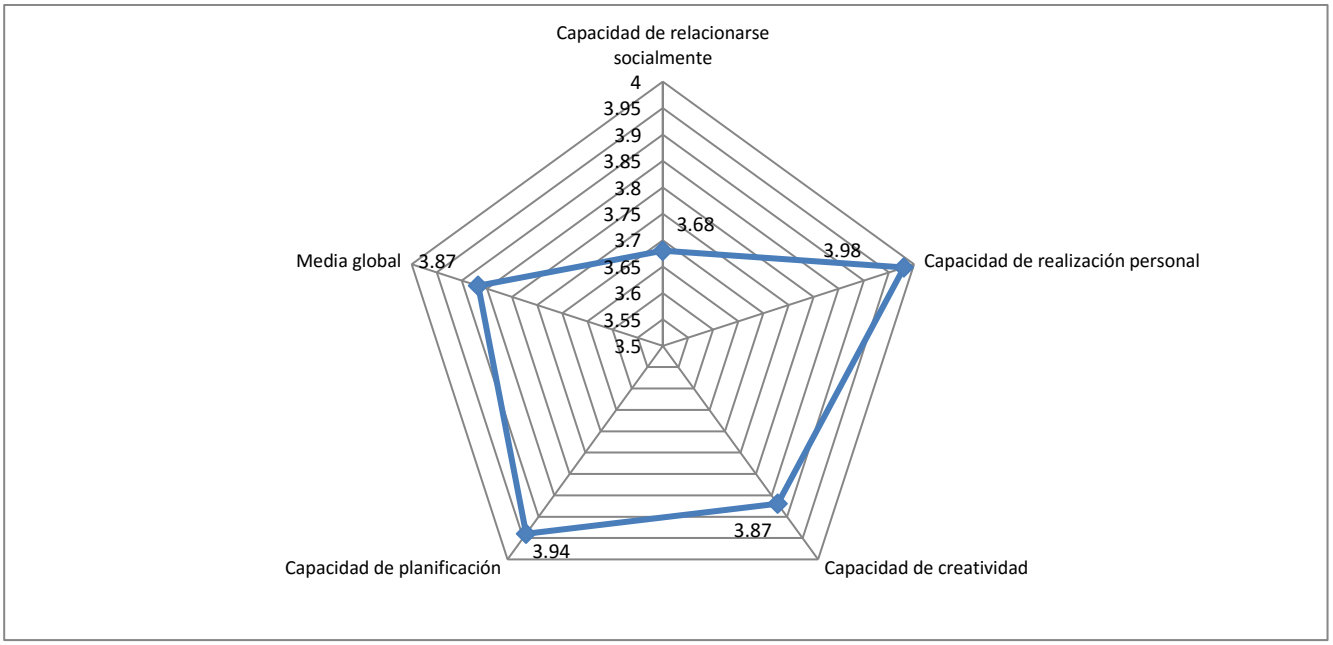


Figura 6. Media general de las capacidades de emprendimiento. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Con base en los resultados obtenidos y la escala de medición establecida, se determina que los estudiantes del programa educativo de Derecho del Sistema de enseñanza abierta de la Universidad Veracruzana, campus Coatzacoalcos inscritos durante el periodo febrero-julio 2019 cuentan con una capacidad emprendedora alta; sin embargo, cabe mencionar que en el ítem de relacionarse socialmente los estudiantes tienen áreas de oportunidad en la construcción de redes de apoyo (2.63); pero, es satisfactorio saber que cumplen con sus compromisos adquiridos (4.20), definen metas o propósitos concretos en su desempeño (3.91), mantienen vitalidad para desarrollar sus actividades (3.85), evalúan y corrigen sus acciones (3.83) factores que les serán útiles para ser emprendedores. A su vez, para la capacidad de realización personal, el ítem con mayor área de oportunidad en relación a los demás, es la que cuestiona sobre la administración racional de los recursos (3.78) aspecto fundamental para un visionario; pero es grato saber que cuando los estudiantes se enfrentan a un problema, lo visualizan como algo normal en la vida del ser humano (4.20), con lo que se infiere que no existe descontrol frente a un obstáculo para su solución. Hay que mencionar además, que es favorable apreciar sus criterios de dar uso nuevo a lo ya existente (4.14), pues esto hace pensar que cuentan con una visión de innovación y tienen la iniciativa para conocer cómo funcionan los procesos y entidades (4.29). Habría que decir también que para la capacidad planificación, buscan perfeccionar y superarse como persona (4.42) lo que hace inferir que tienen el deseo de sobresalir y siempre obtener mejores oportunidades, hacen bien las cosas pues les agrada que desde la primera resulten de manera correcta (3.98), sin embargo, es fundamental reforzar el control de los riesgos al emprender acciones pues los resultados reflejan la media más baja para esta categoría (3.75).

Cabe señalar que la capacidad de realización personal refleja el resultado más alto de las cuatro variables (3.98), lo que indica que cuentan con el impulso por crecer, avanzar y enfrentar desafíos, les motiva lograr el triunfo, cumplir con sus metas trazadas; así mismo, la media de la capacidad planificación está cercana a la variable arriba mencionada (3.94) lo que hace inferir que se fijan metas, diseñan planes y estrategias que les permite cumplir sus objetivos; continuando con la creatividad (3.87) que hace referencia a la habilidad para dar soluciones nuevas e innovadoras; en contraparte, las áreas de oportunidad radican en las relaciones sociales (3.68) donde existe una diferencia considerable en las tres medias arriba destacadas, es decir, influir de manera positiva en los ánimos de las demás personas capaces de generar vínculos por medio de una comunicación efectiva, y este resultado es una oportunidad para los sujetos estudiados el poder pulirlos.

Por su parte, en la investigación realizada por Mavila, Tinoco y Campos (2009), desarrollado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) con sede en Perú, tuvo como objetivo determinar los factores influyentes en la capacidad emprendedora de los estudiantes y comprendió una muestra de 449 sujetos de distintos programas educativos. El cuestionario aplicado constó de cuatro dimensiones: capacidad de planificación, relacionarse socialmente, realización personal y creatividad. Los resultados obtenidos destacan que los estudiantes de Ingeniería Industrial responden mejor en creatividad y planificación; los estudiantes de Letras y Ciencias Humanas respondieron mejor en realización y creatividad, mientras que los de Ciencias Sociales, Ciencias Administrativas, Ingeniería Geológica, Ciencias Biológicas y Ciencias Contables en realización y planificación. Estos últimos concuerdan a los obtenidos en los estudiantes de Derecho adscritos al sistema de Enseñanza Abierta de la Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos Ver., México.

Trabajo a futuro

Con los alcances obtenidos en esta investigación es posible resaltar los trabajos futuros a desarrollar en el ámbito de estudio, por lo que es necesario difundir los resultados del presente diagnóstico entre la comunidad Universitaria para que cobre mayor fuerza en la sociedad actual; integrar dentro de los programas educativos de Derecho una experiencia educativa denominada “Desarrollo de emprendedores” con el propósito de sembrar en los estudiantes el emprendimiento, creatividad e innovación, así como actitudes que lo lleven a potenciar un carácter emprendedor aplicándolos en la generación, diseño y planeación de negocios; organizar Foros en donde se inviten a expertos en la materia, con la finalidad de que los estudiantes visualicen las experiencias y recomendaciones de los exponentes y disminuir un cierto grado de riesgo; así mismo, incentivar a los sujetos a tomar cursos en línea sobre el emprendimiento con la finalidad de intensificar en ellos el fenómeno estudiado; participar con proyectos en ferias de emprendedores que organicen otras facultades, con el objetivo de interactuar y retroalimentar ideas innovadoras; y una vez implantado las recomendaciones anteriores, generar nuevas investigaciones para conocer el nuevo grado de capacidad emprendedora en los estudiantes de estas y otras disciplinas.

Conclusiones

El objetivo primordial fue determinar el grado de capacidad emprendedora presente en los estudiantes del SEA del programa educativo de Derecho de la Universidad Veracruzana Campus Coatzacoalcos a través de un diagnóstico, se enfatiza que los estudiantes cuentan con una capacidad alta que han desarrollado a lo largo de su vida y en su caso algunas habilidades ya son innatas, pues en su plan de estudio no se contempla alguna experiencia educativa de emprendimiento.

Como se ha destacado, es fundamental que los estudiantes desarrollen sus capacidades emprendedoras y las IES apoyen en este proceso de formación integral. La necesidad de fomentar la cultura emprendedora se justifica básicamente en el hecho de que es posible y es necesario. Por su parte, los resultados obtenidos son interesantes, pues hace referencia a la capacidad más desarrollada que poseen los sujetos es la de realización personal, sin embargo, la más baja es poder relacionarse socialmente, por lo que es fundamental trabajar en ello pues su perfil profesional lo demanda.

Además es claro que diagnósticos de este tipo, permite a los estudiantes autoevaluarse y hacer metacognición de sus capacidades personales latentes. El concepto de emprendimiento es un término vigente y así lo seguirá siendo pues de ello depende el bienestar y desarrollo de un país; si se pretende mejorar las condiciones de vida de las personas, es necesario que se trabaje sin temor en la creación de nuevas organizaciones y buscar instituciones que apoyen a los sujetos con esta iniciativa, pues el principal problema al que se enfrentan es el financiamiento. He aquí la importancia de que los organismos encargos de velar por la administración y regulación del comercio, sigan fomentando y promoviendo los apoyos económicos a los emprendedores que así lo requieran, pues la falta del recurso es uno de los principales retos que se enfrentan durante esta trayectoria, tal es caso del Fondo Nacional del emprendedor (FNE) que es desarrollado por el Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM, 2019) por solo destacar una.

Referencias

1. Alcaraz Rodríguez, R. (2011). *El Éxito Emprendedor.* México D.F.: McGrawHill.
2. *El dictamen*. (10 de junio de 2019). Recuperado el 10 de julio de 2019, de https://www.eldictamen.mx/2019/06/veracruz/estatal/universidad-veracruzana-entre-las-15-mejores-del-pais/
3. *Expansión*. (22 de enero de 2019). Recuperado el 28 de febrero de 2019, de https://expansion.mx/economia/2019/01/22/el-desempleo-en-mexico-aumenta-en-diciembre
4. INADEM. (2019). *Sistema emprendedor*. Recuperado el 10 de julio de 2019, de https://www.sistemaemprendedor.gob.mx/
5. Revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe. (07 de octubre de 2009). Recuperado el 20 de febrero de 2019, de http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/viewFile/6109/5301
6. Sáenz, A. A. (junio de 2016). Obtenido de file:///C:/Users/sea/Desktop/1080256662.PDF
7. *Topuniversities*. (2019). Recuperado el 10 de julio de 2019, de https://www.topuniversities.com/university-rankings/rankings-by-location/mexico/2019
8. UV. (12 de marzo de 2019). *Universidad Veracruzana.* Recuperado el 13 de marzo de 2019, de https://www.uv.mx/sea/presentacion/

Implementación de Brigadas Mixtas en Hotel Alameda Suites para la Materia de Seguridad Ocupacional

A. Morales Vasquez[1], I. Sánchez Anastacio[1], C. Velásquez Cortés[1]*
H. Saucedo Rivalcoba[1], B. Guevara Roque[2]
[1]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, km. 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa, Zongolica, Ver., C.P. 95005
[2]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Instituto Tecnológico de Orizaba Oriente 9 Número 852 Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Ver., C.P. 94320
**adela.morales.pd179@itszongolica.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Desarrollar material didáctico vinculado con el área laboral es importante para el aprendizaje significativo del alumno, pero también lo es para los trabajadores de diferentes áreas; para lograr este objetivo se necesitan actividades vinculadas a procesos reales, por ejemplo: acciones ante emergencias en las organizaciones, capacitaciones, desarrollo de planes de contingencia, además del cumplimiento del programa interno de Protección Civil.

En el Hotel Alameda Suites, ubicado en la ciudad de Orizaba, Veracruz, se implementaron brigadas mixtas de protección civil, relacionando las áreas de conocimientos básicos de asistencia durante una emergencia, evacuación, búsqueda y rescate, combate contra incendios, primeros auxilios y comunicación.

Estar preparados y alertas son claves para auxiliar a los huéspedes y colaboradores del hotel, constituyendo pautas de conocimiento para prevenir, intervenir y controlar circunstancias de emergencia formando parte de un deber social.

***Palabras clave**: Brigadas, Capacitación, Protección Civil*

Abstract

Developing teaching material related to the work area is important for significant student learning, but it is also important for workers of different areas; to achieve this objective activities vinculated to real processes are needed, for example: actions front emergency in organizations, training, development of contingency plans, in addition to compliance with the internal Civil Protection program.

In the Alameda Suites Hotel, located in the city of Orizaba, Veracruz, mixed civil protection brigades were implemented, relating the areas of basic knowledge of assistance during an emergency, evacuation, search and rescue, fire of fighting, first aid and communication.

Being prepared and alerts are key to helping hotel guests and collaborators, constituting knowledge guidelines to prevent, intervene and control emergency circumstances as part of a social duty.

***Key words**: Brigades, Capacitation, Civil Protection.*

Introducción

La protección civil es clave para garantizar la seguridad y el bienestar de los ciudadanos, así como para construir una resiliencia económica y social ante los desastres. Una buena protección civil puede literalmente hacer la diferencia entre la pérdida o salvación de vidas, influyendo en el tiempo de recuperación que la sociedad y la economía requerirán después de eventos de gran magnitud (OCDE, 2013).

De acuerdo con el artículo 40 de la Ley General de Protección Civil, del Diario Oficial de la Federación (2018), establece que: Los inmuebles e instalaciones fijas de las dependencias, entidades, instituciones, organismos,

industrias o empresas pertenecientes al sector público, privado y social, deberán contar con un Programa Interno de Protección Civil.

Es por ello que hoy en día es de vital importancia salvaguardar la integridad física del ser humano, ya que toda persona tiene derecho a ser protegida contra agresiones que puedan afectar o lesionar su cuerpo. Con base a lo ya mencionado, para el Hotel Alameda Suites es de gran importancia la integridad física de las personas que laboran o se hospedan dentro del inmueble, por lo que vio la necesidad de capacitar a su persona en temas de primeros auxilios, evacuación, búsqueda y rescate, y combate contra incendios.

Las emergencias abarcan consecuencias funestas y éstas pueden ser de mayor magnitud si no se está preparado para afrontarlas. Los planes de emergencias sirven como soporte técnico y operativo permitiendo actuar en forma oportuna y eficaz con el fin de proteger la vida e integridad física de las personas, en las instituciones de salud; el conocimiento de los planes ayuda a salvaguardar la vida de los trabajadores y de los clientes.

Por ello es imprescindible que en las empresas y de manera especial en las del área turística, se desarrollen actividades de prevención de emergencias, evacuación y mitigación de desastres, teniendo presente la salud mental y el impacto en los trabajadores. Así, en el momento que ocurre el desastre, los planes contarán con programas de vigilancia en salud mental, los cuales son un papel prioritario en la recuperación de los trabajadores o de la población involucrada en dichas situaciones.

La protección civil es un tema relevante no sólo en el área de la transformación sino también es el caso del sector terciario, en donde las brigadas de primeros auxilios, búsqueda y rescate, comunicación, combate contra incendios y evacuación conforman la unidad interna de protección civil en una empresa de bienes y/o servicios.

Los pasos a seguir para la implementación de un programa interno de protección civil son:

1. Evaluar el conocimiento básico del personal acerca de cómo actuar en caso de emergencia mediante uso de formatos de evaluación adecuados
2. Diseñar la capacitación de brigadas mixtas, una vez realizado el diagnóstico.
3. Dar capacitación de brigadas mixtas a los colaboradores de la empresa, considerando los siguientes aspectos:
    a. Planeación
    b. Detección de necesidades de capacitación
    c. Programas de capacitación
    d. Contenidos
    e. Calendarización
    f. Evaluación y seguimiento
    g. Retroalimentación
4. Comprobar mediante un examen los conocimientos obtenidos de la capacitación de brigadas mixtas.
5. Realizar un croquis del inmueble para señalar los elementos de seguridad, tales como:
    a. Escaleras de evacuación
    b. Acceso del edificio
    c. Puntos de reunión
    d. Zonas de seguridad
    e. Flujos de la evacuación
    f. Inmuebles adyacentes
6. Formar la brigada mixta con base en los resultados del examen final de la capacitación llevada a cabo. Es importante mencionar que el número de miembros que conforman una brigada está determinado por la cantidad de trabajadores que compone cada una de las empresas, bajo las siguientes condiciones:

Menos de 10 empleados- 1 trabajador

De 10 a 49 empleados- entre 2 y 4 trabajadores

De 50 a 99 empleados-entre 4 y 7 trabajadores

Más de 100 empleados-entre 5 y 8 trabajadores

De esa forma se tiene que formar las brigadas mixtas. Si la empresa presenta diferentes turnos, los miembros de las brigadas deben quedar distribuidos en cada jornada para garantizar la cobertura de la seguridad de las personas que se encuentren dentro del hotel alameda suites. (Robledo,2015)

Metodología

Alcance de investigación

La investigación es un estudio de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo que fue realizado en el Hotel Alameda Suites de la zona Metropolitana de Orizaba, Ver., cuyas variables de estudio a medir fueron: conocimientos básicos de asistencia durante una emergencia, evacuación, búsqueda y rescate, combate contra incendios, primeros auxilios y comunicación, con el objetivo de describir el comportamiento e importancia de estas variables en el ámbito empresarial hotelero.

Población de estudio

El Hotel Alameda Suites de Orizaba, Ver., cuenta con una población de trece empleados y siete alumnos que desarrollan estadías para la adquisición de competencias administrativas. Por lo cual, el estudio se realizó a la totalidad de la población.

Fuentes de recolección de la información.

Para la recolección de la información se utilizó como fuente primaria un cuestionario previamente diseñado con preguntas cerradas, resaltando las variables de estudio: conocimientos básicos de asistencia durante una emergencia, evacuación, búsqueda y rescate, combate contra incendios, primeros auxilios y comunicación.

Para la investigación documental se recurrió a fuentes secundarias provenientes de artículos científicos, libros, informes oficiales, entre otros.

Análisis de la información.

Para el análisis de la información se utilizó el software PSPP, que es una aplicación para el análisis estadístico de datos que puede utilizarse como un script con un lenguaje propio, o mediante la interfaz de usuario. PSPP es software libre (Licencia GNU General Pública License-GPLv3) y multiplataforma, disponible para Linux, Windows y Mac OS X (GNU PSPP, 2013).

Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados observados en la aplicación del instrumento utilizado en el Hotel Alameda Suites de Orizaba, Ver., cuyo objetivo fue analizar las variables de estudio y diseñar el plan de acción a implementar considerando las acciones preventivas y correctivas pertinentes.

Se observa que el 71% de los empleados no cuentan con los conocimientos básicos de asistencia durante una emergencia, el 29% restante afirma conocer las acciones que se deben llevar a cabo durante una emergencia. Sin embargo, no conocen los métodos adecuados para la misma, lo que conlleva a desencadenar accidentes en su área de trabajo (Figura 1).

 ISSN 2007-8102

Conocimientos básicos de asistencia durante una emergencia

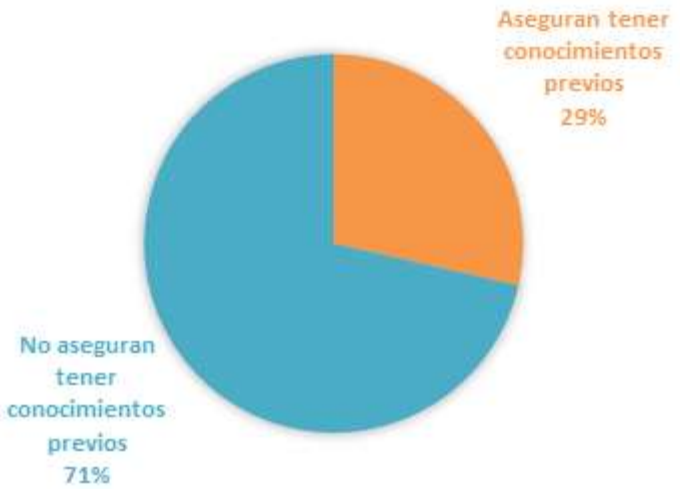


Figura 1. Gráfica de conocimientos básicos de asistencia durante una emergencia

En el siguiente gráfico enfocado a la brigada de búsqueda y rescate, se muestran los resultados del nivel de conocimientos de búsqueda y rescate de los colaboradores del Hotel Alameda Suites de Orizaba, Ver. (Figura 2).

Nivel de conocimientos de rutas de evacuación, búsqueda y rescate

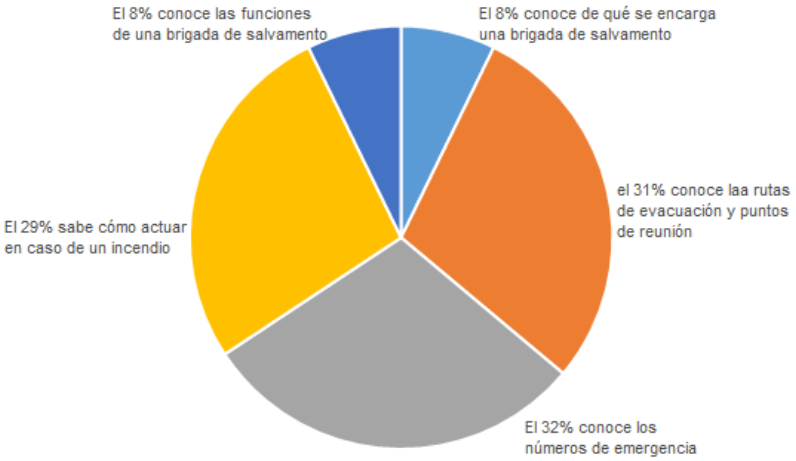


Figura 2. Gráfica de nivel de conocimientos correspondiente a Búsqueda y Rescate

La Figura 3 describe el porcentaje de conocimientos de los empleados del Hotel Alameda Suites de acciones que se deben aplicar en caso de incendios. Entre los resultados más alarmantes se encuentra que sólo el 18% conoce lo que procede cuando inicia un incendio y el 24% conoce cómo se utilizan los extintores.

 ISSN 2007-8102

Información referente a acciones en Caso de Incendios

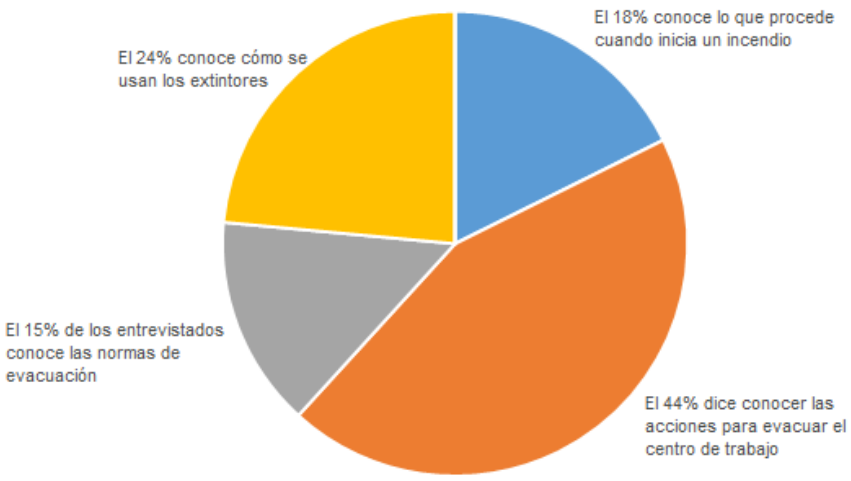


Figura 3. Información referente a acciones en caso de incendios

En la Figura 4 se describe el nivel de conocimiento correspondiente a la Brigada de Comunicación, en donde se observa que un 41% de la población conoce cómo actuar ante una eventualidad y sólo un 27 % si conoce a los brigadistas correspondientes.

Nivel de conocimiento sobre Brigada de Comunicación

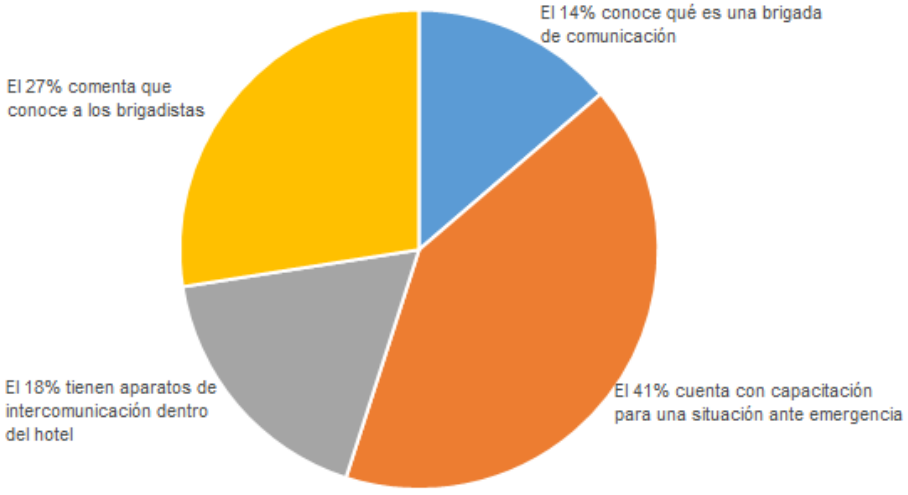


Figura 4. Gráfico de nivel de conocimientos en Brigada de Comunicación

 ISSN 2007-8102

En la Figura 5, se observa que el 33% de los colaboradores del Hotel Alameda Suites indica conocer cómo realizar respiración cardiopulmonar, sin embargo, el 17% indicó que sabe realizar la técnica de reanimación cardiopulmonar, lo que contrapone al porcentaje anteriormente citado.

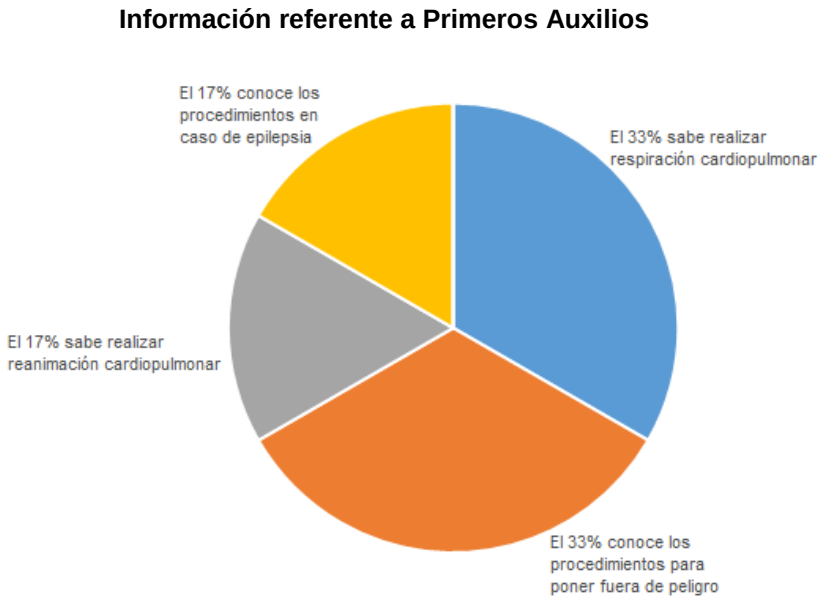


Figura 5. Gráfico de información referente a Primeros Auxilios

De acuerdo a lo analizado en la sección anterior se pusieron en práctica los conocimientos adquiridos en la asignatura de Administración de la Salud y Seguridad ocupacional para diseñar e implementar Brigadas Mixtas de Protección Civil en el Hotel Alameda Suites.



Figura 6. Plan de trabajo implementado en el Hotel Alameda Suites

 ISSN 2007-8102

De igual forma se diseñaron las rutas de evacuación para el Hotel Alameda Suites que se presentan en el croquis siguiente (Figura 7) bajo la perspectiva de Protección Civil, con el objetivo de prevenir y salvaguardar la integridad de los ocupantes del hotel, teniendo un impacto positivo en el mismo, y otorgar los permisos legales.

Croquis de Rutas de Emergencia



Figura 7. Croquis de Rutas de Emergencia en el Hotel Alameda Suites

Trabajo a futuro

Una vez realizado el diagnóstico e implementación de las brigadas de protección civil en el Hotel Alameda Suites, el siguiente paso es diseñar y aplicar un cuadro integral de mando, con el objetivo de medir, controlar y mejorar las actividades correspondientes en ésta área.

Conclusiones

En este proyecto, se pudo conocer los avances que obtuvieron los empleados del Hotel Alameda Suites correspondiente a las brigadas en las que se asignaron a las personas seleccionadas. Se espera que en el siguiente semestre se pueda trabajar en el simulacro para poder realizar la comprobación de lo aprendido en la capacitación brindada en este proyecto, los objetivos se cumplieron en su totalidad obteniendo un personal calificado para responder ante las emergencias que se presenten dentro del inmueble.

Referencias

1. Ávila, P. (2016) Brigadas de emergencia. Ecuador. Universidad San Luis Gonzaga Unidad educativa. Recuperado de: http://www.uegonzaga.edu.ec/index.php/noticias-administrativo-financiero/165-las-brigadas-de-emergencia.
2. Diario Oficial de la Federación. (2018). Ley General de Protección Civil. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC_190118.pdf
3. Hernández, R. Fernández, C. Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill. 4, 91.
4. Gonzáles, R. (2011). El sismo de Villaflores, Chiapas, sus realidades y consecuencias. México. Universidad Autónoma de Chiapas. Recuperado de: http://www.espacioimasd.unach.mx/libro/num15/El_sismo_de_Villaflores_Chiapas_sus_realidades_y_consecuencias.pdf.
5. Mezu, F. (2015). Clases de Brigadas y sus funciones. México. Recuperado de: https://prezi.com/kfbmgpl0vppt/clases-de-brigadas-y-sus-funciones/
6. Mora, H. (s.f.). Manual del Vigilante de seguridad. Madrid. Editorial Club Universitario. Recuperado de: http://epn.gov.co/elearning/distinguidos/SEGURIDAD/461_brigadas_de_emergencia.html.
7. OCDE (2013). Estudio de la OCDE sobre el sistema Nacional de Protección Civil en México. OCDE Publishing. Recuperado de: http://dx.doi.org./10.1787/9789264200210-es. 3.

8. Quiala J. (2016). Brigadas de emergencia. Cuba. EcuRed. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Brigadas_de_Emergencia.

9. Quinche, G. (2010). ¿Qué puede hacer la brigada de emergencias por la empresa y los trabajadores? Colombia. Exprecard's Ltda. Recuperado de: http://intranet.unicundi.edu.co/intranet/documents/salud-ocupacional/brigadas/brigadas-emergencia.pdf
10. Robledo, S. (2015). Manual de educación sobre riesgos ambientales. Argentina. Facultad de filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo. Recuperado de: http://intranet.unicundi.edu.co/intranet/documents/salud-ocupacional/brigadas/brigadas-emergencia.pdf

Los posgrados en educación en Oaxaca, México.

D. Silva Martínez[1], G. Caballero Mendoza[2], R. Valverde Jarquín[1]*
[1]Departamento de Sistemas y Computación. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Oaxaca. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030 Oaxaca, Oax.
[2] Centro de Bachillerato Tecnológico industrial y de servicios No. 248. Km 14 Carretera Fed. 131 Barrio San José Zimatlán de Álvarez, C.P. 71200
** daliasilvamartiinez@gmail.com*
***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

La capacitación docente es importante en el proceso enseñanza aprendizaje, así como la gestión durante ese proceso, actualmente el uso de tecnologías de la información y la comunicación ha tomado relevancia en todos los niveles educativos. De este modo, la demanda de capacitación de los docentes debe ser una prioridad, según la COEPES en Oaxaca hay posgrados en educación, en gestión educativa, educación inclusiva, en docencia, y en otras áreas relacionadas con la educación, mismas que se imparten en instituciones públicas y privadas en el estado, pero no existe un posgrado sobre el uso de las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la educación. Este artículo hace un estudio sobre los posgrados relacionados con educación que hay en Oaxaca, la modalidad que estos tienen, los estudiantes que se encuentran inscritos y en qué región del estado se encuentran durante los últimos años (del 2011 al 2016).

***Palabras clave**: posgrados, educación, profesores*

Abstract

Teacher training is important in the teaching-learning process, as well as the management during that process, and currently the use of information and communication technologies has become relevant at all educational levels. The demand for teacher training should be a priority, according to the COEPES in Oaxaca there are postgraduate courses in education, educational management, inclusive education, teaching, and other areas related to education, which are taught in public and private institutions in the state, but there is no postgraduate course on the use of information and communication technologies applied to education. This article makes a study about the graduate programs related to education in Oaxaca, the modality they have, the students who are enrolled and in what region of the state they are during the last years (from 2011 to 2016).

***Key words**: postgraduate, education, teachers*

Introducción

Los posgrados en educación pueden ser profesionalizantes u orientados a la investigación, ambos igual de importantes debido a que los primeros preparan a los profesores para intervenir directamente en el proceso educativo y el segundo para generar conocimiento que explique la realidad educativa. Estos posgrados son muy diversos, y en diferentes áreas, tales como investigación educativa, problemas de aprendizaje, desarrollo educativo, en educación, en educación básica o superior, pedagogía lingüística, desarrollo curricular y más.

De los posgrados mencionados anteriormente los que más cursan son “especialidad en docencia y la maestría en educación, convirtiéndose en la principal herramienta para la profesionalización del docente que le permitirá confrontar los desafíos de la educación en nuestro tiempo” (Sandoval 2015).
Los docentes que cursan estos posgrados son de diferentes niveles educativos, a menos que estén orientados a un mismo nivel, esto fomenta la interacción entre ellos, y les permite analizar el sistema educativo desde diferentes perspectivas, y dado que la producción y divulgación del conocimiento no son actividades autónomas (Pérez 2017), es un excelente espacio para esta actividad.

También se considera importante que después del posgrado exista un seguimiento de tal manera que los docentes tengan un espacio de reflexión, donde puedan compartir experiencias y seguir desarrollando proyectos de investigación o de intervención educativa para lograr una formación continua.

De los posgrados en educación a los que pueden acceder los profesores en Oaxaca es importante analizar las alternativas que tienen los profesores para estudiar, ya que debido que son docentes activos necesitan opciones locales o en línea.

En los posgrados tanto presenciales como en línea existe deserción, los posgrados en línea presentan dificultades para el estudiantes ya que requiere cierto grado de autonomía, disciplina y hábito del uso de internet, lo que lleva a considerar la selección de estudiantes y sobre todo procesos de capacitación previo para esta modalidad (Chávez et.al. 2007). Además de la capacitación previa también es conveniente una comunidad virtual e interacción académica (Montiel 2009).

Por lo anterior este artículo plantea un estudio sobre los posgrados en educación que existen en Oaxaca, considerando: ¿Estos posgrado están distribuidos en todo el estado, o están concentrados en una región?, ¿Ha crecido la matrícula de estos posgrados?, ¿De las opciones de posgrados que hay en Oaxaca son públicos o privados? ¿Hay un posgrado en Tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la educación en Oaxaca?.

Metodología

Para esta investigación se recolectó información del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en México y de la Comisión Estatal para la Planeación de la Educación Superior en el Estado de Oaxaca (COEPES), acerca de los posgrados relacionados con educación en el estado de Oaxaca, así como de la matrícula de esos posgrados.

También se consultó el sistema interactivo de consulta de estadística educativa en la siguiente dirección electrónica http://www.planeacion.sep.gob.mx/principalescifras/, donde se puede obtener información por estados, después se organizaron los datos se realizaron las gráficas y se procedió a analizarlos.
La COEPES es la encargada de regular la educación superior en el estado de Oaxaca, por lo que se consideró únicamente los posgrados en educación que tiene su registro de validez oficial ante esta institución.

Resultados y discusión

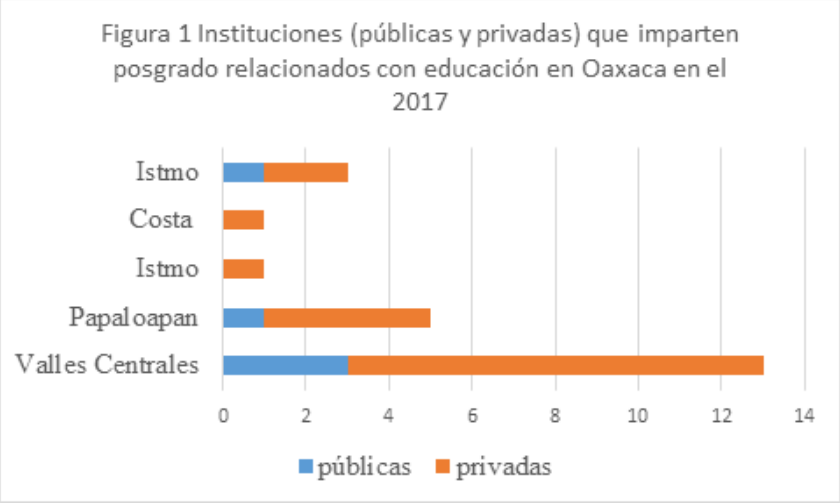
En la figura 1, se observa que en cinco regiones del estado de Oaxaca se imparten posgrados relacionados con educación que son Costa, Mixteca, Papaloapan, Istmo y Valles centrales. En la Costa hay una institución privada, la universidad Internacional del Pacífico. En la Mixteca solo se encuentra el Instituto Antonio Caso Andrade, que es una institución privada. En el Istmo existen tres instituciones: una pública, la Unidad de la Universidad Pedagógica Nacional número 20-C de ciudad Ixtepec y como privadas dos (Instituto de Estudios Superiores del Istmo de Tehuantepec y la Universidad Interamericana para El Desarrollo Campus Juchitán) (ver tabla 1).

En la región del Papaloapan hay cuatro instituciones: una pública, la Unidad de la Universidad Pedagógica Nacional número 20-B de Tuxtepec y tres instituciones privadas que son: la Universidad Interaméricana para el Desarrollo Campus Tuxtepec, la Universidad Madero Campus Papaloapan y el Colegio de Educación Superior de Tuxtepec (ver tabla 1).

En Valles centrales hay trece instituciones, tres de ellas públicas: la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, la Unidad de la Universidad Nacional autónoma de México 20-A en Oaxaca y el Instituto Tecnológico de Oaxaca. Además de diez instituciones privadas que son : Centro de Estudios e Investigación para el Desarrollo Humano y Profesional, el Instituto de Estudios Superiores en Desarrollo Humano, el Instituto de Estudios Universitarios, el Instituto de Investigaciones Sociales y Humanas, el Instituto Multidisciplinario de Especialización, la universidad Anahuac, la Universidad Mesoamericana, la Universidad la Salle Oaxaca, la Universidad Mundo Maya Campus Oaxaca, y la Universidad Regional Del Sureste, A.C.

 ISSN 2007-8102

Es importante mencionar que al momento de hacer una búsqueda en Internet se encontraron otras instituciones, pero su registro se encuentra en otro estado de la República Mexicana y por lo tanto no se encuentra en el padrón de la COEPES en Oaxaca, en la tabla 1 se encuentran las instituciones y programas que imparten.



Fuente: COEPES

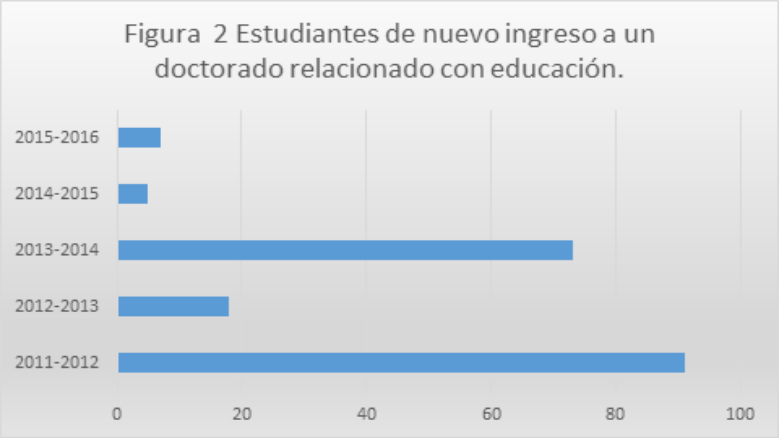
Tabla 1. Posgrado relacionados con Educación en Oaxaca en el ciclo 2016-2017		
Región	Nombre de la institución	Carrera
Costa	Universidad Internacional del Pacífico	Maestría en educación
Istmo	Instituto de Estudios Superiores del Istmo de Tehuantepec	Maestría en educación
Istmo	Instituto de Estudios Superiores del Istmo de Tehuantepec	Maestría en educación física y deporte
Istmo	Unidad UPN 20-c Ixtepec	Maestría en educación básica
Istmo	Universidad Interamericana para el Desarrollo campus Juchitán	Maestría en educación
Mixteca	Instituto Antonio Caso Andrade	Maestría en ciencias de la educación
Papaloapan	Colegio de Educación Superior de Tuxtepec	Especialidad en alteraciones del aprendizaje
Papaloapan	Colegio de Educación Superior de Tuxtepec	Especialidad en docencia
Papaloapan	Colegio de Educación Superior de Tuxtepec	Especialidad en planeación educativa
Papaloapan	Colegio de Educación Superior de Tuxtepec	Maestría en psicopedagogía
Papaloapan	Instituto Educativo de la Cuenca del Papaloapan	Doctorado en ciencias de la educación
Papaloapan	Unidad UPN 20-b Tuxtepec	Maestría en educación básica
Papaloapan	Universidad Interamericana para el Desarrollo campus Tuxtepec	Maestría en educación
Papaloapan	Universidad Madero Campus Papaloapan	Maestría en educación
Valles centrales	Centro de Estudios e Investigación para el Desarrollo Humano y Profesional	Maestría en desarrollo educativo
Valles centrales	Instituto de Estudios Superiores en Desarrollo Humano	Maestría en educación para el desarrollo humano integral
Valles centrales	Instituto de Estudios Universitarios	Doctorado en educación

 ISSN 2007-8102

Valles centrales	Instituto de Estudios Universitarios	Maestría en ciencias de la educación
Valles centrales	Instituto de Investigaciones Sociales y Humanas	Doctorado en investigaciones educativas
Valles centrales	Instituto de Investigaciones Sociales y Humanas	Maestría en pedagogía de las ciencias sociales
Valles centrales	Instituto Multidisciplinario de Especialización	Doctorado en educación con enfoque universitario
Valles centrales	Instituto Multidisciplinario de Especialización	Maestría en educación básica
Valles centrales	Instituto Tecnológico de Oaxaca	Maestría en ciencias en enseñanza de la ciencia
Valles centrales	Instituto Tecnológico de Oaxaca	Maestría en docencia
Valles centrales	Unidad UPN 20-a	Maestría en educación básica
Valles centrales	Unidad UPN 20-a	Maestría en sociolingüística de la educación básica y bilingüe
Valles centrales	Universidad Anáhuac de Oaxaca	Maestría en educación
Valles centrales	Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca	Doctorado en ciencias de la educación
Valles centrales	Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca	Maestría en educación
Valles centrales	Universidad la Salle Oaxaca	Maestría en educación superior
Valles centrales	Universidad la Salle Oaxaca	Maestría en investigación educativa
Valles centrales	Universidad Mesoamericana	Maestría en educación superior
Valles centrales	Universidad Mundo Maya, campus Oaxaca	Maestría en pedagogía
Valles centrales	Universidad Regional del Sureste, a.c.	Especialidad en orientación psicopedagógica
Fuente: COEPES, Oaxaca 2017		

En la figura Número 2 están los estudiantes de nuevo ingreso a un doctorado relacionado con educación en Oaxaca del 2012 al 2016, es importante mencionar que la información que proporcionó COEPES, solo contempla hasta el ciclo 2016. Como se puede observar hay un incremento en el número de estudiantes, excepto en el ciclo 2012-2013.

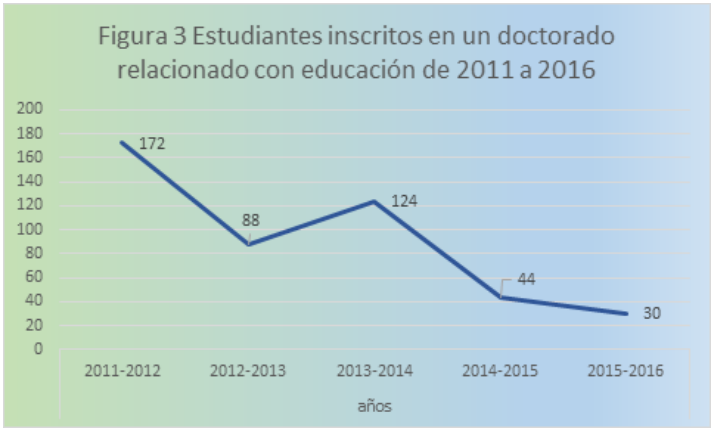
Figura 2 Estudiantes de nuevo ingreso a un doctorado relacionado con educación.



Fuente COEPES e INEGI.

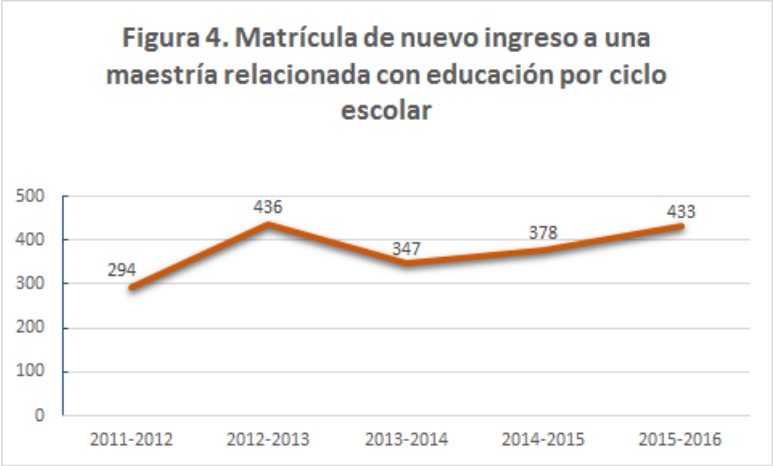
 ISSN 2007-8102

En la figura No. 3 se aprecia que los estudiantes inscritos en un posgrado relacionado con educación va en descenso de 2012 a 2016 y lo mismo se aprecia en la figura no. 2 con los estudiantes de nuevo ingreso.
Se desconoce cuál es la causa de la disminución del número de estudiantes matriculados en un doctorado relacionado con la educación, también es importante mencionar que la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca que imparte el doctorado en educación se encuentra en restructuración desde hace más de cinco años y aún no se ha abierto una nueva convocatoria.



Fuente COEPES, INEGI

En los estudios de maestría se nota una diferencia significativa en cuanto al doctorado, aunque en el ciclo 2012-2013 hay más estudiantes de nuevo ingreso con 436, y disminuye para los ciclos 2013-2014, para el ciclo 2015-2016 va en aumento.

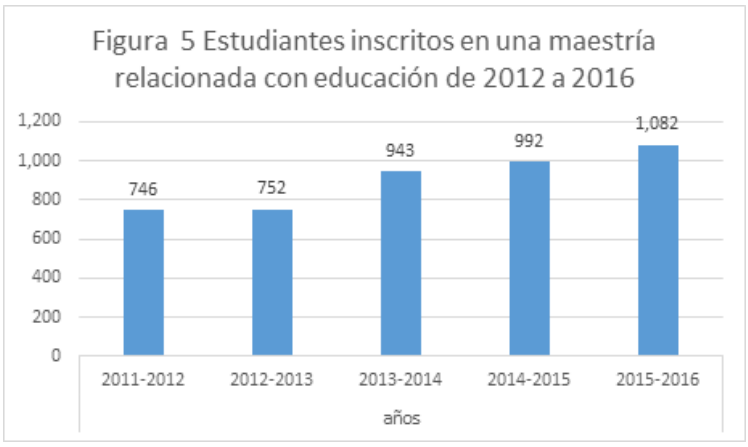


Fuente COEPES.

A diferencia de la figura 4, en la figura 5 en la cantidad de estudiantes matriculados, en todos los años va en aumento, aunque de 2011-2012 a 2012-2013 el crecimiento es muy poco con 6 estudiantes.

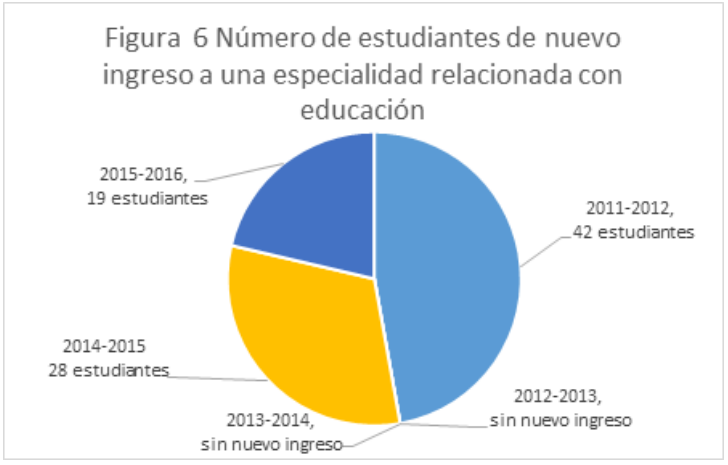
En cuanto a la cantidad de estudiantes matriculados en una maestría relacionada con educación en Oaxaca, va creciendo en cada año, siendo que en el ciclo 2015-2016 se contó con 1082 estudiantes, por lo que se considera que la demanda sigue creciendo.

 ISSN 2007-8102



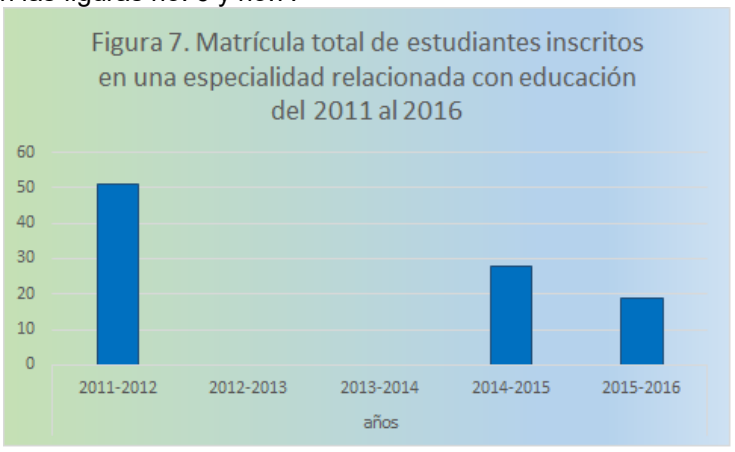
Fuente COEPES.

Los estudiantes inscritos en una especialidad (figura no. 6) en educación ha variado en estos últimos años, siendo el ciclo escolar 2011-2012, el que cuenta con un mayor número de estudiantes (42) y en el ciclo 2012-2013 no hubo nuevo ingreso. En la figura no. 7 se observa que en dos ciclos escolares no hubo estudiantes inscritos y que el porcentaje va en decremento. Lo que sugiere que prefieren estudiar una maestría a una especialización o un doctorado.



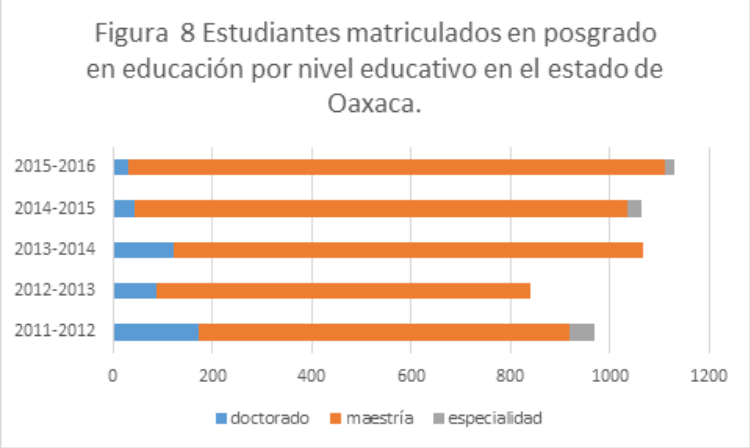
Fuente COEPES.

Es importante mencionar que se ofertan más programas de maestría que de especialización en educación, ello se ve reflejado también en las figuras no. 6 y no.7.



Fuente COEPES. INEGI.

En la figura no. 8 se observa que la mayor demanda para estudios de posgrado relacionados con la educación se da en el nivel de maestría, tanto en instituciones públicas como privadas, las instituciones privadas tiene la mayor matricula.



Fuente COEPES.

Conclusiones

Los posgrados relacionados con la educación son programas orientados a los docentes, en Oaxaca es necesario que los docentes cursen estos estudios con el propósito de aplicar esos conocimientos adquiridos, así como generar investigación educativa. No se cuenta con información de docentes que estudiaron posgrados en otros estados.

Los niños y jóvenes están inmersos en la tecnología, por ello también debe considerarse un posgrado relacionado con este tema. Es importante mencionar que ninguna institución en el estado de Oaxaca imparte un posgrado en Tecnologías de la Información y la Comunicación aplicadas a la educación o aprendizaje.

Los docentes prefieren estudiar una maestría, respecto a un diplomado, especialidad o doctorado. Es necesario que se profundice en el estudio para determinar cuáles de las opciones de estudio (presencial, semipresencial o virtual) prefieren los profesores y cuál es el que mejor se adapta a sus necesidades para hacer énfasis y fortalecerlos.

Referencias

1. Baquero, L., Hernández, V., Torres, N., Rangel, K., Romero, N., Castillo, J. y Huertas, O. (2016). Análisis comparativo de veinte programas de maestrías en educación en Colombia. Revista Papeles, 8(15), pp. 63-80.
2. Chávez Maciel, F., & Panchi Cosme, A., & Montoya Hernández, S. (2007). Abandono de estudios en la educación superior a distancia. Un análisis de casos. *Innovación Educativa, 7* (39), 5-17.
3. Cardoso Espinoza, Edgar Oliver, Cerecedo Mercado, Ramos Mendoza, José Roberto (2011). Propuesta para evaluar la calidad de un programa de posgrado en educación Revista Iberoamericana de Educación.
4. Díaz Arce, T. (2014). LA CONSTRUCCIÓN DEL SABER PEDAGÓGICO Y LA FORMACIÓN DE PROFESORES. Investigación y Postgrado, 29 (2), 151-165.
5. INEGI (2013) Anuario estadístico 2013. Instituto Nacional de Estadística Geografía en informática.
6. INEGI (2014) Anuario estadístico 2014. Instituto Nacional de Estadística Geografía en informática.
7. INEGI (2015) Anuario estadístico 2015. Instituto Nacional de Estadística Geografía en informática.
8. INEGI (2016) Anuario estadístico 2016. Instituto Nacional de Estadística Geografía en informática.
9. INEGI (2017) Anuario estadístico 2017. Instituto Nacional de Estadística Geografía en informática.
10. LÓPEZ MACIAS, Tiburcio (2015). Revista de la Comisión Estatal para la Planeación de la Educación Superior del Estado de Guanajuato.

11. Maldonado González, A., & Ocampo Gómez, E., & Ramírez Martinell, A., & Alatorre Frenk, G. (2014). Los posgrados del Instituto de Investigaciones en Educación. CPU-e, Revista de Investigación Educativa, , 37-56.
12. Marín-Cano, M., & Palacio-Bernal, J. (2017). CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO PROFESIONAL DE ESTUDIANTES DE UN PROGRAMA DE MAESTRÍA EN EDUCACIÓN. UN ESTUDIO DE CASO. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), 13 (1), 47-64.
13. Montiel Espinosa, G. (2009). Formación docente a distancia en línea. Un modelo desde la matemática educativa. *Innovación Educativa, 9* (46), 89-95.
14. Pérez Arenas, David (2017). Reconfiguración de la generación del conocimiento en instituciones con posgrados en educación para el magisterio. En Martínez Rosas, José Luis & Perales Ponce Ruth C. Investigación y formación en los posgrados en educación para el desarrollo social y humano. Red de Posgrados en Educación, A.C
15. RICO MOLANO, Alejandra Dalila (2016). La gestión educativa: Hacia la optimización de la formación docente en la educación superior en Colombia.
16. Sandoval Moreno, F. (2015). La formación permanente del docente en Latinoamérica. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 6* (11).
17. Sime-Poma, L. (2013). La excelencia en los doctorados en educación: Brasil, México y Argentina. *Educación y Educadores, 16* (3), 433-451.
18. SEP (2018). Sistema interactivo de consulta de estadística Educativa http://www.planeacion.sep.gob.mx/principalescifras/

Percepción del nivel de bienestar en la comunidad estudiantil del Instituto Tecnológico de Orizaba

V. M. Contreras Cuburu[1], E. Rosario. Ruiz[2], J. Contreras Ruiz[3], V. M. Contreras Beltrán[4]*
[1]Departamento Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba; Oriente 9 · 852, colonia Emiliano Zapata.
[2]División de Estudios de Posgrado e Investigación [3] Ingeniería Sistemas Computacionales [4] Instituto Tecnológico de Orizaba. Oriente 9 · 852, colonia Emiliano Zapata.
**vimacocu@gmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El tema de investigación que se presenta esta insertado en el contexto institucional de la educación superior tecnológica y tiene como propósito presentar aspectos importantes en el desarrollo de los estudiantes en una institución que paralelo a su desarrollo académico, les exige competencias diversas, sin embargo, poca importancia le da al desarrollo de las competencias emocionales de los estudiantes, estas ultimas, medidas sobre la percepción de la felicidad considerada como bienestar subjetivo. Se trata de un estudio de los factores que inciden en esta percepción por parte de los estudiantes, y se pretende considerar y dar seguimiento a la detección de estos factores desde el proceso de admisión, y dar seguimiento a su desarrollo dentro de la institución, hasta la consolidación a través de su estadía en el proceso de integración académica de su especialidad que desarrollen en esta institución.

Palabras clave: Felicidad, Rendimiento, Competencias emocionales.

Abstract

The research topic presented is inserted in the institutional context of technological higher education and its purpose is to present important aspects in the development of students in an institution that parallels their academic development, requires diverse skills, however, little importance is given to the development of students' emotional competencies, the latter, measures on the perception of happiness considered as subjective well-being. It is a study of the factors that influence this perception by the students, and it is intended to consider and monitor the detection of these factors from the admission process, and monitor their development within the institution, until the consolidation through their stay in the academic integration process of their specialty that they develop in this institution.

Keywords: Happiness, performance, emotional competences

Introducción

El proceso de selección instituido para los estudiantes de nuevo ingreso al Instituto Tecnológico de Orizaba, debe de observar un espacio para considerar el factor de cómo los estudiantes perciben el bienestar subjetivo o la felicidad y como pretenden desarrollarla a través de los estudios que realizarán. Esta consideración debe estar en el debate académico del proceso de selección y admisión de futuros profesionales de las diferentes ingenierías que se ofrecen en esta Institución de Educación Superior Tecnológica, ya que, si bien es un tema

controversial, la capacidad de percibir el bienestar subjetivo o felicidad que el estudiante encontrará en su realización profesional, es algo que resulta por demás importante e interesante. Comprender el efecto que el bienestar subjetivo o felicidad causa en los estudiantes en su proceso de integración académica, tendrá potenciales consecuencias en el rendimiento académico, puesto que el estado de ánimo y, sobre todo, el comprender que durante su estadía institucional está configurando no una profesión, sino una forma de vida futura, tiene un efecto positivo, por lo que el rendimiento en los estudiantes se verá reflejado en su actitud y en su desarrollo académico institucional.

Se ha venido mencionando al bienestar subjetivo o felicidad, como un factor importante en el futuro desarrollo de los estudiantes en el Instituto Tecnológico de Orizaba, y esta, puede ser definida como "la forma abreviada de referirse a la experiencia frecuente de emociones positivas" (Lyubomirsky et al., 2005), al igual como temas de ética y moral, este tipo de afirmaciones causa extrañeza y es tema de contradicción entre los mismos académicos, sin embargo, si bien es cierto que esta concepción viene de una corriente de la psicología, últimamente al aplicarla y sobre todo destacarla en el proceso de integración académica de los estudiantes se ha iniciado un interés científico y de estudio y no solo en el área académica sino también en el área de producción como lo es la administración, la economía, entre otros.

Metodología

El presente estudio pretende analizar desde el puno de vista cualitativo y cuantitativo dando a conocer los resultados de este programa la correlación entre felicidad y rendimiento académico, los resultados abren la posibilidad para descubrir nuevas variables que puedan influir de manera directa o indirecta en el éxito académico y la productividad de estos estudiantes en su integración académica profesional, este trabajo de investigación estudia este fenómeno, el efecto de la felicidad en el rendimiento académico de los estudiantes del Programa Académico de Ingeniería Industrial. La mayoría de los modelos de Investigación se enfatizan en la identificación y cuantificación de las relaciones entre variables, también estudian la importancia y comprensión de las relaciones, por lo que identificar y cuantificar estos efectos moderadores en las relaciones casuales es parte fundamental de este estudio, la cuantificación de un efecto moderador aportando con esto una forma útil y actualizada de comprender esta relación.

El objetivo de esta investigación se logra a través del Programa Institucional para el Bienestar Académico Estudiantil “éxito académico maximizando el potencial y bienestar de los estudiantes” y es medir el efecto de la felicidad subjetiva sobre indicadores de rendimiento académico en estudiantes de nuevo ingreso.

Capacitación de docentes del programa académico.

Para la aplicación de un programa de esta envergadura resulta indispensable unificar los criterios y percepciones de los factores que el bienestar subjetivo o felicidad, presenta en los docentes que de una u otra manera tienen contacto con los estudiantes de la muestra a estudiar y estos son los docentes tutores del área, a los cuales se les impartió un curso diseñado sobre el tema, se les otorgaron los contenidos del programa y los componentes que se manejarían en los grupos de estudiantes a los que se aplicaría el programa piloto, para que a través de las sesiones de tutoría pudieran conversar y obtener información sobre el impacto

obtenido, así como del efecto en su desarrollo académico.

Desarrollo del programa

Paralelo a esto, se aplico un programa de actividades para los estudiantes, los cuales asistieron a una serie de conferencias en donde se abordaron los temas de interés para que estos pudieran descubrir, identificar y percibir, los factores que determinan el bienestar subjetivo en el proceso de integración académica en el Tecnológico de Orizaba, a través de su desarrollo académico en el Programa de Ingeniería Industrial en el cual iniciaban su estancia en el Instituto Tecnológico de Orizaba.

En cada conferencia impartida se buscó la variabilidad en los expositores y los temas a tratar, a fin de poder ofrecer una variedad en formas de ver los aspectos del bienestar subjetivo, inclusive fueron evaluándolos e identificándose con estos ponentes, asistiendo incluso a mas conferencias según su apreciación en la forma de abordar los temas, cada tema expuesto llevo un hilo conductor que permitió el intuir y descubrir el potencial personal de cada estudiante y su relación con la satisfacción.

Los temas abordados y sus contenidos fueron:

La Identidad Personal, Institucional y profesional, cuyo objetivo se centro en el fortalecimiento de la identidad personal del adulto joven que inicia su devenir histórico académico y profesional en el sentido de su ubicación dentro de una Institución de Educación Euperior con futuro profesional de Ingeniería con la finalidad de ubicar al estudiante en su nueva posición social y cognitiva, estos objetivos buscados desde la aplicación de la psicología positiva.

La Orientación para el Desarrollo Personal, abordando temas que le permitan fortalecer y favorecer el desarrollo personal por medio la identificación y del manejo asertivo de las emociones, teniendo como base la psicología positiva.

Las Prácticas Positivas para la Promoción de la Felicidad, con ello se busca el Promover emociones positivas para desarrollar actitudes que originen que los estudiantes piensen, sientan y actúen de forma que promueven tanto la construcción de recursos como la generación de vínculos emocionales que beneficien su desempeño académico.

El Acompañamiento Académico trabajo conjunto para informar sobre el trabajo del tutor y los efectos positivos de la tutoría en el nivel profesional para poder detectar a tiempo las deficiencias emocionales que se reflejan en el ambito académico y con ello poder brindar el acompañamiento adecuado Maestro-Estudiante o Asesoría de Pares.

Y la *Promoción del Bienestar* logrado a través de la implementación de actividades positivas y de trasendencia personal para el uso de sus tiempos invertido en distintos tipos de actividad, que le permitan percibir satisfacción en su entorno general, personal, social, familiar, afectivo mostrando su relación y su percepción de bienestar.

Las sesiones. Estas se abordaron acorde a un calendario al semestre en donde se coordino con el Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial y los tutores que dos días por semana 3

horas en total pudieran disponer los grupos, programando sesiones de tutoría para no afectar su desarrollo académico, trabando con ellos un total de 14 semanas con una sesión de 1 hora y media por semana por grupo atendiendo a 2 grupos en total, cada grupo recibió asesoría sobre el tema en 12 ocasiones desarrollando dos sesiones de acompañamiento de tutoría para organizar el semestre, tres sesiones sobre el tema de identidad personal institucional y profesional, dos sobre desarrollo personal, dos sobre practicas positivas para la promoción de la felicidad, dos sobre promoción del bienestar, 2 sobre practicas positivas. y una sesión mas para la evaluación de su participación en el programa.

Los ponentes. Partiendo de la iniciativa sobre bienestar académico se integro a un panel de docentes tutores que trabajaron previamente en el conocimiento de los temas, y poder observar, guiar y evaluar a los estudiantes y su vinculación con la búsqueda del bienestar subjetivo o felicidad algunos tutores manejaban los contenidos sin el enfoque que se pretendía puntualizar, se trabajo con ellos previamente durante dos cursos de 20 horas para lograr la visión deseada.

Resultados. Partiendo de la premisa de que lo mas difícil para el ser humano es cambiar sus costumbres y formas de hacer las cosas, teniendo como referente el test inicial de percepción de su Bienestar Subjetivo y su pertenencia a la Institución a la que se integran, al termino de las sesiones en las que participaron los estudiantes se pudo observar que cada vez que se trabajaba con ellos, su participación y entusiasmo se presentaban al acudir a las actividades programadas, incluso, en la doble participación en las diferentes conferencias por parte de algunos de ellos, en el acercamiento para platicar con los ponentes sobre sus percepciones de los temas abordados, se pudo percatar que el efecto en algunos era muy significativo ya que abordaron fuera del programa algunos problemas o conductas que tenían y que habíamos movido alguna fibra importante para ellos incluso invitar a otros que no estaban en el curso y de grados mas avanzados a escuchar las conferencias.

Se aplico un cuestionario final para percibir el resultado de las conferencias el cual nos permitió evaluar el efecto del programa en estos estudiantes, así como la participación de los ponentes teniendo resultados positivos analizados en los resultados de la evaluación final del programa. finalmente podemos aseverar que la realización de este tipo de programas permite al estudiante ubicarse en el contexto real de la educación superior, permite identificar su identidad personal profesional y distinguir sus compromisos futuros dentro de la institución, además de que le permite descubrir un área de oportunidad para percibir su estado de satisfacción personal respecto a su periodo de vida como adulto joven y como estudiante de este Instituto, quizás no se acaba de descubrir un futuro bien definido de su bienestar subjetivo, empero, si le permite al estudiante vislumbrar un futuro con algunas herramientas de bienestar a desarrollar.

Resultados y discusión

Se muestran los resultados obtenidos por medio del instrumento aplicado al final del curso, en la aplicación del test inicial se obtiene una percepción del estudiante que se incorpora a la institución con la duda de que va encontrar en ella sabiendo que esta en un nivel superior, mas esto no le dice nada solo lo ubica en una continuidad de estudios así como la elección del

programa académico como una opción mas que se le dio en una institución de educación publica en su ciudad.

Sobre su percepción de bienestar refieren que están bien que se encuentran dónde quieren estar, otros manifiestan estar en la institución por no tener otra opción y que más adelante creen le encontraran sentido a su carrera, pocos perciben un estado de bienestar personal adecuado, no comprenden exactamente que es una sensación de bien estar y lo confunden con estar bien en el momento, pero no lo disfrutan es algo cotidiano y rutinario.

Sobre su percepción de que su estancia genera felicidad, resumen que, si porque pasaron el examen y están inscritos, no hay percepción de logro en general algunos refieran que si son felices porque piensan que su futuro va a cambiar mas adelante, otros manifiestan la felicidad como una situación de logro en estar en el instituto sin embargo solo tres personas comentan estar felices porque había sido su sueño estar en el tecnológico y lo lograron.

Se da inicio al curso y sobre su desarrollo se realiza una evaluación al termino de este preguntando en un instrumento elaborado exprofeso en su primera sección se cuestiona y contestan en promedio:

Sobre la organización del curso para lo cual perciben: ha sido muy bueno
Sobre la utilidad de los contenidos aprendidos es que: ha sido excelente
Sobre la utilización de casos prácticos es que: ha sido excelente
Sobre La utilización de medios audiovisuales es que: ha sido excelente
Sobre La comodidad del aula de trabajo es que: ha sido excelente
Sobre el ambiente del grupo de estudiantes que: ha sido muy bueno
Sobre la duración del curso es que: ha sido muy buena
sobre el horario es que: ha sido muy buena
en general el curso te pareció: excelente

En una segunda sección se pregunto de manera directa.
¿Que comentario le haría a otro compañero para recomendar el curso?
Las respuestas promedio fueron: Útil practico y te hace concientizar tu participación en tu preparación.

Se pidió opinión sobre el profesorado referente a:

- Utilización de explicaciones teóricas
- Interrelación de contenidos con las practicas
- Si ha motivado adecuadamente
- Sobre su conocimiento del tema
- Cumplimiento de los objetivos propuestos
- Percepción de empatía en el curso
- Teniendo como respuesta promedio: muy buena participación

En otra sección se cuestiono sobre su apreciación en su participación en el curso

¿Mi motivación ha sido? La respuesta promedio: muy buena
¿Mi participación ha sido? La respuesta promedio: muy buena
En una sexta parte pregunta directa ¿con lo aprendido en el curso mi estancia en el Instituto Tecnológico será? Obteniéndola respuesta: más consiente y responsable.

Trabajo a futuro

Se abordará nuevamente a los estudiantes participantes en esta primera etapa para evaluar su perspectiva que han tenido dentro del Instituto al abordar su programa académico y que aportaciones tienen desde su perspectiva, sobre el desarrollo de su estadía institucional.

Se aplicará un programa de promoción del bienestar subjetivo al programa académico de Ingeniería Industrial en donde se tienen docentes ya informados sobre el programa. Se trabajará sobre una nueva perspectiva sobre temas del bienestar institucional enfocados al descubrimiento de su propia satisfacción al estudiar este programa académico.

Se dará inicio a un programa de bienestar académico desde las actividades extraescolares. Para dar cobertura a todos los estudiantes que no estén en el programa académico de Ingeniería Industrial. Se propondrá a la Subdirección Académica un programa semanal de conferencias para el estudiantado en general sobre bienestar académico. Institucional.

Conclusiones

1. Como se visualiza en este ejercicio con estudiantes del programa académico de Ingeniería Industrial, es una muestra de la percepción que se tiene sobre los niveles del bienestar subjetivo o felicidad, esto nos hace reflexionar desde diferentes ángulos la importancia y trascendencia de trabajar de forma interna, la atención plena de los estudiantes y más cuando están siendo atendidos ya sea de forma inicial o de forma permanente.
2. El presente ejercicio docente es sólo una comprobacion del devenir de la humanidad en general, el estudiante es presa de una visión dualista de la que todos los días generamos por automático y no nos damos cuenta del nivel que tenemos de alcance a la felicidad.
3. La aplicación de los principios promovidos por los educadores holistas se deben considerar en las relaciones empáticas entre el educador y el estudiante para asi poder detectar cuál es el estado actual de sus emociones, sentimientos, motivaciones, intereses, empero, sobre todo ese amor natural que se tienen en sí mismos y que es sin duda recíproco tanto para el educador como el estudiante.
4. El proceso de enseñanza y del aprendizaje es un binomio inseparable, así como lo es la percecion del Bienestar Subjetivo o felicidad y la alegría, en estas analogías se manifiestan aspectos internos y externos, de causa y efecto, de contenido y forma.
5. Derivado de lo anterior ambos procesos intervienen para mejorar el devenir historico de la humanidad y que si retomamos el sentido de la integridad educativa y no de la calidad educativa, se estaría apuntalando un gran avance hacia la mejora de la formación y el

desarrollo de una educación holista que se acerque a tocar las fibras más sensibles del ser humano.

6. Una de esas fibras es sin duda alguna la felicidad, lograrla o hacer que los sujetos en formación se den cuenta que ya la posee por naturaleza propia y que sólo falta activarla para comprender los efectos y las manifestaciones periféricas, que permiten realizar los estudios con amor y con la identidad profesional bien comprendida a traves de la cual se dara una forma de vida y no solo una forma de pasar la vida.
7. Buscar en las instituciones de educacion superior que en los salones de clase el común denominador sea la felicidad por alcanzar los hábitos, los conocimientos generales y no sólo científicos, las habilidades, las destrezas, las capacidades y las habilidades para enriquecer nuestra propia personalidad, cultivando cada vez más nuestro Ser interior.

Referencias

1. Carter, Christine (2012), El aprendizaje de la felicidad; 10 pasos para fomentar la felicidad en los niños y en sus padres, Editorial Urano, Barcelona, España.
2. Delors, Jacques (1997), La educación encierra un tesoro, UNESCO, Dower, México.
3. Gallego Domingo y otros. (2005) Inteligencia emocional. El Búho, Bogotá.
4. Gallegos, Ramón (2012), La felicidad como realidad educativa, aprendiendo a Ser Feliz, Fundación Internacional para la Educación Holista, Guadalajara, México.
5. Gallegos, Ramón (2010), El néctar de la felicidad, Fundación Internacional para la Educación Holista, Guadalajara, México.
6. Goleman, Daniel. (1996) La inteligencia emocional. Kairós, Barcelona,
7. Gómez Buendía, (2012). Hernando (Dir.) Educación. La agenda del siglo XXI. Hacia un desa- rrollo humano. PNUD-TM Editores, Bogotá,
8. González A., (2010). Luis José. Bienestar con equidad. El Búho, Bogotá.
9. Lyybomirsky, Sonja (2011), La ciencia de la felicidad, un método probado para conseguir el bienestar, Editorial Books4pocket, Barcelona, España.
10. Ricard, Matthieu (2012), En defensa de la felicidad, un auténtico tratado de la felicidad, a la vez que una valiosa y convincente guía para nuestros individualismos carentes de puntos de referencia, Editorial Urano, Barcelona, España.
11. Savater. Fernando. (2010) El valor de educar. Ariel, Bogotá.

Estudio sobre las cualidades emprendedoras en docentes y alumnos de nivel superior

*F. Hernández-Ángel[1,2] *, E.L. Mayer Granados[2], C.A. Hernández-Cerda[1]*
[1]Universidad Politécnica de Altamira, Nuevo Libramiento Altamira Km. 3, Santa Amalia, 89602 Altamira, Tamps.
[2]Facultad de Comercio y Administración Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico Madero C.P 89336 Tampico, Tamaulipas.
**francisca.hernandez@upalt.edu.mx*
Área de participación: *Investigación Educativa*

Resumen

En los últimos años, el estudio del emprendimiento ha aumentado, tomado importancia en áreas como economía, educación y las ciencias exactas. Dentro de la educación, las universidades incluyen en sus retículas asignaturas relacionadas con este tema, con el propósito de fomentarlo entre sus estudiantes. El presente trabajo tiene como objetivo analizar las cualidades emprendedoras en los profesores y alumnos de la Universidad Politécnica de Altamira. En el estudio son consideradas las cuatro carreras de Ingeniería que se oferta y que imparten asignaturas relacionas con el emprendimiento. El instrumento de medición para conocer las cualidades emprendedoras fue una encuesta de 15 ítems, en una muestra aleatoria de 30 profesores y 137 alumnos Los resultados mostraron de manera estadística que existen las capacidades antes mencionadas en ambas muestras. Se puede concluir que las características emprendedoras juegan un papel importante en las competencias de docentes y alumnos para la formación académica.

Palabras clave*: capacidades, educación, emprendimiento.*

Abstract

In recent years the study of entrepreneurship has increased, taking importance in areas such as economics, education and exact sciences. Within education, universities include in their reticles subjects related to this topic, with the purpose of promoting it among their students. This paper aims to analyze the entrepreneurial qualities of professors and students of the Polytechnic University of Altamira. In such a study, the four offered Engineering degrees and that teach subjects related to entrepreneurship are considered. The measuring instrument to know the entrepreneurial qualities was a survey of 15 items, a random sample of 30 teachers and 137 students was used. The results showed statistically that there are the aforementioned capacities in both samples. It can be concluded that entrepreneurial characteristics play an important role in the competencies of teachers and students for academic training.

Key words: *capacities, education, entrepreneurship.*

Introducción

De acuerdo con la literatura, el emprendimiento tiene relación con temas como el emprendedor, la creación de nuevas empresas, la introducción de nuevos productos o servicios, entre otros temas (Schildt et al., 2006). También, se considera dinámico y que ha dado origen a la transformación de los negocios, el surgimiento de empresas y la profesionalización de los negocios familiares (Berghoff, 2006), involucra diversas facetas como el descubrimiento, evaluación y exploración de oportunidades que son utilizadas para la creación de nuevos proyectos de negocios (Hitt et al., 2011). El emprendimiento también tiene relación con la educación. Considera que las universidades son importantes para la generación de empresas, en las escuelas de ingenierías, los conocimientos técnicos que adquieren los estudiantes ayudan a la generación de procesos o productos innovadores, logrando que ellos se convierten en empresarios técnicos (Hay, 1981).

Las universidades que ofertan licenciaturas en el área de ingeniería participan activamente en proyectos de investigación técnicos e innovadores y dentro de sus planes de estudio se encuentran asignaturas relacionadas con el emprendiendo, éste no ha logrado consolidarse dentro de estas instituciones. La inclusión del tema de emprendimiento a los contenidos de programas de estudio debe de ser robusto con el propósito de que los alumnos puedan adquirir los elementos necesarios para llevar a cabo la formación de empresas (Fiet, 2001). La impartición de estas materias, relacionadas con el emprendimiento, deben llevarse a cabo por docentes que

cuenten con las cualidades necesarias para su enseñanza (Aronsson, 2004). El presente trabajo tiene como objetivo conocer las capacidades emprendedoras de los maestros y alumnos de la Universidad Politécnica de Altamira (UP Altamira), el instrumento de medición para la identificación de estas capacidades fue una encuesta de 16 ítems. A continuación, se presenta una revisión teórica, la metodología, los resultados y finalmente las conclusiones del estudio.

La innovación y su importancia en el emprendimiento

En la Teoría del Emprendedor de Schumpeter (1934), el tema del emprendimiento y la innovación se encuentran vinculados al considerar que los empresarios son innovadores y asumen riesgos, convirtiéndose en emprendedores, a los cuales los describe como fundadores de empresas, personas dispuestas a romper las rutinas y con habilidades para la generación ideas innovadora para la creación de empresas. Años más tarde, Griliches (1979), considera que la innovación es el resultado de la inversión en las empresas para generar conocimiento y crear ideas, al invertir en educación o promociones que estimulen la Investigación y Desarrollo (I +D) y puedan convertirse en productos o servicios que puedan ser comercializados. Por su parte, Drucker (1985), considera que la innovación es un elemento importante para el emprendimiento y se convierte en un medio para generar una diversidad de negocios.

Para Audretsch y Keilbach (2004), la innovación se puede llevar a cabo cuando el bien o servicio, que ha sido mejorado por medio de conocimientos técnicos o científicos y son comercializados, es decir, consideran que los emprendedores son personas capaces de convertir conocimientos técnicos en innovaciones y empresas. Posteriormente, Afuah (1998), conceptualizó a la innovación desde dos vertientes: la primera, la innovación está en relación al uso de los conocimientos tecnológicos como lo son: los procesos, métodos, técnicas, componentes entre otros. La segunda, donde la innovación es el uso de conocimientos de mercados aplicados a los canales de distribución, preferencias, necesidades y gustos de los clientes, en ambos casos con el propósito de ofrecer nuevos productos o servicios. Las escuelas que imparten carreras de ingenierías aportan la parte técnica, que es la primera vertiente en mención, sin embargo, aún se encuentran débiles en la segunda. Bajo estos aportes se puede considerar que el emprendimiento, la innovación y la educación están ligados y son de interés para su estudio científico.

Enseñanza del emprendimiento

Las universidades juegan un papel importante al contribuir y estimular a sus alumnos a crear empresas, por medio de la inclusión de asignaturas relacionadas al tema del emprendimiento en sus planes de estudios y otras actividades como lo son: concursos, asesorías, incubadoras de negocios, eventos como foros, conferencias y paneles empresariales e intercambios de maestros y alumnos con el propósito de fomentar la iniciativa empresarial (Lima, et al., 2015). En este proceso de la enseñanza, los modelos educativos ayudan a universitarios adquieran competencias empresariales, se debe de enfatizar en la importancia de la generación de emprendedores y fomentar en los alumnos habilidades y cualidades emprendedoras (Hernández Herrera y Sánchez Rodríguez, 2017).

Las universidades, al fomentar el emprendimiento, estimulan en los alumnos el autoempleo y la generación de empleos, que conlleven a un desarrollo y crecimiento económico.Para lograr este objetivo deben de fortalecer las características y cualidades emprendedoras en los alumnos, por medio de diversos programas, que no solo fortalezcan su enseñanza, sino que contribuyan a la sociedad. Esto puede lograrse al ofrecer al entorno empresarial soluciones de problemas por medio de la creación tecnologías, consultorías, entre otros aspectos, tanto por parte de los docentes como del alumnado. Con estas actividades no solo se promueve el conocimiento científico sino también la creatividad, trabajo en equipo y proactividad, que les ayuden a generar un impacto social (Sánchez et al., 2017).

En la mayoría de las escuelas de ingenierías, los estudios se centran en conocimientos técnicos. Sin embargo, es necesario que los alumnos no solo lleven un aprendizaje vivencial en estos temas, también deben fortalecer las habilidades y cualidades emprendedoras a través de nuevas formas de enseñanza, es ahí donde los profesores juegan un papel primordial en la formación de estudiantes emprendedores, debido a que proporcionan nuevas ideas, estimulan y orientas a sus alumnos a adquirir conocimientos en relación al emprendimiento (Díaz Barriga, 2003).

Cualidades del emprendedor

Como se ha mencionado, desde los estudios Schumpeter (1934), donde conceptualiza al emprendedor como una persona creativa e innovadora, con habilidades para realizar cambios y desestabilizar los mercados. Saboia Leitão y Cruz, (2006), consideran que dentro de las características emprendedoras se encuentran la proactividad, el ser independiente, soñador, creativo y con una visión clara sobre el futuro de su empresa y dispuesto a asumir riesgos. Para Orellana y Martínez (2013), el emprendedor que describe Schumpeter es una persona cuyas cualidades son: ser innovador, creativo, visualiza un beneficio económico e impacto social. Otras cualidades de los emprendedores son la identificación y la creación de oportunidades de negocios, administran los recursos de manera oportuna, son innovadores y creativos. La combinación de estas cualidades aumentan la posibilidad de éxito en su negocios (Villalonga y Amit, 2006).

Las personas emprendedoras asumen retos, solucionan problemas, realizan mejoras continuas, son perseverantes y no se desaniman. Estas habilidades son el resultado de un proceso de aprendizaje y entrenamiento, que permiten fortalecer estas habilidades. Se puede decir que son personas capaces adaptarse al cambio (Emprende, 2010). Otra cualidad importante de los emprendedores es la proactividad, gracias a esta cualidad pueden identificar oportunidades, mostrar iniciativa, actúan para lograr su objetivo y preservaran para lograrlo (García, 2010). Algunas de las cualidades que se han expuesto son adquiridas por los estudiantes durante su etapa universitaria, incluso dentro de los programas de estudio de las asignaturas relacionadas con el emprendimiento se establecen como competencias específicas que deben adquirir los alumnos al término del curso.

Estudios recientes establecen que cuando los emprendedores ponen en práctica estas cualidades, aprovechan las oportunidades, generando que el emprendimiento crezca, al promueven la innovación y buscar un lugar en el mercado (Lilley y Lightfoot, 2014) . Otros autores reafirman el pensamiento de Kirzner (1973), al demostrar que universitarios son sensibles a las oportunidades empresariales, al poner atención en productos, servicios o procesos y determinar la manera de innovarlos y con ello generar un mejor rendimiento económico, reafirmando que el emprendimiento, la innovación y el crecimiento económico se encuentran ligados (Ghasemi y Rowshan, 2016). También se ha considerado que las universidades, al generar estas innovaciones, pueden ser parte importante de la generación de patentes efectivas, que conlleva a la gestión de la innovación, el emprendimiento y la comercialización de tecnología universitaria (Ács, Autio, y Szerb, 2014).

Es por ello que es importante promover en los estudiantes las calidades emprendedoras. Con base a lo expuesto teóricamente, se considera importante reconocer las características emprendedoras en los universitarios e identificar su potencial de empresarios con el propósito de conocer si existe una preferencia hacia la actividad emprendedora no solo de los alumnos, sino también de los profesores que imparten asignaturas relacionadas con el tema de estudio debido a que son ellos quienes transmiten el conocimiento y estimulan a los jóvenes a realizar actividades emprendedoras. A continuación, se expone la metodología empleada para identificar las cualidades del emprendedor de los alumnos y maestros de la UP Altamira.

Metodología

Población

Los sujetos de estudio pertenecen a la UP Altamira, ubicada en el estado de Tamaulipas, en la cual se ofertan las siguientes ingenierías: Ingeniería Industrial, Ingeniería en Energía, Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones e Ingeniería en Tecnologías de Información. Actualmente la población estudiantil la conforman 943 alumnos, de los cuales 210 se encuentran cursando el último año de la carrera, entre los que se encuentran alumnos regulares e irregulares. Los primeros son aquellos que cursan sus asignaturas de acuerdo al plan de estudio, los segundos son alumnos que han tenido alguna de recursamiento o han revalidado. Los profesores se encuentran agrupados en profesores de tiempo completo y profesores de asignatura. En la tabla 1 se pueden apreciar las características de la población.

Muestra

Los sujetos de estudio fueron los alumnos que cursan el último año, debido a que han cursado asignaturas relacionadas con el tema del emprendimiento. Tomado en consideración esta población de 210 alumnos se calculó de la muestra, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, dando como resultado un total de 137 encuestas. Los 137 alumnos fueron seleccionados por medio de un muestreo aleatorio

simple, utilizando las listas de alumnos inscritos, cursando último año de la carrera y de manera voluntaria. En el caso de los maestros, se tomó una muestra a conveniencia considerando que el maestro impartiera alguna asignatura en relación al tema del emprendimiento, logrando recaudar un total de 30 encuestas. En Tabla 2 se muestran las características de los encuestados

Carrera	Alumnos		Profesores	
	Cursando primer y segundo año	Cursando último año	Tiempo completo	Asignatura
Ingeniería Industrial	389	117	16	17
Ingeniería en Energía	152	40	3	14
Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones	105	18	4	8
Ingeniería en Tecnologías de Información	87	35	5	3
Total	733	210	28	42

Tabla 1. Población estudiantil y docente de la UP Altamira

.

Carrera	Alumnos				Maestros	
	Mujeres	Hombres	Trabajan		Mujeres	Hombres
			si	no		
Ingeniería Industrial	26	55	32	49	8	8
Ingeniería en Energía	9	10	5	14	3	3
Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones	4	19	8	15	1	3
Ingeniería en Tecnologías de Información	7	7	5	9	1	3
Total	46	91	50	87	13	17

Tabla 2. Características de los integrantes del muestreo

Instrumento de medición

Se utilizó una encuesta para la recolección de información auto administrada en papel. Se obtuvieron los datos como: edad, sexo, estado civil, carrera y si labora o no en el caso de alumnos, en el caso de maestros edad, sexo, estado civil y si habían impartido alguna asignatura relacionada con el tema de estudio. Las respuestas fueron capturadas en una escala likert de 7 puntos, en donde el 1 equivale a totalmente en desacuerdo y el 7 corresponde a totalmente de acuerdo. La secuencia de las escalas utilizadas en la encuesta para analizar las cualidades del emprendedor, las variables de estudio se presentaron de la siguiente manera: en primero lugar se presentó la identificación de oportunidades (4 items), posteriormente la proactividad (4 items), seguido por la creatividad (4 items) y finalmente la visión (3 items). En la Tabla 3 se muestra la construcción de las variables de estudio.

Características del emprendimiento	Fundamento teórico	Variable de Estudio	Fundamento Teórico
Cualidades Emprendedoras	El emprendedor representante presenta una serie de cualidades que los caracterizan como lo son: la innovación, la creatividad, la agresividad, el crecimiento rápido, el beneficio económico y la relevancia social (Orellana y Martínez, 2013)	Identificación de oportunidades Proactividad Creatividad Visión	Amorós, (2011); Bolbao y Pachano, (2002); Cabana-Villca, Cortes-Castillo, Plaza-Pasten, Castillo-Vergara, y Alvarez-Marin, (2013); Loli, Dextre, Del Carpio, y La Jara, (2010); Ochoa Hernández, Azuela Flores, y Ranger Lyne, (2016)

Tabla 3. Variables de estudio

Los ítems presentados a partir de la revisión de literatura fueron adaptados de acuerdo a la población. Las variables de estudio seleccionadas son las siguientes: Identificación de oportunidades, el propósito es conocer la forma como perciben las nuevas ideas de mejora. Proactividad, su finalidad es conocer la intervención del individuo de manera voluntaria y anticipada para procurar el cambio en diversas situaciones. Creatividad, el objetivo de esta variable es identificar su participación con la generación de nuevas ideas y finalmente visión, el estudio de esta variable ayuda a identificar su perspectiva a futuro. En la Tabla 4, se pueden apreciar las escalas de cada variable de estudio.

Variable
Identificación de oportunidades
Ítem 1.- Se siente motivado a crear sus propias oportunidades de crecimiento personal.
Ítem 2.- Identifica las habilidades que tienen las demás personas.
Ítem 3.- Considera importante buscar continuamente nuevas maneras de hacer las cosas.
Ítem 4.- Participa en actividades extraclases para mantenerme en contacto con otros grupos.
Proactividad
Ítem 5.- Ante una situación, soy de los que tiene la iniciativa.
Ítem 6.- Cuando se presenta un problema, procuro buscar la solución.
Ítem 7.- Antes de que ocurra un problema, ya he tomado las precauciones necesarias para empezar a actuar.
Ítem 8.- Ante situaciones prioriza sus valores sobre los impulsos o sentimientos del momento.
Creatividad
Ítem 9.- Genero ideas que son puestas en práctica en los grupos de trabajo
Ítem 10.- Pienso en forma creativa para la realización de las actividades
Ítem 11.- Generalmente, tengo ideas originales y las pongo en práctica
Ítem 12.- Me gusta analizar y encontrar formas diferentes de hacer las cosas
Visión
Ítem 13.- Proveo nuevas visiones u orientaciones para el desarrollo de las actividades.
Ítem 14.- Me veo a mí mismo iniciando actividades en mi vida diaria.
Ítem 15.- Selecciono resultados obtenidos de acciones puestas en marcha en el logro de objetivos para determinar acciones futuras.

Tabla 4. Escala de variables de estudio

Resultados

Con resultados obtenidos en la encuesta se realizó un análisis factorial exploratorio con el propósito de validar las variables de las características emprendedoras, los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 5. Los resultados muestran que la encuesta por su totalidad es válida. Los ítems utilizados para medir cada dimensión (identificación de oportunidades, proactividad, creatividad y visión) son los adecuados y se concluye que estas dimensiones están correlacionas entre sí, mostrando valores mayores a 0.5. Estos resultados demuestran la validez y confiabilidad del instrumento de medición. Se puede decir que la creatividad y proactividad son las variables con las que los alumnos se muestran más identificados. En el caso de los maestros, además de las variables antes mencionadas la identificación de oportunidades es también una variable de interés para ellos.

	Alumnos		**Maestros**	
Variable	**Confiabilidad**	**Alpha de Cronbach**	**Confiabilidad**	**Alpha de Cronbach**
Identificación de oportunidades		0.61		0.72
Ítem 1	0.507		0.731	
Ítem 2	0.514		0.756	
Ítem 3	0.508		0.705	
Ítem 4	0.611		0.691	
Proactividad		0.69		0.79
Ítem 5	0.591		0.789	
Ítem 6	0.665		0.765	
Ítem 7	0.645		0.789	
Ítem 8	0.678		0.711	
Creatividad		0.75		0.81
Ítem 9	0.622		0.810	
Ítem 10	0.683		0.792	
Ítem 11	0.669		0.828	
Ítem 12	0.653		0.843	
Visión		0.65		0.77
Ítem 13	0.585		0.752	
Ítem 14	0.541		0.727	
Ítem 15	0.529		0.778	

Tabla 5. Resultados estadísticos

Trabajos Futuros

Como trabajos futuros se puede realizar una investigación sobre los logros de las competencias establecidas en los programas de estudio de las asignaturas que tienen relación con el tema del emprendimiento. También, verificar si los alumnos tienen conocimiento de los programas de financiamiento. Seria de interés poder incluir algunas actividades completarías a las asignaturas relacionadas con el tema del emprendimiento, como lo son capacitaciones empresariales para maestros, visitas de organismos encargados de financiamientos, información sobre incubadoras empresariales, foros, congresos, paneles de empresarios, actividades donde se pueda apreciar la importancia de la creación de empresas. Finalmente, buscar las alternativas de solución que ayuden a los alumnos a que sus proyectos de investigación técnica puedan convertirse en planes de negocio factibles.

Conclusiones

El emprendimiento es un factor importante para el crecimiento económico de los países. Como se ha mencionado, las universidades juegan un papel muy importante para la estimulación del emprendimiento, sin embargo, en nuestro país aún se trabaja para aumentar el número de jóvenes emprendedores. En las universidades con el propósito de contribuir con la generación de emprendedores se han creado planes de estudio donde se incluyen asignaturas relacionadas con la innovación y el emprendimiento. En la UP Altamira, dentro de sus planes de estudio de ingenierías se encuentra está relación, en las siguientes asignaturas: ingeniería del producto, gestión empresarial, contabilidad, ingeniería económica y análisis financiero, si bien tienen relación con el área económica, su enfoque es empresarial, gestión de proyectos, innovación tecnológica, introducción a la administración, gestión administrativa, seminario de proyectos, negocios electrónicos, inteligencia en los negocios y desarrollo del emprendedor, entre otras.

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que tanto los alumnos como maestros tienen cualidades emprendedoras, son proactivos, creativos y tienen visión. Sin embargo, no realizan trabajos de emprendimiento, solo se realizan proyectos para ser evaluados en clases. Si los docentes tienen las cualidades emprendedoras que pueden mostrar en sus clases y fortalecer las competencias de sus alumnos, sería importante investigar la manera de cómo fomentar en ellos la actividad emprendedora. Los resultados, como se han mencionado, demuestran que los alumnos tienen las cualidades necesarias para completar los conocimientos técnicos obtenidos con el emprendimiento.

Referencias

1. Ács, Z. J., Autio, E., & Szerb, L. (2014). National Systems of Entrepreneurship: Measurement issues and policy implications. *Research Policy*, *43*(3), 476–494. https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.08.016
2. Amorós, J. E. (2011). The Global Entrepreneurship Monitor project (GEM): A Latin-American context approach. *Academia Revista Latinoamericana de Administracion*, (46), 1–15.
3. Aronsson, M. (2004). Education Matters--But Does Entrepreneurship Education? An interview with David Birch. *Academy of Management Learning & Education*. https://doi.org/10.5465/amle.2004.14242224
4. Bolbao, A., & Pachano, S. (2002). Rasgos y actitudes de los emprendedores. *Enero 2002*.
5. Cabana-Villca, R., Cortes-Castillo, I., Plaza-Pasten, D., Castillo-Vergara, M., & Alvarez-Marin, A. (2013). Análisis de Las Capacidades Emprendedoras Potenciales y Efectivas en Alumnos de Centros de Educación Superior. *Journal of Technology Management and Innovation*, *8*(1), 65–75. https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000100007
6. Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje. *REDIE: Revista Electrónica de Investigación Educativa*.
7. Emprende, B. (2010). Identifica y potencializa tus competencias emprendedoras.
8. Fiet, J. O. (2001). The pedagogical side of entrepreneurship theory. *Journal of Business Venturing*. https://doi.org/10.1016/S0883-9026(99)00042-7
9. García, J. C. S. (2010). Evaluación de la personalidad emprendedora: Validez factorial del cuestionario de orientación emprendedora (COE). *Revista Latinoamericana de Psicologia*.
10. Ghasemi, B., & Rowshan, A. (2016). Early warning: the role of market on entrepreneurial alertness. *Journal of Intelligence Studies in Business*, *6*(2), 34–42. Recuperado de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=119017351&site=ehost-live&scope=site

11. Hernández Herrera, C., & Sánchez Rodríguez, E. (2017). La educación empresarial: un acercamiento desde los estudiantes universitarios en dos instituciones de educación superior. *Innovación Educativa*, *17*(75), 81–102.
12. Kirzner, I. M. (1973). *Competition and Entrepreneurship*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004
13. Kirzner, I. M. (1997). Entrepreneurial Discovery and the Competitive Market Process : An Austrian Approach. *Journal of Economic Literature*, *XXXV*(March), 60–85. https://doi.org/10.2307/2729693
14. Lilley, S., & Lightfoot, G. (2014). The embodiment of neoliberalism: Exploring the roots and limits of the calculation of arbitrage in the entrepreneurial function. *Sociological Review*, *62*(1), 68–89. https://doi.org/10.1111/1467-954X.12079
15. Lima, E., Lopes, R. M., Nassif, V., & da Silva, D. (2015). Opportunities to Improve Entrepreneurship Education: Contributions Considering Brazilian Challenges. *Journal of Small Business Management*. https://doi.org/10.1111/jsbm.12110
16. Loli, A., Dextre, E., Del Carpio, J., & La Jara, E. (2010). Actitudes de creatividad y emprendimiento en estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería y su relación con algunas variables socio demográficas. *Revista de investigación en psicología*.
17. Ochoa Hernández, M. L., Azuela Flores, J. I., & Ranger Lyne, L. (2016). Características emprendedoras en universitarios próximos a egresar de la facultad de comercio y administración de Tampico. *Revista de Psicología y Ciencias del Comportamieto de las U.A.C.J.S.*, *6*(2), 21–35. https://doi.org/10.1804/rpcc-uacjs.v6i2.117
18. Orellana, W. E. ., & Martínez, J. (2013). Teorías de entrepreneurship y cooperativismo de trabajo asociado . Fundamentos teóricos y evidencias empíricas en la creación de CTA. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (2013), 11–36. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.08.001
19. Saboia Leitão, F. A., & Cruz, N. M. (2006). Los rasgos psicológicos del emprendedor y la continuidad del proyecto emrpesarial: un estudio empírico de los emprendedores brasileños. *REAd - Revista Eletrônica de Administração*.
20. Sánchez García, J. C., Ward, A., Hernández, B., & Florez, J. L. (2017). Educación emprendedora: Estado del arte. *Propósitos y Representaciones*, *5*(2). https://doi.org/10.20511/pyr2017.v5n2.190
21. Schumpeter, J. (1934). La Teoría del Desenvolvimiento Económico. *El fenómeno fundamental del desenvolvimiento económico*, *Capítulo 2*, 69–103.
22. Villalonga, B., & Amit, R. (2006). How do family ownership, control and management affect firm value? *Journal of Financial Economics*. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2004.12.005

El uso de proyectos integradores para mejorar el rendimiento académico

M. R. Mayorga Escareño[1], L.E Arias Hernández[2], C. Castro Cháirez[3], J.J. Alba García[4]*
[1,3,4]Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de la Laguna. Blvd. Revolución y Calzada Instituto Tecnológico de La Laguna, s/n. C.P 27000, Torreón, Coahuila, México.
[2]Departamento de Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de La Laguna, Blvd. Revolución y Calzada Instituto Tecnológico de La Laguna s/n. C.P 27000, Torreón, Coahuila, México.
**rosario_mayorgae@hotmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Este estudio trató sobre el efecto de la estrategia proyectos integradores (PI), mediante la metodología de aprendizaje cooperativo, con el objetivo de determinar el efecto en el rendimiento académico de estudiantes de la asignatura Cálculo Integral, en el Programa de Ingeniería Eléctrica. También se interrogó sobre el nivel de satisfacción de los participantes al trabajar con los PI en equipos cooperativos. Se observó el desempeño de los estudiantes en capacidades de análisis y comprensión del problema, así como el establecimiento, planificación y estrategias para resolverlo. Además, se observó el desarrollo de habilidades interpersonales relacionadas con la capacidad de colaborar con otras personas incorporándose a un equipo de trabajo. Se aplicaron dos pruebas de conocimientos antes y después de aplicar los PI. Los resultados arrojaron una diferencia significativa entre los obtenidos en la preprueba y la posprueba. Esto se verificó mediante un incremento en la media después de aplicar los PI.

***Palabras clave**: Proyectos, rendimiento académico, aprendizaje.*

Abstract

This study dealt with the effect of the integrative projects (IP) strategy, through the cooperative learning methodology, with the objective of determining the effect on the academic performance of students of the Integral Calculus subject, in the Electrical Engineering Program. The level of satisfaction of the participants when working with IPs in cooperative teams was also questioned. Students' performance in analysis and understanding of the problem was observed, as well as the establishment, planning and strategies to solve it. In addition, the development of interpersonal skills related to the ability to collaborate with other people by joining a work team was observed. Two knowledge tests were applied before and after applying IP. The results showed a significant difference between those obtained in the pretest and posttest. This was verified by an increase in the mean after applying the IP.

***Key words**: Integrative projects, academic performance, cooperative learning.*

Introducción

En el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 [2014], en su vertiente educación, se demanda ampliar la cobertura en educación. Por lo que el Tecnológico Nacional de México [TecNM, 2014], se alinea a estas directrices implementando en el Programa Institucional de Innovación y Desarrollo del Tecnológico Nacional de México 2013-2018 [2013], que se deberá fortalecer la calidad educativa a través de la innovación de programas curriculares para formar ciudadanos de clase mundial. Ante estos requerimientos, una de las estrategias curriculares establecidas por el Tecnológico, para mejorar los índices de rendimiento académico, son los proyectos integradores. Los cuales contribuyen a que los estudiantes obtengan las nuevas competencias aprendiendo a actuar de forma integral y no individualizada. López y García [2012] definen al proyecto integrador como una

estrategia didáctica que posibilita a los estudiantes a que aprendan, realizando actividades y resolviendo uno o varios problemas de contexto, por lo que existe vinculación directa entre el aprendizaje y su aplicación.

Para este estudio fueron seleccionados 15 estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, a los cuales se les aplicó un examen individual de conocimientos llamado preprueba. Después se procedió con el asesoramiento a los estudiantes de la unidad 3 de cálculo integral, por un profesor tutor, en un periodo de tiempo, posterior al asesoramiento por el tutor, se solicita a los estudiantes formar equipos de tres para que participen en la solución de los proyectos integradores. En estos proyectos se establecen las competencias solicitadas en esa unidad, por lo que se tiene un banco de proyectos. Los estudiantes seleccionan el proyecto en el cual quieren participar. Cada equipo trabajará en colaboración para dar una solución a su proyecto. Con la solución del proyecto se espera que los estudiantes logren las competencias genéricas y específicas establecidas en la unidad tres de la materia de cálculo integral. Posterior a la solución del proyecto integrador, se les aplica por segunda ocasión el examen de conocimientos individual, ahora llamado Instrumento de posprueba.

Una vez que se obtuvieron los datos resultantes de la aplicación de los instrumentos se realizó un análisis descriptivo, por medio del análisis comparativo de medias aritméticas entre los resultados de la preprueba y posprueba aplicados en dos momentos diferentes. Para determinar la significancia de estos resultados se realizó el cálculo de la prueba t de estudiante. Además, se les aplicó una encuesta de satisfacción en donde se analiza si los estudiantes estuvieron satisfechos al trabajar en equipos de colaboración con los proyectos integradores. Para responder a esta pregunta de investigación se utilizó una encuesta o cuestionario con preguntas tipo Likert. El análisis estadístico de las respuestas se calculó mediante la distribución de frecuencias y el porcentaje de incidencia de cada respuesta.

La propuesta de proyectos integradores, está fundamentada en la metodología de Johnson, Johnson y Holubec [1999], la cual establece que el aprendizaje cooperativo contribuye a que los estudiantes se ayuden mutuamente a aprender, además ayuda al profesor al logro de metas como el incremento del rendimiento académico de los alumnos, tanto de aquellos dotados con habilidades cognitivas, como los que tienen dificultades para aprender.

Calderón, Forero y Chio [2011], señalan que los proyectos integradores, aseguran que el estudiante aprenda a aprender, generando en el mismo estudiante, criterios contemporáneos y prospectivos acordes a la realidad, ya que además de ser un instrumento de aprendizaje, es un proceso continuo de búsqueda de conocimiento que llevan a la solución de problemas reales. Por otro lado, Serna y Polo [2014] señalan que en el proceso formativo de los ingenieros es fundamental desarrollen la capacidad de análisis, síntesis, lógica y abstracción para poder ejercer profesionalmente como ingenieros, es decir comprender el problema mediante la abstracción, el modelado, la construcción y evaluación de diseños antes de la producción física.

Metodología

El presente estudio tuvo como propósito investigar la efectividad de los proyectos integradores por medio de grupos colaborativos en el rendimiento académico, así como en la satisfacción de los estudiantes al utilizar dicha estrategia.

Población. Estuvo conformada por todos aquellos estudiantes inscritos en el programa de Ingeniería Eléctrica, matriculados en el segundo periodo académico del 2017 de la asignatura de Cálculo Integral. Los cuales fueron aproximadamente 90 estudiantes mayores de 18 años, de ambos géneros, así como de diferentes estratos económicos, todos tenían experiencia previa del curso de Cálculo Diferencial, el 80% procedía de áreas urbanas, y el 20 % de áreas rurales. Hernández, Fernández y Baptista [2010, definen la población como el conjunto de todos los casos los cuales coinciden con determinadas especificaciones.

Muestra. De la población se seleccionó una muestra intencionada de 15 estudiantes registrados en condición de repitentes, inscritos en un curso de Cálculo Integral, con una edad promedio de 19 años. Los estudiantes asignados a la intervención fueron seleccionados de forma no tendenciosa, es decir solo aquellos que voluntariamente decidieron participar. La definición de muestra según Hernández et al (2010), es un subgrupo de

la población en donde la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las causas relacionadas con las características de la investigación.

Desarrollo de la Investigación de proyectos integradores con equipos de trabajo colaborativo.

Se desarrolló una investigación con enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental, con los siguientes objetivos:

1) Investigar sobre la efectividad de los proyectos integradores por medio de equipos de trabajo colaborativo, en el rendimiento académico del estudiante.
2) Indagar sobre la satisfacción del estudiante cuando trabaja en equipos de colaboración los proyectos integradores.

En el esquema de la Fig. 1 se detallan las etapas de la investigación.

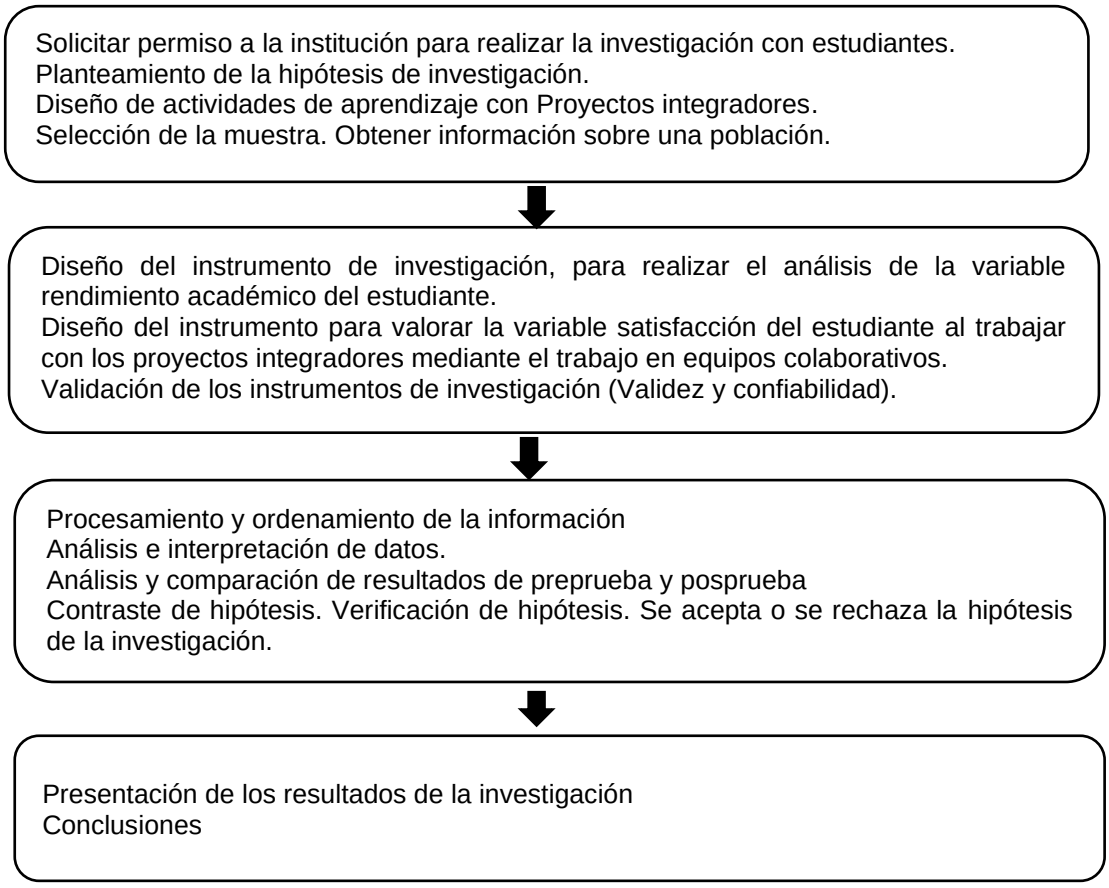


Figura 1. Actividades de la investigación por etapas.

Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para proporcionaron información, y dar respuesta a las preguntas de investigación fueron:

a) Examen de conocimientos que se utilizó como preprueba y posprueba, para evaluar el rendimiento académico.
b) Cuestionario para determinar el grado de satisfacción del estudiante al utilizar los proyectos integradores por medio del trabajo colaborativo.

El test de conocimientos fue desarrollado por los investigadores y sometido a validación por varios expertos que imparten la materia de Cálculo Integral, así como expertos en educación. Para la confiabilidad el instrumento fue sometido a una prueba piloto con estudiantes que no participaron en la investigación. Para Hernández, Fernández y Baptista [2010] la confiabilidad de un instrumento de medición es el grado en que la aplicación repetida al mismo individuo, objeto o proceso produce resultados similares, en donde uno de los factores que estiman la confiabilidad

es el coeficiente de alfa de Cronbach. Estos resultados pueden estar en un rango de cero y uno, donde cero indica nula confiabilidad y uno demuestra una confiabilidad máxima.

El estudio analizó la intervención de tres variables: la variable independiente fue la metodología de proyectos integradores por medio de trabajo colaborativo, mientras que las variables dependientes fueron el rendimiento académico de los estudiantes, y la satisfacción relacionada con la aplicación de esta metodología.

López y García [2012], señala la definición conceptual como una estrategia didáctica que posibilita a los estudiantes a que aprendan mediante la realización de actividades y resolviendo problemas de contexto, por lo que se vincula directamente con el aprendizaje y su aplicación a través del estudiante.

La definición conceptual de variable dependiente según Johnson, Johnson y Holubec [1999], es la evaluación de los conocimientos adquiridos en el ámbito escolar. La definición operacional de esta variable para cumplir con los objetivos de la investigación serán las habilidades y el conocimiento adquirido por el estudiante, los cuales serán demostrados al responder la posprueba.

La segunda variable dependiente fue la satisfacción del estudiante al trabajar con proyectos integradores. Según Jiménez, Terríquez y Robles [2010] definen satisfacción como un concepto en donde alguien o algo está relacionado con resultados de lo que se quiere, espera o desea. La definición operacional para propósitos de esta investigación fue la percepción de disfrute del estudiante al trabajar con los proyectos integradores.

Procedimiento
Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, y un diseño cuasiexperimental para un grupo intacto. Es decir, ya estaba formado antes del experimento, por lo que no hubo asignación al azar. El enfoque cuantitativo, señalan Hernández, Fernández y Baptista [2010], se basa en la recopilación de datos para probar la hipótesis planteada, así como responder a las preguntas de investigación a través de la medición numérica y el análisis estadístico.

Se inició la investigación con la solicitud a las autoridades correspondientes del Instituto Tecnológico de la Laguna, así como la invitación a los estudiantes inscritos en el curso de Cálculo Integral. Los estudiantes que decidieron participar se les explicó el procedimiento a seguir, así como el tiempo que tomaría el estudio, así mismo se les informó en forma clara y precisa que la participación era voluntaria, anónima y la decisión de no participar no conllevaría ninguna sanción.

Los estudiantes que decidieron participar se les asignó un profesor tutor quien los asesoró durante dos semanas 60 minutos diarios (adicionales a los establecidos en el curso de Cálculo Integral), con la metodología de los PI mediante el trabajo colaborativo, en la unidad 3 de la asignatura de Cálculo Integral. Esta actividad tuvo carácter complementario y no tuvo incidencia en la calificación del curso. Su carácter fue formativo.

El profesor tutor asignado a los estudiantes es experto en la materia, el cual fue invitado previamente por los investigadores responsables del estudio, dándole instrucciones claras y precias para la implementación de la metodología.

Para no afectar los resultados de la investigación, el profesor tutor no conoció la hipótesis ni los propósitos de la investigación, ni las condiciones experimentales, ya que solo recibió instrucciones claras y precisas sobre lo que se debería hacer y como desempeñarse.

En los proyectos integradores, se formulan las etapas de forma detallada, ya que el foco de atención está en el mismo proceso de aprendizaje del alumno y no en el producto, además de que esta forma de enseñanza reúne toda una serie de características desde una perspectiva metodológica-didáctica, con el enfoque del docente como diseñador y moderador de los trabajos por proyecto, Amorós [2011].

Resultados y discusión

Análisis e interpretación de datos
Para determinar la efectividad de la estrategia PI, se aplicó el mismo instrumento en dos momentos: antes y después de aplicar la metodología. El instrumento se estructuró de tal forma que el estudiante pudiera resolver

problemas del entorno, mediante el desarrollo del pensamiento lógico-matemático, y así contribuir a lograr la competencia de aplicación de integrales.

El instrumento estuvo conformado por 7 ítems, cada uno requería desarrollar una competencia de la unidad 3 de la asignatura de Cálculo Integral.

Para esta investigación implicó la existencia de hipótesis acerca de las poblaciones que se estudian. Este estudio fue de tipo longitudinal, es decir se realizaron medidas en dos momentos distintos (antes y después) de una intervención y tomando en cuenta que la muestra fue menor de 30, se procedió a calcular la prueba t de estudiante. Hernández, Fernández y Baptista [2010] indican que esta prueba sirve para evaluar si las medias de las variables difieren entre sí de manera significativa con respecto a dos resultados. Las medias en esta investigación se obtuvieron al aplicar una preprueba y posprueba a un mismo grupo, antes y después de la experiencia de trabajar con la metodología de los PI. La variable para comparar fue de carácter numérico y refiere al nivel de rendimiento académico de los participantes.

Para realizar la prueba t de estudiante se requiere enunciar una hipótesis de nulidad (Ho), para luego definir criterios con los cuales se va a aceptar o rechazar dependiendo de los resultados que se obtengan al calcular la prueba t de estudiante.

Mientras que la hipótesis de la investigación (Hi), representa que si existe una diferencia significativa en las medias antes y después de aplicar un tratamiento [Hernández, Fernández y Baptista, 2010].

Resultados de la preprueba

Los resultados obtenidos de la aplicación de la preprueba evidencian que los estudiantes que participaron en este estudio no poseían las competencias de cálculo integral correspondiente a la unidad 3. Los promedios oscilaron entre 0 y 2.57, sobre un máximo de 10, es decir 0 la calificación mínima y 10 la calificación máxima. La media fue de 1.04. Como se muestra en la tabla 1.

Resultados de la posprueba

Una vez que se cumplió con la experiencia diseñada para aplicar la metodología de los PI los participantes respondieron la posprueba con resultados estuvieron entre 0.28 y 9.42 con una media de 4.37. Los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la preprueba y posprueba

	Preprueba Serie 1	Posprueba Serie 2
Estudiante	**Media**	**Media**
1	1.42	7.57
2	2	5.28
3	0	7.85
4	1.57	8.71
5	1.28	4
6	0	0.28
7	2	8.85
8	0.57	1.14
9	0.71	0.57
10	1.28	2.85
11	0.57	2.14
12	2.57	9.42
13	0.28	1.28
14	1.14	3.28
15	0.28	2.28
Media/grupo	**1.04**	**4.37**

Fuente: Elaboración propia

 ISSN 2007-8102

En la figura 2 se muestran las gráficas de los resultados promedio tanto de la preprueba y posprueba

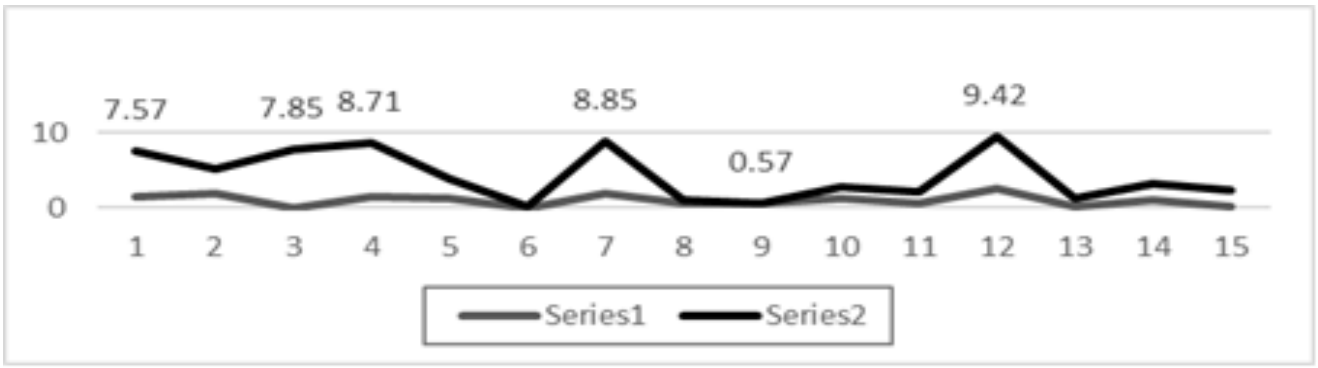


Figura 2. Datos resultados de preprueba serie 1 y posprueba serie 2

Análisis estadístico para la prueba t de estudiante

Una vez que se obtuvieron los datos resultantes de la aplicación de los instrumentos se realizó un análisis descriptivo, por medio del análisis comparativo de medias aritméticas entre los resultados de la preprueba y posprueba aplicados en dos momentos diferentes. Para determinar la significancia de estos resultados se realizó el cálculo de la prueba t de estudiante. Para realizar la prueba t de estudiante se requiere enunciar una hipótesis de nulidad (Ho), para luego definir criterios con los cuales se va a aceptar o rechazar dependiendo de los resultados que se obtengan al calcular la prueba t de estudiante.

Mientras que la hipótesis de la investigación (Hi), representa que si existe una diferencia significativa en las medias antes y después de aplicar un tratamiento [Hernández et al, 2010].
Otro factor importante para calcular la prueba es la constante llamada nivel alfa (α), la cual indica el porcentaje de error que se establece, según Serrano y Sánchez [2012], en las ciencias sociales este porcentaje de error es del 5%, es decir $\alpha = 0.05$.

Tabla 2 ***Resultados de Prueba t de estudiante con dos muestras emparejadas***

	Variable 1	*Variable 2*
Media	1.04	4.37
Varianza	0.61	10.84
Observaciones	15.00	15.00
Coeficiente de correlación de Pearson	0.67	
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
Grados de libertad	14.00	
Estadístico *t*	-4.56	
P(T<=t) una cola	0.00	
Valor crítico de t (una cola)	1.76	
P(T<=t) dos colas	0.00	
Valor crítico de t (dos colas)	2.14	

También fue necesario corroborar la normalidad: si la variable numérica, en este caso rendimiento académico, se comportaba normalmente comparando la distribución de un conjunto de datos con una distribución especificada o teórica y son representados por puntos de posición gráfica. Después de verificar que nuestros datos tanto de la preprueba como de la posprueba se comportaban normalmente, se procedió a realizar la prueba t de estudiante con los siguientes criterios basados en la hipótesis de investigación (Hi), la cual indica que sí habría cambios significativos después de aplicar la metodología de los PI. Mientras que la hipótesis nula (Ho) sostenía que no habría cambios significativos después del tratamiento.

En consecuencia, se establece lo siguiente:
Si la probabilidad obtenida P-valor ≤ α, se rechaza Ho (Se acepta Hi).
Si la probabilidad obtenida P-valor > α, no se rechaza Ho (Se rechaza Hi).

En la tabla 2 se observa que los resultados P-valor ≤ α ya que cero es menor que 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación.

Resultados relacionados con la segunda pregunta de investigación.

La segunda pregunta de investigación fue formulada para conocer el nivel de satisfacción de los participantes al trabajar los PI en equipos colaborativos. Paz [2015] indica que al conocer las sensaciones del estudiante antes, durante y después del desarrollo de los PI es posible incorporar un proceso global de comprensión y resolución involucrando no solo la ejecución del problema, sino la experiencia metacognitiva del estudiante.

Tabla 3 ***Diseño, Estructura y Organización de los Proyectos Integradores***

Diseño, estructura y organización de los Proyectos integradores	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	0 %	4.76 %	9.52 %	60 %	25.71 %

Este análisis se pudo realizar mediante cuatro criterios de satisfacción con relación a: a) Diseño estructura y organización de los PI, b) La participación del docente durante la aplicación de los PI, c) Aprendizaje con los PI a través del trabajo colaborativo y d) Retroalimentación del profesor tutor. Cada una de las preguntas muestran una distribución de frecuencia y porcentajes de incidencia correspondientes a resultados globales de cada respuesta. A continuación, se muestran los resultados con relación al diseño, estructura y organización de los PI. Se observa que el 25.71% estuvo totalmente de acuerdo en el diseño estructura y organización de los proyectos integradores, mientras que el 60 % estuvo de acuerdo, por otro lado, un 4.76 % estuvo en desacuerdo. En la tabla 3 se muestran el porcentaje de aprobación por los estudiantes para este ítem.

Trabajo a futuro

Después de considerar los hallazgos de este estudio, se pueden hacer algunas recomendaciones a examinar en futuras investigaciones, como las siguientes:

a) Replicar la investigación del tema en otros contextos y otras poblaciones.
b) Considerar la consulta de necesidades de formación del docente para aplicar proyectos integradores como una actividad regular de todas las unidades académicas que componen la institución, con el propósito de ofrecer capacitaciones pertinentes a la función del docente y así aprovechar esta metodología.
c) Realizar un estudio cualitativo o mixto donde se utilicen otras técnicas de recolección de información que permita al participante expresarse sobre aspectos no incluidos en este estudio cuantitativo.
d) esta investigación puede ser considerada como precedente para otras investigaciones, tomando en consideración una población mayor que incluya otras instituciones con características similares.

Conclusiones

El desarrollo de los proyectos integradores favorece el rendimiento académico del estudiante, cuando se realiza por medio de actividades en trabajo colaborativo, al analizar los resultados en esta variable se observa un incremento significativo en el conocimiento, sin embargo, es necesario realizar nuevos estudios que involucren nuevas variables que determinen resultados más concluyentes, debido a que no todos los resultados del aprendizaje se pueden evaluar objetivamente. Cuando el estudiante trabaja en equipos colaborativos en un

ambiente de empatía y comprensión el resultado favorece su proceso formativo, además de favorecer la evaluación por el docente, mediante diferentes rúbricas.

Se observa también que el 60 % de los estudiantes respondió estar de acuerdo en el diseño, y un 25.71 % estuvo totalmente de acuerdo en la estructura y organización de los proyectos integradores. Estas respuestas muestran la satisfacción de trabajar en Proyectos integradores.

Cuando realiza la ejecución de un proyecto es una forma de adquirir el conocimiento significativo lo cual contribuye al logro de mayor aprendizaje, los cuales serán después los conocimientos previos elementales para la adquisición, retención, organización y transferencia de nuevos significados como lo indica Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian H. [2016].

El desarrollo de los PI implica el involucramiento del colectivo docente, así como la motivación de los directivos, de tal manera que la docencia, la investigación y la práctica real se conviertan en un sistema integrador con el cual el estudiante se capaz de lograr su aprendizaje.

Referencias

1. Amorós. (2011). Desarrollo e implementación de la formación por proyectos en el SENA. Un ejemplo de buenas prácticas en la transferencia metodológica. Propuesta metodológica, herramientas y experiencias prácticas. **(5)** 21-26. Recuperado de http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/formación_proyectos.pdf
2. Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (2016). Psicología educativa Un punto de vista cognoscitivo 3ª ed. Mexico: Trillas Traducción de Educational Psychology: A Cognitive View p 545-605.
3. Calderón, E., Forero, C. & Chio, N (2011) La enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica en la UNAB y su metodología basada en Proyectos. Recuperado de http://revistas.unab.edu.co/index.php?journal=mecatronica&page=article&op=view&path%5B%5D=1549&path%5B%5D=1455
4. Hernández, R., Fernández., C. & Baptista, P. (2010) Metodología de la Investigación (5ª ed.) México, D.F., México: Mc Graw Hill.
5. Jiménez, A., Terriquez, B., & Robles F. (2011). Evaluación de la satisfacción académica de los estudiantes de la Universidad Autónoma de Nayarit. Recuperado de Http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/02-06/8.pdf
6. Johnson, D. Johnson, R., & Holubec, E, (1999) El aprendizaje cooperativo en el aula (G. Vitale, Trad). Argentina. Editorial Paidós. Recuperado de http://cooperativo.sallep.net/El%20aprendizaje%20cooperativo%20en%20en%20el%20aula.pdf
7. López, N., García, A. (2012) El Proyecto Integrador, Centro de Innovación Educativa y Formación Pedagógica México, GAFRA Editores. Recuperado de http://www.cinefop.com/home/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=108
8. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2015) Foro Mundial sobre la Educación 2015. Conferencias regionales sobre la educación después de 2015. Recuperado de htp://unesdoc.unesco.org/images/0023/002330/233014s.pdf
9. Paz, H. (2015) Aborde de proyectos integradores en ingeniería electrónica con metodología CDIO. Documento presentado en encuentro internacional de educación en ingeniería. Bogotá Colombia Centro de Convenciones Cartagena de Indias. Recuperado de http://www.acofipapers.org/index.php/eiei2015/2015/paper/viewFile/1123/404
10. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (2014) Gobierno de la República. Recuperado de http://www.sev.gov.mx/educacion-tecnologica/files/2013/05/PND_2013_2018.pdf
11. Serna, E. Polo J, (2014) Lógica y abstracción en la formación de ingenieros: una relación necesaria. Ingeniería e Investigación Tecnológica (2014).
12. Serrano, F., & Sánchez, P. (2011). Análisis cuantitativo de datos en ciencias sociales con el SPSS, Tablas de contingencia y pruebas de asociación. Recuperado de: https://digitum.um.es/jspui/bitstream/10201/27921/3/SPSS_TCONTINGENCIA.pdf
13. Tecnológico Nacional de México (2014). Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013-2018. Recuperado de http://www.tecnm.mx/images/areas/planeacion/2014/PIID_2013-2018_TECNM_Final.pdf.

Diseño de estrategia para disminuir el tiempo de montaje de contenidos en aulas virtuales

I.E. Corzas García[1]*
Administración de plataforma de educación a distancia, Universidad Justo Sierra, Eje Central Lázaro Cárdenas No. 1150, Nueva Industrial Vallejo, CP 07340, Ciudad de México, México
* ivettec@ujsierra.com.mx
***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

La Universidad Justo Sierra (UJS) al alcance de su visión, establece, *ser reconocida a través de programas de licenciatura y posgrado en distintas modalidades educativas y áreas de conocimiento.* Por lo anterior, inicia el proyecto de la **Plataforma de Educación a Distancia (PED)** con su primer programa en **modalidad virtual** en el 2013. (Universidad Justo Sierra, 2018). Actualmente la UJS ofrece en su PED: licenciatura en enseñanza del inglés en modalidad mixta, maestría en innovación educativa en modalidad virtual, dos diplomados: Formación Docente en modalidad mixta, Epidemiología básica para el primer nivel de atención en modalidad virtual. La administración de la Plataforma de educación a distancia (APED), para llevar a cabo los montajes de aulas virtuales tiene a su cargo diferentes procesos, que son compartidos en esta investigación, en dichos procesos se identificó una constante que genera una demora significativa en los montajes de aulas virtuales.

***Palabras clave**: Eficientar, Montaje de contenidos en aulas virtuales, plataforma de educación a distancia.*

Abstract

The Justo Sierra University (UJS), within the scope of its vision, establishes to be recognized through undergraduate and postgraduate programs in different educational modalities and areas of knowledge. For this reason, it begins the project of the Platform for Distance Education (PED) with its first program in virtual mode in 2013. (Justo Sierra University, 2018). Currently the UJS offers in its PED: a bachelor's degree in teaching English in mixed mode, a master's degree in educational innovation in virtual mode, two diplomas: Teaching Training in mixed modality, Basic epidemiology for the first level of care in virtual mode. The management of the Distance Education Platform (APED), to carry out the virtual classroom assemblies, is in charge of different processes.

Keywords: Efficiency, Virtual classroom content assembly, distance learning platform

Introducción

La UJS es una institución que desde sus inicios se ha preocupado por mantenerse actualizada en todas las áreas que competen a sus funciones, por lo que el servicio que ofrece a la comunidad permite demostrar una concordancia con los cambios que se suscitan en la sociedad en general, en el campo del conocimiento, en la cultura y en particular en la investigación, sobre todo aquella referida al campo de la educación. (Universidad Justo Sierra, 2013). La PED se encuentra en funcionamiento bajo diferentes directrices establecidas en los lineamientos de trabajo institucionales, documento generado por la dirección académica y la administración de plataforma, en él se delimitan las funciones del administrador, director de programa, docente-diseñador, tutor de curso virtual y alumnos o participantes, de la misma forma se establecen las características de entrega de: materiales para montaje, lista de tutores y lista de participantes, cada una con ciertas características definidas en el documento oficial, entre ellos se solicita de forma obligatoria el uso de la cuenta de correo electrónico institucional , el cual se define como el único medio oficial de comunicación en la UJS.

Los diferentes procesos utilizados durante la gestión de montajes de aulas virtuales, fueron determinados con la finalidad de clarificar el trabajo para todos los involucrados en la Plataforma de Educación a Distancia (PED), tanto para directores de programas, docentes -diseñadores, tutores de cursos y por supuesto participantes de los cursos. El **objetivo** de esta investigación es **diseñar una estrategia** que **disminuya el tiempo de montaje de cursos o aulas virtuales**. Por lo que, durante la presente investigación, se detallan los diferentes procesos

que involucran el montaje de un curso virtual y se identifican las áreas de oportunidad que son constantes en los diferentes planes de actividades generados por los diseñadores, para así determinar la estructura de una estrategia que permita lograr el objetivo propuesto en esta investigación. A continuación, se desarrolla la investigación iniciando con los conceptos básicos de los diferentes documentos gestionados en el montaje de cursos virtuales, posteriormente se detallan los diferentes procesos previos para realizar el montaje, y por último se identifican las áreas de oportunidad constantes en los planes de actividades.
En la última sección de esta investigación se genera la propuesta de la estrategia para el logro del objetivo planteado en estas líneas.

Objetivo general:

Diseñar una estrategia que **disminuya el tiempo de montaje de cursos o aulas virtuales** en la plataforma de educación a distancia de la Universidad Justo Sierra.

Objetivos específicos:

- Revisar al interior del Proceso de montaje de la plataforma de educación a distancia en que sección existe una demora del tiempo estimado.
- Identificar el o los factores detonantes de la demora en los montajes de aulas virtuales.
- Diseñar una estrategia que disminuya o elimine el o los factores detonantes de la demora en el proceso de montaje de los cursos virtuales.

Desarrollo

Concebir a la educación como parte fundamental y generadora de los cambios requeridos para enfrentar los retos del siglo XXI, es sin duda para las Instituciones de Educación Superior un compromiso permanente que los obliga a la transición del paradigma de la enseñanza al paradigma del aprendizaje, a la creación de nuevos ambientes de aprendizaje, de nuevos esquemas educativos que propicien la formación de profesionales capaces de enfrentar y resolver las demandas que presenta la sociedad actual con los más altos niveles de calidad.

En la actualidad, y ante el vertiginoso crecimiento de las tecnologías de información, las Instituciones de Educación Superior, encuentran una diversidad de medios y planes para formar a sus estudiantes y los incorporan por mantenerse a la vanguardia en educación, lo cual los ha llevado no solo la inclusión de tecnologías en la impartición de clase sino también a los procesos administrativos y de gestión, esto para asegurar la eficiencia y eficacia de la gestión institucional, permitiendo la transparencia de la información y rendición de cuentas disponible a todos los actores implicados en su sistema educativo y que permite que estos realicen la toma de decisiones con garantías de éxito.

La UJS cuenta actualmente con una plataforma de educación a distancia, administrada en sus funciones por la **dirección académica** de la UJS, en sus lineamientos de trabajo establece estar constituida con un **comité de educación en línea** y cuenta con tres **responsables**.

El **Comité de educación en línea,** se encuentra integrado por las direcciones de los programas académicos participantes además de:

- **Dirección Académica**
- **Dirección de sistemas**
- **Recursos Humanos**
- **Vicerrectoría**

Los responsables establecidos en dichos lineamientos son:

- Director Académico
- Administrador de la Plataforma Académica y de Educación a Distancia
  - Profesor Tiempo Completo adscrito a la Dirección Académica
- Coordinación de Programas de Posgrado y seguimiento a la Plataforma de Educación a Distancia
  - Profesor Tiempo Completo adscrito a la Dirección de Posgrado e Investigación

La **Administrador de la Plataforma de Educación a Distancia** y **Académica,** tiene entre algunas de sus funciones principales:

 ISSN 2007-8102

- Gestionar la recepción del plan de actividades y materiales a colocar en las aulas virtuales (diseño instruccional) cada ciclo escolar.
- Revisar el plan de actividades y emitir observaciones y/o recomendaciones que faciliten su montaje.
- Montar los materiales en la Plataforma de educación a distancia
- Gestionar la revisión de diseñadores y/o tutores, de los cursos montados
- Diseñar cursos de capacitación para docentes y alumnos, en el uso de la PED
- Capacitar al personal docente, tutor y alumnos de los programas de la plataforma de educación a distancia
- Dar servicio de soporte técnico a la comunidad usuaria de la PED
- Entre otras.

El **documento principal** que permite el montaje de los cursos es el de *Lineamientos de trabajo para la plataforma de educación a distancia de la Universidad Justo Sierra,* el cual tiene por objetivo delimitar las políticas de operación y uso de la plataforma de educación a distancia de la Universidad Justo Sierra, el cual establece en tres tiempos la gestión de montaje de los cursos.

Proceso de Montaje.
Para dar inicio al montaje de aulas en la plataforma de educación a distancia, se realizan los siguientes procesos:

Procesos de montaje		
Proceso de la administración de plataforma	**Proceso de la dirección del programa académico**	**Proceso del docente**
		

Tabla 1 Procesos de montaje en la Plataforma de educación a distancia de la UJS

El documento que establece la estructura de los cursos a colocar en la PED es el **plan de actividades,** este documento **delimita las estrategias** que se implementarán para el **aprendizaje de los contenidos** temáticos de la asignatura, tanto las que se realizarán bajo la conducción del **tutor- docente** como las que desarrolla el estudiante de forma independiente, dicho documento fue diseñado por la **Dirección académica.**

 ISSN 2007-8102

El **plan de actividades** cuenta con una estructura **en la que** se **establecen: objetivos** por unidad, **resultados de aprendizaje**, **productos** y **criterios** de **evaluación**, todos ellos coincidentes con el programa oficial de la asignatura.
Dicho documento es proporcionado de la siguiente manera:

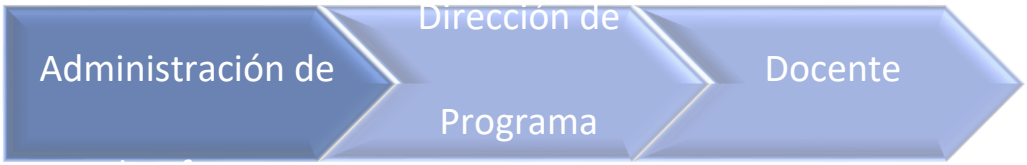


Ilustración 1 Flujo de entrega del plan de actividades

El **Plan de Actividades** se envía a la APED de acuerdo al calendario **guía de entrega,** el cual se especifica previamente por la **administración de plataforma** en un **calendario** oficial cada **ciclo escolar, siendo** dos calendarios, **semestral y cuatrimestral.** (Universidad Justo Sierra, 2018)**.** El **tutor- docente** deberá **entregar el plan de actividades** a la Dirección del **Programa Académico**, en **tiempo y forma** indicados por dicha instancia, **quien** a su vez **lo revisará y entregará** a la **Dirección Académica** para su cotejo.

El procedimiento se concreta de la siguiente manera:

a) **El plan de actividades** se entrega en formato **Word editable (y los archivos que crea necesario el docente para complementar su aula)**, para la **revisión** correspondiente por parte de la **Dirección del Programa** (ver Anexo).
b) La **Dirección de Programa entrega en tiempo y forma** señalados en el **calendario de trabajo** establecido por ciclo escolar, el **plan de actividades previamente revisado por dicha dirección** para su montaje en plataforma.

En caso de recibir observaciones al Formato de **Planeación de actividades de algún curso por parte de la APED,** estas son devueltas **ya corregidas** en un lapso no mayor a **5 días naturales** a través de cada dirección de **programa académico,** en caso de no realizarse los ajustes dicho material **se coloca como se entregó originalmente.** La **programación** y **actividades** están basadas en el **programa oficial** de la asignatura, en el **semestre** se programan **mínimo ocho actividades** para calificación, **máximo 16** por ciclo escolar, en el **cuatrimestre** son un **mínimo de** 6, **máximo 14**, como se detalla en los Lineamientos de trabajo para la plataforma de educación a distancia de la Universidad Justo Sierra. El **plan de actividades** está integrado por la siguiente **estructura**:

 ISSN 2007-8102

I) Generalidades de la Asignatura	1)	Misión, Visión y Propósito de la Universidad
	2)	Misión, Visión y Objetivo del Programa Académico
	3)	Objetivo de la asignatura
	4)	Unidades temáticas
	5)	Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación
	6)	Bibliografía básica
	7)	Bibliografía complementaria
	8)	Descripción de la asignatura
II) Presentación del curso	1)	Bienvenida al curso y presentación del aula digital
	2)	Políticas del curso (contrato de clase)
	3)	Actividades de Encuadre
	4)	*Unidad X* • Introducción • Objetivos específicos • Temas por unidad • Resultados de aprendizaje • Bibliografía • Calendarización de actividades de la unidad • Preguntas y respuestas frecuentes/Recomendaciones generales • Actividad de cierre, evaluación sumativa y/o autoevaluación por Unidad
	5)	Actividades Unidad X
III) Actividad de (auto) evaluación final		

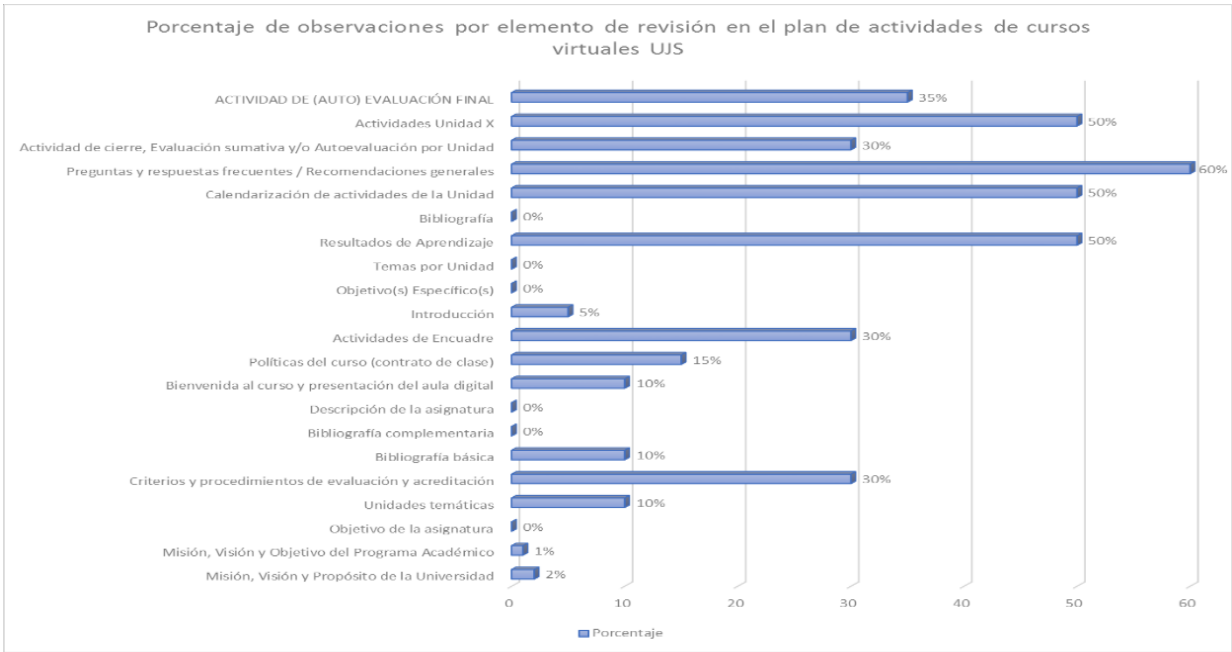
Tabla 2 Estructura del plan de actividades para el diseño de un curso virtual en la UJS

A partir de dicho plan, se lleva a cabo la **revisión de materiales**, este proceso consiste en **leer, revisar y emitir observaciones y sugerencias** de mejora en los diferentes elementos que constituyen el curso virtual, dicha revisión es ejecutada por el **administrador de la plataforma de educación a distancia**, y enviadas a cada director de programa, para que posteriormente sean revisadas por los diseñadores de cursos y corregidas las observaciones y/o sugerencias emitidas por la APED previas al montaje en la Plataforma. En su mayoría las observaciones y/o sugerencias en los elementos de revisión, son de carácter:

- Ortográfico
- Estructura
- Redacción
- Elemento incompleto • Falta de algún elemento.

Durante el **proceso de revisión de materiales**, se ha podido observar en los últimos ciclos escolares 18-1, 182 y 18-3 del trabajo en la plataforma de educación distancia, de un total de 82 aulas virtuales, que las **observaciones y sugerencias** generadas en **el plan de actividades** diseñado por los diferentes docentes que imparten una clase virtual en la PED se presentan de la siguiente manera:

 ISSN 2007-8102



Gráfica 1 Porcentaje de observaciones por elemento de revisión en el plan de actividades de cursos virtuales UJS

En el proceso de revisión de materiales, se identificó que las **observaciones y sugerencias** generadas en **el plan de actividades** diseñado por los diferentes docentes que imparten una clase virtual, coinciden en su mayoría con las mismas áreas de oportunidad, entre ellas podemos mencionar:

Elementos de revisión	Debilidad en la redacción de resultados de aprendizaje
	Diseño de actividades que no logran alcanzar el resultado de aprendizaje establecido
	Confusión o falta de manejo de nombres de recursos durante las diferentes actividades diseñadas en el curso virtual.
	Manejo Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación
	Diseño de Actividades de Encuadre
	Gestión y diseño de Calendarización de actividades de la Unidad coincidente con las actividades planteadas en el formato de plan de actividades
	Preguntas y respuestas frecuentes / Recomendaciones generales
	Actividad de cierre, Evaluación sumativa y/o Autoevaluación por Unidad
	Actividades Unidad X
	ACTIVIDAD DE (AUTO) EVALUACIÓN FINAL

Tabla 3 Elementos de revisión con mayor frecuencia de observaciones

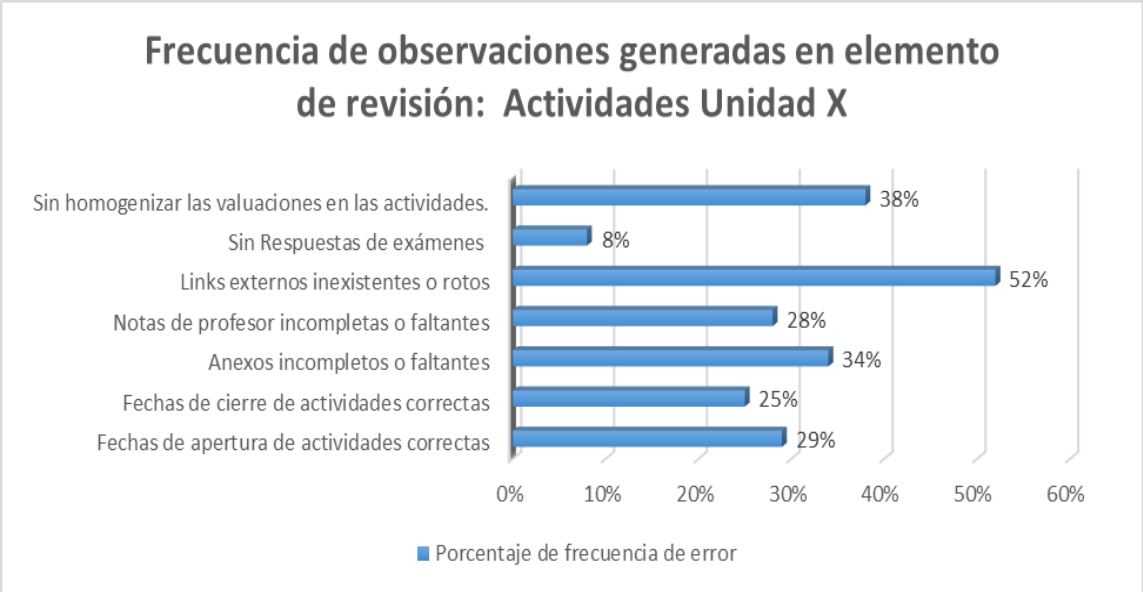
 ISSN 2007-8102

Del mismo formato del plan de actividades, al interior del **elemento de revisión: Actividades Unidad X**, se observan de igual manera áreas de oportunidad en los diseños de cursos, de los cuales se distinguen:

- Fechas de apertura de actividades correctas
- Fechas de cierre de actividades correctas
- Anexos incompletos o faltantes
- Notas de profesor incompletas o faltantes
- Links externos inexistentes o rotos
- Sin Respuestas de exámenes
- Sin homogenizar las valuaciones en las actividades.

Cabe señalar que cada ciclo escolar se realizan tantos ajustes de calendarios y/o de contenido, esto debido a que los docentes tutores o diseñadores al revisar sus aulas encuentran errores de redacción, errores de dedo, links rotos o material incompleto que es necesario corregir. Las aulas se encuentran colocadas de acuerdo al material que originalmente se proporcionó al diseñar la asignatura por primera vez y cada ciclo escolar que se imparte, algunos docentes han actualizado o modificado dichos contenidos.

De manera cuantitativa se expresa la **frecuencia de observaciones generadas** al interior del **elemento de revisión: Actividades Unidad X**:



Gráfica 2 Frecuencia de observaciones generadas en elemento de revisión: Actividades Unidad X

Conclusión

Por lo anterior se determina que el **factor detonante del retraso** en los montajes es la **cantidad de sugerencias y observaciones** emitidas por la APED a los planes de actividades generados por los diseñadores de cursos, específicamente en el **elemento de revisión: Actividades Unidad X.**
La emisión de observaciones frecuentes en los elementos ya mencionados **pudiera reducirse si el diseñador comprende la estructura y llenado del plan de actividades**, para así disminuir el número de sugerencias y observaciones emitidas por la APED en los planes de actividades, como consecuencia, disminuir el tiempo del proceso de montaje de cursos o aulas virtuales.

Estrategia de solución propuesta

Se diseña una estrategia que permita al diseñador-tutor **comprender la estructura y llenado correcto del plan de actividades**, para así disminuir el número de sugerencias y observaciones emitidas por la APED en los planes de actividades. La estrategia definida es en dos cursos iniciales:

1. **Curso de Inducción de trabajo en la Plataforma de educación a distancia de la UJS**
   Objetivo del curso: Aprender a navegar y trabajar en el ambiente virtual de aprendizaje de la Plataforma Moodle e identificar la estructura básica de un aula virtual, aplicando sus diferentes herramientas y/o recursos para favorecer el desarrollo de competencias básicas (conocimientos, habilidades y actitudes) que permitan un acercamiento exitoso a esta modalidad de estudios en la plataforma de educación a distancia de la Universidad Justo Sierra.

2. **Curso Formato de actividades y contenidos para programas académicos en aula virtual. Objetivo del curso:** Identificar y comprender los elementos que conforman el formato de actividades y contenidos para programas académicos virtuales y mixtos de la UJS a través del diseño de los propósitos, objetivos, recursos y actividades de aprendizaje de una asignatura especifica.

Los objetivos de que el **diseñador-tutor** tome el bloque de cursos semipresenciales son:

- **Identificar y comprender** los elementos que conforman el formato de actividades y contenidos para programas académicos virtuales y mixtos de la UJS
- **Sensibilizar** al docente diseñador y tutor de la experiencia como participante de la educación a distancia para el diseño de cursos en línea.
- **Capacitar** al diseñador para la redacción adecuada de los resultados de aprendizaje de forma correcta. (verbo contenido y contexto)
- **Diseñar actividades de aprendizaje** que logren alcanzar los resultados de aprendizaje definidos en el curso, utilizando las actividades dispuestas en la plataforma Moodle.
- **Identificar estrategias de evaluación**, mediante el uso de diversas herramientas tecnológicas dentro y fuera de la plataforma.
- **Diseñar y usar** de **listas de cotejo y rúbricas** para evaluar las actividades del curso virtual

La propuesta de la estrategia pretende:

- Reducir el tiempo dedicado a las revisiones de materiales a colocar en plataforma
- Reducir la emisión de sugerencias en cada material de cada asignatura a montar.
- Agilizar el proceso de montaje de los cursos virtuales en la PED
- Reducir la cantidad de solicitudes para correcciones sobre los cursos activos en el ciclo escolar.

Observaciones y recomendaciones

Una vez aplicada la estrategia del curso propuesto, se sugiere evaluar el resultado de la propuesta aplicada a un grupo de profesores que participe en el nuevo **Curso Formato de actividades y contenidos para programas académicos en aula virtual**, a través del análisis y conteo de observaciones y sugerencias generadas en los nuevos diseños de aulas virtuales comparando los resultados con los obtenidos en los ciclos escolares anteriores. Lo anterior podría permitir no solo **agilizar los procesos internos** sino además extender la **capacitación a clientes externos** que tengan el propósito de profesionalizarse en el área del diseño instruccional.

Bibliografía

Universidad Justo Sierra. (2013). *Modelo educativo universitario.* Obtenido de https://www.universidadjustosierra.edu.mx/wp-content/uploads/2018/07/ModEducUniv2012.pdf

Universidad Justo Sierra. (2018). *Lineamientos de trabajo para la plataforma de educación a distancia de la Universidad Justo Sierra.* México: UJS.

Universidad Justo Sierra. (2018). *Maestría en Innovación Educativa*. Obtenido de Objetivo: https://www.universidad-justosierra.edu.mx/

V de Gowin aplicada como estrategia heurística en el estudio del método científico

A. Jiménez Huerta[1], A. Hernández Ortiz[2], A.E. Márquez Ortega[2], M. B. Arce Vázquez[3]*
[1]Divisón de Energías Renovables, Tecnológico de Estudios Superiores de Chicoloapan, Camino al Monte s/n, Lomas de Guadalupe, C.P. 56380, Chicoloapan, Estado de México
[2]Cuerpo Académico Biotecnología e Ingeniería de Procesos de la División de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Primavera, s/n, Santa María Nativitas, C.P. 56330, Chimalhuacán, Estado de México
[3]División de Ingeniería Industrial, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, 55210, Ecatepec de Morelos, México
**alicia.jimenez@teschic.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La V de Gowin es una herramienta heurística utilizada en los procesos de enseñanza-aprendizaje, debido a que relaciona la dimensión conceptual con la metodológica, y así el estudiante adquiere un aprendizaje y competencias genéricas o específicas; esta herramienta fue aplicada a un grupo de alumnos como un instrumento heurístico con la finalidad de relacionar de forma clara el método científico con las etapas de una investigación. El resultado del trabajo en el caso práctico mostró la capacidad de comprensión por parte del alumnado, debido a que el 90% de los estudiantes fueron capaces de adquirir nuevos conocimientos, retroalimentarlos o bien desarrollar alguna competencia referente al proceso investigativo en la resolución de un problema práctico complejo y así obtener un aprendizaje significativo al retomar teorías constructivistas, donde se menciona que se pueden generar conocimientos cognitivos y metacognitivos, mediante la estimulación del estudiantado por medio del autoaprendizaje.

***Palabras clave**: V de Gowin, pan, hongo comestible, aprendizaje significativo.*

Abstract

Gowin's V is a heuristic tool used in the teaching-learning processes, because it relates the conceptual dimension to the methodological one, and thus the student acquires generic or specific learning and skills; This tool was applied to a group of students as a heuristic instrument in order to clearly relate the scientific method to the stages of an investigation. The result of the work in the case study showed the students' capacity for understanding, because 90% of the students were able to acquire new knowledge, provide feedback or develop some competence related to the research process in solving a problem. complex practice and thus obtain meaningful learning by retaking constructivist theories, where it is mentioned that cognitive and metacognitive knowledge can be generated, by stimulating the student body through self-learning.

***Key words**: V of Gowin, Pan, Edible Fungus, Significant Learnin*g

Introducción

En diversos países se han llevado a cabo estudios para el diseño de estrategias heurísticas que faciliten la comprensión estructural de los procesos de construcción del conocimiento y metodologías de la investigación [Ramírez de Mantilla, 2004]; estas son secuencias aproximadas de la teoría con el problema que se investigará, es decir es un zum, el cual tiene un acercamiento tan específico que permite un análisis detallado con respecto a los conceptos, procedimientos, actitudes, entre otros. Lo anterior, se realiza con la finalidad de obtener resultados más particulares y complejos, sin perder de vista al problema a investigar [Carnicer Murillo, Carrasquer Zamora,

Martínez Martínez, & de Lama Alcalde, 2004], por lo que, se relaciona con la Teoría de la Elaboración (TE). Esta Teoría fue creada por Charles M. Reigeluth, investigador de psicología del aprendizaje en la Facultad de Diseño Instruccional de la Universidad de Syracusa (EEUU), la cual se basa en el análisis de la estructura del conocimiento, además de los procesos cognitivos de las teorías del aprendizaje, es decir, es una clase de secuencia especial que logra ir de lo simple o general a lo complejo o detallado por aproximaciones de secuencias [López-Boch, 1998].

Los componentes que maneja la TE son siete, los cuales se enfocan a: la secuencia elaborativa, secuencia de prerrequisitos de aprendizaje, resúmenes, síntesis, analogías, activadores de estrategia y control por parte del que aprende [Gutiérrez, s.r; López-Boch, 1998; Sáenz Castro, 2006], siendo el propósito fundamental, la generación de un aprendizaje significativo, el cual se relaciona con la teoría de David P. Ausbel. La Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS) de Ausbel, está basada en procesos mismos que utilizan las personas para aprender, ya que toma en cuenta cada uno de los elementos, factores, condiciones y tipos que se ofrecen para la adquisición, asimilación y retención de los conocimientos y así crear significancia en cada uno de estos, es decir, es una teoría de reestructuración debido a que el propio individuo tiene un enfoque organicista, en el cual, el mismo genera y construye su aprendizaje [Rodríguez Palmero, 2004; Rodríguez Palmero, 2011].

Por lo anterior, el individuo es un procesador continuo de información, ya que la transforma y estructura, es por ello, que el aprendizaje significativo es sistemático y organizado donde se requieren dos condiciones fundamentales, la capacidad de aprendizaje por parte del sujeto y la presentación de material potencialmente significativo, el cual no debe ser arbitrario, sino que debe estar organizado de forma lógica para que se interprete con significancia por parte del humano [Castillo, Ramírez, & González, 2013].

Según algunos autores mencionan que el material debe respetar la estructura lógica del área de conocimiento, así como la estructura psicológica a quien va dirigida para que se pueda comprender desde la estructura cognitiva y que el aprendizaje sea a largo plazo y no se presente un olvido [Gimeno & Pérez, 1992]. Esto sucede debido a que el cerebro humano tiene la capacidad de almacenar conocimientos de forma organizada y con un alto nivel de jerarquización conceptual donde los conocimientos más específicos se conjuntan con los generales, es por ello, que el aprender del individuo debe ser estudiado en su totalidad para que sea significativo, así este se relaciona con las técnicas de aprendizaje y los materiales utilizados como lo expresa Novak J. y Gowin D., que plantean una asimilación del contenido a partir de un esquema previo, cuando se tienen conceptos relevantes e inclusores en su estructura cognitiva, manejando así el concepto “aprender a aprender” a través de estrategias o herramientas heurísticas, en las cuales el estudiante es responsable de su aprendizaje y el docente solo sea un mediador de esta acción [Díaz, 2002].

Las herramientas heurísticas están enfocadas en activar a los docentes o investigadores en trabajos experimentales desde un enfoque estratégico (planificar, organizar y evaluar las distintas actividades) para desarrollar las estrategias cognitivas y metacognitivas de los individuos [Ramos, 2009]. Estos procesos se utilizan desde que se plantea un problema, debido a que las ideas se forman, negocian, revisan y descubren para la comprensión de la naturaleza constructiva de los conocimientos (metaconocimientos) y así tomar consciencia de la construcción de significados (metaprendizaje) en el pensamiento individual [Amaro de Chain, 2000] como lo plantea Ausbel en su TAS. Basado en lo anterior, V de Gowin (VG) es una estrategia la cual apoya al individuo (estudiante) para facilitar su aprendizaje a través de diversos elementos teórico y metodológicos que se interrelacionan para construir un nuevo conocimiento o nuevos significados, es por ello, que propone utilizar la V heurística que se basa en el estudio epistemológico de un acontecimiento, y constituye un aspecto simple y flexible para captar el significado de los contenidos a aprender, y así ayudar a resolver un problema o entender un procedimiento [Castro Chávez, Gutíerrez Rodríguez, Marín Pérez, & Ramos Morales, 2015; Gil, Solano, Tobaja, & Monfort, 2013].

Por otra parte, el nuevo modelo de educación superior maneja una dimensión práctica y operativa en la enseñanza, el cual está centrado en el aprendizaje por competencias, donde el estudiante es protagonista del proceso de la adquisición de competencias instrumentales, interpersonales y sistémicas para poder adaptarse a los cambios y así transformar la información recopilada en conocimiento técnico y humano, a su vez tomar decisiones para resolver problemas [Mendiroz Lacambra & Guardian Soto, 2014]. Por lo anterior, este modelo adquiere la capacidad de planificar la metodología, diseñar las fases del proceso, así como seleccionarlo, excluirlo, desarrollarlo y evaluarlo para facilitar con esto las tareas de investigación, esto es factible para la construcción de un conocimiento a través del empleo de la V de Gowin, ya que esta herramienta heurística

relaciona de forma específica las competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de la actividad científica, con lo cual relaciona el conocimiento cotidiano con el científico [Ramos, 2009; Mendiroz Lacambra & Guardian Soto, 2014]. Además, el diagrama de V de Gowin ayuda a la comprensión global del proceso que se lleva a cabo durante una investigación, es decir, puede establecer la conexión entre la teoría y el laboratorio, orientar la planificación de la investigación científica, presentar trabajos científicos o reportes de laboratorio, con el cual se superan las deficiencias metodológicas y así coordinar el pensar con el hacer, por lo que, se divide en dos fases, el lado izquierdo es la parte conceptual y el lado derecho, son los elementos metodológicos de la investigación [Morantes, Arrieta, & Nava, 2013].

Finalmente, el análisis del valor nutrimental del pan enriquecido con harina de hongo comestible se llevó a cabo mediante la planificación sistematizada, utilizando las herramientas heurísticas, de planificación y de investigación requeridas [Márquez-Ortega, Pérez-González, & Aece-Vázquez, 2016; Márquez-Ortega, Pérez-González, & Coria-Lorenzo, 2016]. Lo anterior, con el propósito de definir con claridad los parámetros de forma conceptual, metodológica y experimental con objetivo de obtener un conocimiento metacognitivo con el cual se desarrollen las competencias adecuadas acerca del método científico y así tener un aprendizaje significativo.

Metodología

Para esta metodología de investigación, se realizó el estudio a una muestra de 40 alumnos de nivel superior, los cuales estuvieron en un curso-taller, dentro del cual se elaboró la V de Gowin como herramienta heurística en el proceso investigativo. El problema fue definido por los docentes que diseñaron e impartieron el curso, el cual se enfocó en un producto experimental que se basará en el proceso de enseñanza-aprendizaje para que fuera significativo en el alumnado de nivel superior, es por ello, que se eligió “el pan enriquecido con harina de hongo comestible”, en el cual se incorpora cuestionamiento, ¿Qué estrategia de enseñanza, permitirá al estudiantado comprender de forma significativa el valor nutrimental del pan enriquecido con harina de hogo comestible?, para que ello, pudiese incorporar de tal forma el diagrama V de Gowin como método heurístico y así determinar el nivel de comprensión después de desarrollar su estructura. El primer paso del ejercicio fue realizar las preguntas de la investigación, las cuales se mezclaron y el alumnado tenía que buscar las preguntas y acomodarlas según el diagrama de la V de Gowin. Terminada esta actividad, se llevó acabo la elaboración de esta herramienta heurística, nuevamente elaborando los enunciados, tablas, leyes, etc.

Elaboración de la V de Gowin

En principio se estructura de acuerdo a las dos dimensiones relacionadas a esta herramienta heurística, la dimensión conceptual y la metodológica. La primera está posicionada del lado izquierdo del diagrama de “V”, la cual está integrada por filosofías, teorías, principios y leyes, además de conceptos claves que soportan el marco conceptual de la problemática de investigación. Para ello, se consideró la búsqueda de información acerca de los conocimientos enfocados al análisis bromatológico del pan de caja adicionado con harina de hongo comestible y así conceptualizar el entorno de la investigación; esta se basó en la recopilación de referencias bibliográficas referentes al tema a desarrollar para puntualizar los fundamentos relacionados con la elaboración del pan, las características a evaluar y su aplicación.

Por otro lado, la segunda dimensión está conformada por afirmaciones de valor, afirmaciones de conocimiento, transformaciones, registro de fenómenos o fuentes de evidencia. En esta fase, se tomaron en cuenta el procedimiento de las técnicas bromatológica para evaluar las características del pan de caja y la experimentación; así mismo, los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación. Finalmente, el centro de la V de Gowin se muestra la problemática que se llevó a cabo, tomando en cuenta la formulación de la pregunta relacionada con el tema a resolver. Por lo anterior, la V se estructura como se muestra a continuación.

 ISSN 2007-8102

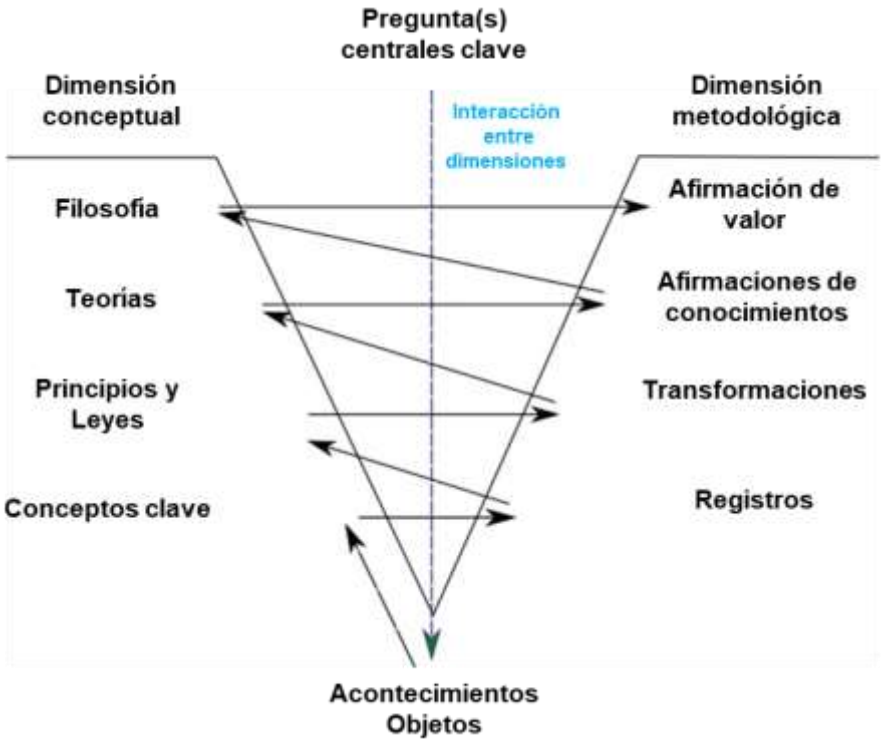


Figura 1. V de Gowin simplificada e interacción de las dimensiones (**Fuente:** propia).

El inicio del diagrama se realizó con la conformación del conocimiento, el cual parte de la observación de la producción del pan de caja enriquecido con harina de hongo comestible, ya que a partir de esto surgió la pregunta de investigación acerca de los métodos bromatológicos y sensoriales realizados al producto para demostrar su valor nutrimental. Asimismo, se desarrollaron los conceptos claves de la producción del pan, conforme a lo descrito por Ausbel dentro del constructivismo. Además de conceptualizar los acontecimientos dentro del proyecto de investigación, surgieron los registros, es decir, los datos experimentales que se obtuvieron de la valoración nutrimental del pan y con ello, se dio origen a los principios (como enunciados, afirmaciones, proposiciones que darán una transformación de los datos), estos sirvieron de guía hacia las teorías para los modelos teóricos de la propuesta nutrimental, que explicaron o predijeron los resultados, para la generación de las primeras afirmaciones de valor y responder a las preguntas iniciales con respecto a la hipótesis y así comprender la filosofía de la forma de pensamiento y los juicios de valor y conocimiento para la interpretación de resultados con la finalidad de desarrollar las conclusiones pertinentes acerca de las características nutrimentales determinadas por un análisis bromatológico y sensorial del producto desarrollado [Guardian Soto & Ballester Balmori, 2011].

Resultados y discusión

En relación al desarrollo del ejercicio planteado, se llevó acabo la elaboración de preguntas enfocadas al proyecto de investigación (pan enriquecido con harina de hongos comestibles), las cuales se realizaron con respecto a la estructura presente en la herramienta heurística V de Gowin, posterior a ello, dichos cuestionamientos se dieron a conocer al alumnado de forma desordenada, con la finalidad de que ellos, lo fueran armando conforme a su razonamiento después de la explicación acerca de la V de Gowin, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura.

 ISSN 2007-8102

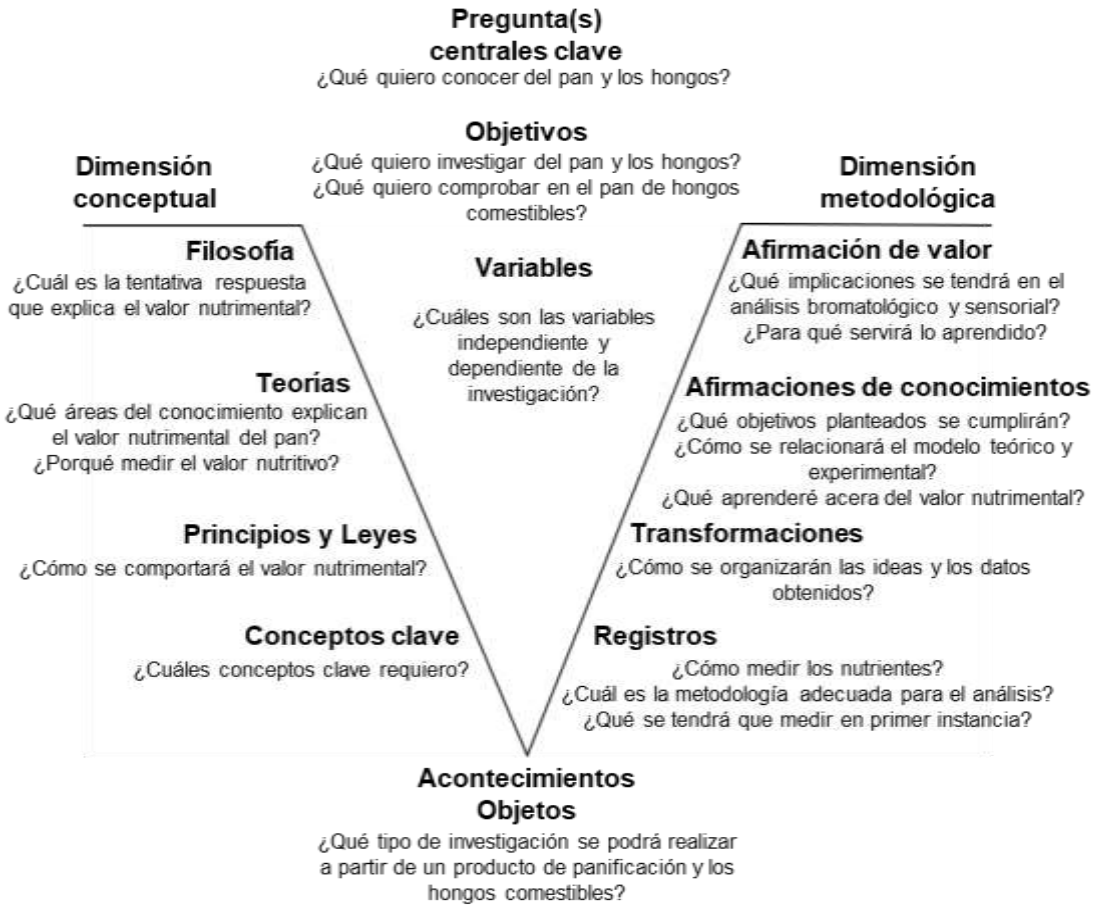


Figura 2. Descripción del problema de investigación a resolver con respecto al diagrama V de Gowin.

Concluido el ejercicio de las preguntas, el resultado fue favorable, ya que 37 de 40 estudiantes lograron desarrollar el diagrama como se muestra en la Figura 2, lo cual representa el 92.5%; mientras que el 7.5% de los estudiantes lo consideraron complejo y coincidieron que no se había realizado algún trabajo de investigación donde se aplicara el método científico o donde se revisará de esta forma.

Los resultados demuestran que la herramienta heurística V de Gowin promueve el conocimiento cognitivo y metacognitivo del individuo durante el desarrollo de un proceso investigativo en el caso particular del pan de caja enriquecido con hongo comestible, esto se relaciona con la teoría constructivista de Ausbel, en la cual afirma que el sujeto relaciona las ideas nuevas que recibe con aquellas que ya tenía previamente, de cuya combinación surge una significación única y personal [Ortiz Granja, 2015]. Se mostró en primer lugar, que se obtuvo una mayor comprensión por parte del estudiante, ya que fueron relacionando la información adquirida con anterioridad en forma teórica y después al aplicarlo a esta nueva representación de aprendizaje que es la V de Gowin, esto definió con mayor fluidez, claridad y precisión las preguntas del problema investigativo en el diagrama de forma organizada y sistemática. En segundo lugar, el alumnado fue promoviendo la capacidad de desarrollar las competencias enfocadas al manejo del método científico como se muestra en la figura 3, y como es mencionado por algunos autores [Mendiroz Lacambra & Guardian Soto, 2014].

 ISSN 2007-8102

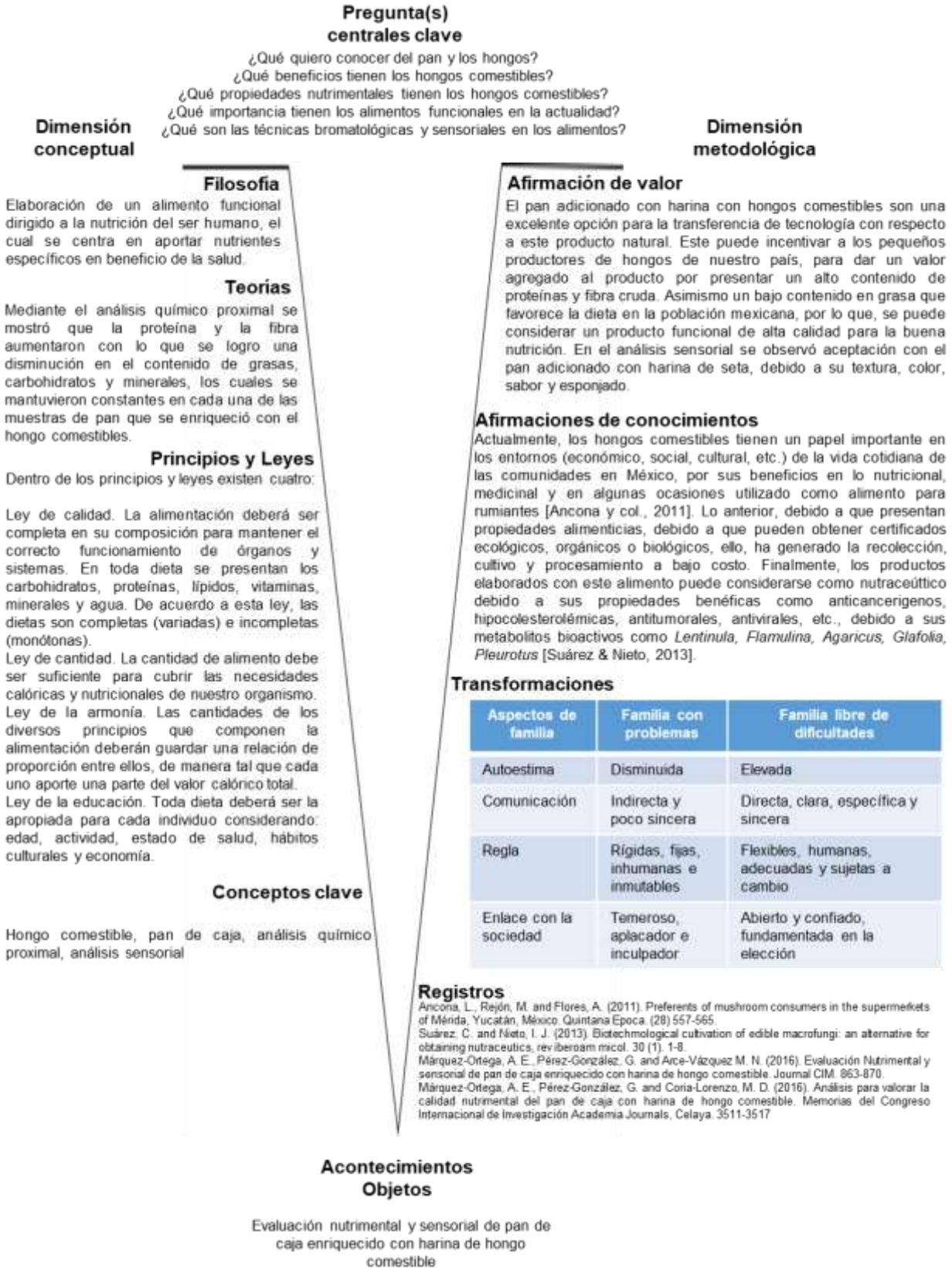


Figura 3. Diagrama V de Gowin como herramienta heurística en un trabajo de investigación.

Por lo anterior, los estudiantes fueron detallando la propuesta en el proceso, debido a que pudieron relacionar la parte conceptual con la metodológica [Guardian Soto & Ballester Balmori, 2011; Morantes, Arrieta, & Nava, 2013], es decir, el planteamiento (administración de procesos) con la experimentación (Análisis bromatológico y sensorial) [Márquez-Ortega, Pérez-González, & Arce-Vázquez, 2016; Márquez-Ortega, Pérez-González, & Coria-Lorenzo, 2016], debido a que la herramienta heurística fue realizada después del desarrollo del proyecto de investigación como un ejercicio práctico para comprobar si el alumnado puede llegar a aumentar sus capacidades de comprensión de un tema con el cual obtenga un aprendizaje significativo, con respecto al inicio de la implementación del método. Finalmente, al haber realizado la actividad de elaboración de la V de Gowin, los estudiantes mostraron la capacidad de colocar los enunciados según la estructura de la herramienta, teniendo en cuenta que 36 de los participantes (equivale al 90%) lograron estructurarlo, ya que no mostraron complicaciones acerca de la comprensión del método científico y plasmarlo en la Herramienta heurística; mientras que los 4 alumnos restantes no lo consiguieron, por considerarlo complejo aunque externaron que era interesante esta herramienta para poderse aplicar en un proyecto académico o de investigación.

Trabajo a futuro

El presente trabajo habré las puertas para el desarrollo de diversos estudios acerca de las técnicas de enseñanza-aprendizaje que pueden utilizar los docentes para que la educación sea significante, por lo que, se podrán realizar proyectos acerca de la relación de las inteligencias múltiples y las herramientas que sean capaces de fomentarlas, mediante la V de Gowin como herramienta heurística a utilizar.

Conclusiones

Los profesionistas dedicados al área educativa, en la actualidad estamos obligados a emplear técnicas y herramientas que permitan al estudiante desarrollar competencias aplicadas en el proceso investigativo, principalmente en el método científico. Por esta razón se llevó a cabo este estudio, en el cual se aplicó la herramienta heurística de la V de Gowin enfocada al aprendizaje del alumnado en temas de ciencia y tecnología, con lo que permitió generarles un conocimiento amplió y claro referente en el método científico en el contexto de la enseñanza-aprendizaje. El ejercicio fue enfocado al área de los alimentos (pan enriquecido con hongo comestible), retomado de un proyecto de investigación.

Se concluye que el 90% de los estudiantes lograron entender la actividad de forma clara al utilizar y comprender esta herramienta heurística, ya que el alumnado relacionó las ideas conceptuales adquiridas previamente con ideas nuevas con respecto a la integración de la V de Gowin y el método científico durante la resolución de problemas complejos, que al combinar estos conocimientos surge una significación única y personal como lo menciona Ausbel en su teoría constructivista, esto comprueba que cuando el estudiantado aprende a razonar y aplicar el pensamiento holísticamente se generarán los resultados esperados. Finalmente, el 10% del estudiantado no consiguió percibir con claridad el desarrollo de la V de Gowin por cuestiones de entendimiento de la metodología y estructuración del conocimiento en relación al método científico y la compresión referente a la elaboración de la herramienta heurística aplicada en el ejercicio.

Referencias

1. Amaro de Chain , R. 2000. La estrategía "Uve " como mediadora en la investigación didáctica. *Investigación didáctica*, 112-134. Caracas, Venezuela: Secretaria General de la Universidad Central de Venezuela.
2. Carnicer Murillo, J., Carrasquer Zamora, J., Martínez Martínez, R., & de Lama Alcalde, M. D. 14-17 de Septiembre de 2004. La Uve de Gowin y los mapas conceptuales pueden ser el zum de la teoría de la elaboración. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, 1*. Pamplona, España: Dirección de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra.
3. Castillo, A., Ramírez, M., & González, M. 2013. El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo. *Omnia, 19*(2), 11-24.

4. Castro Chávez, M., Gutíerrez Rodríguez, E. A., Marín Pérez, M., & Ramos Morales, P. 2015. Impacto de la uve de Gowin en el desarrollo de conocimientos, razonamientos e inteligencias múltiples. *Perspectivas docentes. Espectros*, 19-30.
5. Diaz, J. R. 2002. Los mapas conceptuales como estrategia de enseñanza y aprendizaje en la educación básica - propuesta didáctica en construcción. *Educere, 6*(18), 194-203.
6. Gil, J., Solano, F., Tobaja, L. M., & Monfort, P. 2013. Propuesta de una herramienta didáctica basada en la V de Gowin para la resolución de problemas de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física, 35*(2), 2402-1-2402-12.
7. Gimeno, J., & Pérez, Á. 1992. *Comprender y Transformar la enseñanza.* México: Morata.
8. Guardian Soto, B. D., & Ballester Balmori, A. 2011. UVE de Gowin instrumento metacognitivo para un aprendizaje significativobasado en competencias. *Revista Electrònica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa, 3*(1), 51-62.
9. Gutiérrez, R. s.r. Teoria de la Elaboración en la practica. *Guía de trabajo para el diseño curricular(11)*. Madrid, Vizconde de Matamala, España: Documentos del Intituto de Estudios Pedagógico de Somosaguas.
10. López-Boch, M. A. 1998. La teoría de la Elaboración como estrategia organizatíva dentro del marco de la Educación Artística Como Disciplina. *Arre. Individuo y Sociedad*, 63-76.
11. Márquez-Ortega , A. E., Pérez-González, G., & Aece-Vázquez, M. B. 2016. Evaluación nutrimental y sensorial de pan de caja enriquecido con harina de hongo comestible. *Journals CIM Science, Technology and Educational Research*, 863-870.
12. Márquez-Ortega, A. E., Pérez-González, G., & Coria-Lorenzo, M. D. 2016. Análisis para valorar la calidad nutrimental del pan de caja enriquecido con harina de hongo comestible. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya*, 3511-3517.
13. Mendiroz Lacambra, A. M., & Guardian Soto, M. D. 2014. El empleo de la V de Gowin para responder a las necesidades educativas del alumnado con Altas Capacidades en Educación Superior, en el Área de Computación. *Revista de Docencia Universitaria*, 457-473.
14. Morantes, Z., Arrieta, X., & Nava, M. 2013. La V de Gowin como mediadora en el desarrollo de la formación investigativa. *GÓNDOLA, enseñanza y aprendizaje de las ciencias, 8*(2), 12-33.
15. Ortiz Granja, D. 2015. El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*(19), 1-19. Recuperado el 31 de 07 de 2019, de https://www.redalyc.org/pdf/4418/441846096005.pdf
16. Ramírez de Mantilla, M. S. 14-17 de Septiembre de 2004. Una estrategías de aprendizaje para integrar teoría y laboratorio de Fisica I mediante los mapas conceptuales y la V de Gowin. *Concept maps: Theory, Methodology, Technology, 1*. Pamplona, España: Dirección de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra.
17. Ramos, O. 2009. La V de Gowin en el laboratorio de química: una experiencia didáctica en educación secundaria. *Investigación y Postgrado, 24*(3), 161-187.
18. Rodríguez Palmero, M. L. 14-17 de Septiembre de 2004. Teoría de aprendizaje significativo. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, 1*. Panplona, España: Dirección de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra.
19. Rodríguez Palmero, M. L. 2011. Teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. *Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa, 3*(1), 29-50.
20. Sáenz Castro, C. (2006). Aplicación de la teoría de la elaboración a la enseñanza de la estadística. *Tarbiya*, 113-128.

Validez y fiabilidad del instrumento de evaluación de desempeño docente en el TecnNM

J. E. Borjas García[1], M. L. Rosales Escobar[2], M. E. Navarrete Sánchez[3]*
[1]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de G.S., San Luis Potosí, México
[2]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de G.S., San Luis Potosí, México
[3]Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de G.S., San Luis Potosí, México
**marun99@yahoo.com.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Actualmente, la evaluación de desempeño docente en el Tecnológico Nacional de México (TecNM) se realiza con un modelo que los docentes perciben que no refleja realmente su desempeño. Por este motivo, se ha sometido a un análisis de validez y fiabilidad el instrumento utilizado.
Primero, se revisa el marco teórico relevante. Enseguida, se presentan los resultados del análisis de validez y fiabilidad del instrumento de evaluación al desempeño docente utilizado particularmente en el Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, utilizando alfa de Cronbach, análisis factorial y modelos de ecuaciones estructurales. La intención es resolver el problema de la desconfianza que existe sobre el instrumento de evaluación docente e investigar si realmente el instrumento mide lo que debe medir (validez) y si es consistente en el tiempo (fiabilidad).

***Palabras clave**: Validez, Confiabilidad, Desempeño docente.*

Abstract

Currently, the evaluation of teaching performance at the Tecnológico Nacional de México (TecNM) is carried out with a model that teachers perceive that does not really reflect their performance. For this reason, the instrument used has been subjected to a validity and reliability analysis.
First, the relevant theoretical framework is reviewed. Next, the results of the validity and reliability analysis of the teaching performance evaluation instrument used particularly in the Technological Institute of San Luis Potosí are presented, using Cronbach's alpha, factor analysis and structural equation models. The intention is to solve the problem of distrust of the teacher evaluation instrument and investigate whether the instrument really measures what it should measure (validity) and if it is consistent in time (reliability).

***Key words**: Validity, Reliability, Teaching Performance.*

Introducción

Actualmente, la evaluación de desempeño docente en el Tecnológico Nacional de México (TecNM), se realiza con un modelo que contempla en su estructura nueve competencias docentes del profesor: Disciplina, Planificación del curso, Diseño de ambientes de aprendizaje, Estrategias-métodos y técnicas

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

de aprendizaje, Motivación, Evaluación del aprendizaje, Comunicación, Gestión del curso, y Tecnologías de la información y de la comunicación.
El modelo de evaluación consiste en un cuestionario que observa 10 dimensiones; las primeras nueve corresponden a las competencias mencionadas anteriormente y una dimensión adicional para evaluar el grado de satisfacción general que el estudiante manifiesta sobre el docente, como se aprecia en la Tabla 1. De tal forma que, el cuestionario consta de 48 enunciados, que serán evaluados por los estudiantes por materia, en una ponderación del 1 al 5 (escala de Likert).
La percepción de los docentes, de acuerdo con comentarios en reuniones con docentes, es que los resultados no reflejan realmente su desempeño y, al ser poco confiables, la institución no toma las decisiones más acertadas para mejorar la calidad de la práctica docente. Es por este motivo, que se ha estimado necesario someter a un análisis de validez y fiabilidad el instrumento utilizado en este proceso, por lo que el problema a resolver es: la desconfianza que existe sobre el instrumento de evaluación docente utilizado en el TecNM respecto, a si realmente, mide lo que debe medir (validez) y si es consistente en el tiempo (fiabilidad).

Tabla 1. Relación de enunciados por dimensión del cuestionario de evaluación docente.

Dimensión	Enunciados	Cantidad
Dominio de la asignatura	01-05	5
Planificación del curso	06-08	3
Ambientes de aprendizaje	09-13	5
Estrategias, métodos y técnicas	14-20	7
Motivación	21-27	7
Evaluación	28-35	8
Comunicación	36-38	3
Gestión del curso	39-42	4
Tecnologías de la información y comunicación	43-45	3
Satisfacción general	46-48	3
	Total	**48**

Por lo que se plantea como objetivo revisar el actual instrumento de evaluación sometiéndolo a un análisis exploratorio, a un análisis confirmatorio y a un análisis de confiabilidad para establecer si, las dimensiones utilizadas, miden lo que dicen medir, y si existe confiabilidad en su aplicación.
La revisión del instrumento pretende, por medio de análisis estadísticos (alfa de Cronbach, análisis exploratorio y ecuaciones estructurales), establecer si es necesario o no, generar otro instrumento que sea válido y confiable, para medir el desempeño docente.

Metodología

Cuando se valida un instrumento de medición, es importante precisar los términos esenciales como la fiabilidad y validez, poniendo de manifiesto los errores metodológicos, ya que la investigación con cuestionarios utiliza a menudo metodologías tradicionales basadas en supuestos poco realistas que no se cumplen en la práctica (Batista-Foguet, Coenders & Alonso, 2004).
Un instrumento de recolección de información, se encarga de reunir datos observables pertenecientes a los conceptos o variables previamente definidas (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Para Namakforoosh (2010), los instrumentos de medición deben medir lo que interesa medir, en forma correcta, fácil y eficiente. Una medición será efectiva cuando el instrumento de recolección represente en realidad las variables que queremos medir, en cualquier otro caso, el trabajo realizado con el instrumento no se deberá tomar con seriedad o en cuenta. Asimismo, es importante considerar que cualquier instrumento de recolección de información, bien estructurado, debe cumplir, al menos, dos requisitos: validez y confiabilidad (Hernández et al., 2014).
Un instrumento es válido cuando realmente mide la variable que se intenta medir. Esta situación se complica cuando queremos recolectar información de variables difíciles de observar (motivación,

memoria, sentimientos, entre otras) en primera instancia (Hernández et al., 2014). Para Bernal (2010), la validez de un instrumento se refiere a que el instrumento mide aquello para lo cual fue creado; y se pueden inferir conclusiones a partir de los datos obtenidos. La validez de un instrumento tiene que ver con la veracidad de la medida (Shaughnessy, Zechmeister & Zechmeister, 2007). Por otro lado, la validez de un instrumento puede presentar validez real, validez de contenido, validez de criterio y validez de constructo:

- La **validez real** de un instrumento está relacionada con tener una idea clara de la variable a medir y evaluar si las preguntas o afirmaciones en realidad la miden (Bernal, 2010).
- La **validez de contenido** de un instrumento, tiene que ver con el dominio específico de contenido de lo que se pretende medir o la inclusión de todo lo que esté relacionado directamente al concepto o variable a medir. Esta validez de contenido se define a partir de la teoría o estudios previos (Hernández et al., 2014). Según Bernal (2010), esta validez tiene que ver con el grado en que el instrumento representa el universo de la variable a estudiar. La validez de contenido o muestral "se refiere a que el instrumento contenga una muestra representativa del universo de la materia de interés" (Namakforoosh, 2010, p. 228).
- La **validez de criterio** de un instrumento, se establece cuando diferentes instrumentos al medir un concepto o variable, obtienen resultados similares. Cuando el criterio se fija con otro instrumento, en el presente, se obtiene la validez concurrente. Si el criterio se fija en el futuro se obtiene la validez predictiva (Hernández et al., 2014). Se refiere a la capacidad del instrumento para predecir la variable a medir (Bernal, 2010). Para Namakforoosh (2010), la validez de criterio refleja el éxito de las medidas utilizadas con algún propósito estimativo.
- La **validez de constructo** de un instrumento, se obtiene cuando éste representa al modelo o concepto teórico que tiene que ver con la variable de interés, específicamente donde, la medición de la variable está correlacionada teóricamente con la medición de otras variables relacionadas (Hernández et al., 2014). "Es el grado en que una medición se relaciona consistentemente con otras mediciones sobre conceptos que están midiéndose" (Bernal, 2010, p. 248). La validez de constructo está relacionada al "grado en que una medida evalúa el constructo teórico para la cual está diseñada" (Shaughnessy et al., 2007; p. 173). Es la relación entre un instrumento de medición y un marco teórico para determinar si existe una unión de conceptos y consideraciones teóricas (Namakforoosh, 2010).

Para Hair, Anderson, Tatham y Black (1999, p. 106), estadísticamente la validación "es la medida en que una escala o un conjunto de medidas representa con precisión el concepto de interés". La medición de la validez puede llevarse a cabo, mediante un análisis factorial (análisis exploratorio) y un análisis por ecuaciones estructurales (análisis confirmatorio).

Un instrumento es confiable, cuando al aplicarlo al mismo sujeto u objeto repetidamente, produce resultados iguales, consistentes o coherentes (Hernández et al., 2014). De acuerdo a Bernal (2010), la confiabilidad de un instrumento radica en la consistencia de las puntuaciones obtenidas por las mismas personas en diferentes tiempos con los mismos instrumentos. La confiabilidad de un instrumento radica, en el grado en que dicho instrumento puede ofrecer resultados consistentes (Namakforoosh, 2010; Shaughnessy et al., 2007).

Estadísticamente, "la fiabilidad (confiabilidad) es el grado de consistencia entre múltiples medidas de una variable". Una de las medidas más utilizadas para su medición es el alfa de Cronbach (Hair et al., 1999, p. 105).

El Alfa de Cronbach es una medida de confiabilidad que ofrece un coeficiente que representa la correlación de los puntajes obtenidos. Asimismo, se debe concebir como un valor, dependiendo de los propósitos para los cuales fue diseñado el instrumento (García, 2011). Bajo el enfoque del programa estadístico SPSS 21, el alfa de Cronbach como modelo de fiabilidad, mide la consistencia interna de los elementos que componen las escalas de medición, que se basan en la correlación inter-elementos promedio (IBM, 2012).

Para Martínez, Chacón y Castellanos (2014), el análisis factorial exploratorio es una técnica de reducción de datos, ya que reduce un conjunto amplio de variables (variables observadas) en un conjunto menor de factores (variables latentes). Es un método estadístico cuyo propósito es definir la estructura subyacente en una matriz de datos (Hair et al., 1999).

Martínez et al. (2014) explican que el análisis factorial exploratorio debe tener las siguientes características:

- Su propósito, como la búsqueda de una estructura de dimensiones latentes, a partir de las correlaciones entre variables observadas.
- No presupone de antemano, un número determinado de factores.
- No establece relaciones, por adelantado, entre variables y los correspondientes factores.
- No se crean relaciones precisas entre los factores, pudiendo correlacionar todo entre sí.
- Considera que los factores de error, son independientes.
- No construye hipótesis previas que puedan confirmarse o refutarse.

Las fases del análisis factorial exploratorio para Martínez et al. (2014), son:

- Preparación inicial de los datos con base en la teoría correspondiente (selección de variables a analizar). Esta fase concluye con la matriz de correlaciones o la matriz de covarianzas.
- Extracción de los factores, para determinar el número de factores que permiten explicar las correlaciones entre las variables.
- Rotación de los factores, donde se trasforman los datos para encontrar un significado teórico o sustantivo de los resultados.
- Interpretación de los factores.

Los modelos de ecuaciones estructurales (“Structural Equation Modeling,” SEM) son una técnica de análisis estadístico multivariante, utilizada para probar la relación causal entre variables de modelos propuestos (Ruiz, Pardo & San Martín, 2010).

De acuerdo a Hair et al. (1999) el análisis estructural se distingue por dos características:

1. La estimación de relaciones de dependencia múltiples y cruzadas.
2. La capacidad de representar conceptos no observados en estas relaciones y tener en cuenta el error de medida en el proceso de estimación.

Por otro lado, Batista-Foguet et al. (2004) expresan que, los modelos de ecuaciones estructurales (análisis confirmatorio) ayudan a validar un nuevo cuestionario o a adaptar uno de otra lengua a una población o cultura diferente.

La investigación se realizó con un enfoque cuantitativo, tuvo un alcance descriptivo y se empleó un muestreo probabilístico. En la evaluación del instrumento mencionado se utilizaron los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis mediante el alfa de Cronbach
- Análisis factorial
- Análisis mediante ecuaciones estructurales.

El primer análisis se utilizó para medir el grado de confiabilidad del instrumento. Los dos restantes se utilizaron para medir el grado de validez de dicho instrumento. En la práctica, es frecuente comenzar con técnicas exploratorias, para continuar con técnicas confirmatorias que tienen una mayor fuerza explicativa (Martínez et al., 2014).En cuanto al muestreo, se utilizó la base de datos de la evaluación al desempeño docente del período agosto/diciembre de 2017. Asimismo, se empleó el paquete estadístico SPSS versión 21 para trabajar los datos con respecto al alfa de Cronbach y el análisis factorial. Para llevar a cabo el análisis mediante las ecuaciones estructurales, se utilizó el paquete AMOS (Análisis de Estructuras Momentáneas /Analysis of Moment Structures),versión 22.

Se describen enseguida las etapas del método:

1. Obtener la base de datos.
2. Obtener el tamaño de la muestra.
3. Depurar la base de datos de la muestra.
4. Preparar el paquete estadístico para trabajar la muestra correspondiente.
5. Realizar el análisis alfa de
6. Cronbach y emitir análisis de los resultados. Este análisis permitió evaluar la confiabilidad del instrumento.
7. Realizar el análisis factorial y emitir análisis de los resultados. Este análisis permitió verificar la relación de los factores generados con las dimensiones del modelo propuesto.
8. Realizar el análisis utilizando ecuaciones estructurales y emitir análisis de los resultados. Ese análisis permitió verificar el ajuste de las variables utilizadas al modelo propuesto.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Como se mencionó en el apartado de metodología, en primer lugar, se obtuvo la base de datos correspondiente al periodo agosto/diciembre del 2017. Esta base contó con 27,291 registros (evaluaciones de los alumnos a los diferentes profesores).

Tabla 2. Análisis utilizando el alfa de Cronbach

Dimensión	Alfa de Cronbach	N de elementos
Dominio de la asignatura	.877	5
Planificación del curso	.909	3
Ambientes de aprendizaje	.894	5
Estrategias métodos y técnicas	.951	7
Motivación	.803	7
Evaluación	.883	8
Comunicación	.913	3
Gestión del curso	.851	4
Tics	.923	3
Satisfacción general	.924	3

A continuación, se obtuvo el tamaño de la muestra utilizando la fórmula propuesta por Morales (2012), dando como resultado 1,100 registros. Como tercer paso se depuró la base de datos, eliminando aquellos renglones que no estaban completos. Posteriormente, se preparó el paquete estadístico SPSS versión 21 para poder trabajar los registros de la muestra.

Tabla 3. Matriz de componentes rotados
Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

	Componente					Componente			
	1	2	3	4		1	2	3	4
V1	0.423	0.577	0.183	0.034	**V25**	0.488	0.598	0.32	0.116
V2	0.501	0.384	0.051	0.074	**V26**	0.048	-0.12	0.05	0.843
V3	0.608	0.614	0.170	0.033	**V27**	0.376	0.717	0.3	0.049
V4	0.734	0.382	0.133	-0.046	**V28**	0.35	0.602	0.42	0.121
V5	0.711	0.474	0.231	-0.008	**V29**	0.379	0.621	0.48	-0.041
V6	0.693	0.439	0.249	-0.043	**V30**	0.496	0.461	0.53	-0.008
V7	0.717	0.458	0.234	0.001	**V31**	0.388	0.537	0.55	0.079
V8	0.694	0.401	0.349	0.006	**V32**	0.232	0.528	0.5	0.069
V9	0.677	0.172	0.207	0.158	**V33**	0.229	0.579	0.51	0.128
V10	0.721	0.177	0.257	0.081	**V34**	0.315	0.602	0.4	0.129
V11	0.703	0.315	0.311	0.117	**V35**	-0.01	0.234	0.08	0.794
V12	0.681	0.268	0.458	-0.004	**V36**	0.437	0.65	0.41	0.013
V13	0.721	0.272	0.408	-0.022	**V37**	0.435	0.669	0.38	0.063
V14	0.626	0.461	0.303	0.125	**V38**	0.45	0.633	0.38	0.025
V15	0.634	0.315	0.501	-0.043	**V39**	0.33	0.504	0.5	-0.014
V16	0.674	0.333	0.458	-0.058	**V40**	0.244	0.369	0.57	0.326
V17	0.588	0.397	0.410	0.091	**V41**	0.258	0.272	0.76	0.078
V18	0.662	0.376	0.401	0.031	**V42**	0.309	0.665	0.48	0
V19	0.621	0.514	0.326	0.013	**V43**	0.404	0.404	0.67	0.026
V20	0.618	0.446	0.428	0.052	**V44**	0.489	0.295	0.67	0.028
V21	0.589	0.499	0.407	-0.063	**V45**	0.466	0.316	0.65	0.093
V22	0.579	0.493	0.379	0.002	**V46**	0.343	0.784	0.26	0.015
V23	0.553	0.504	0.343	-0.021	**V47**	0.37	0.745	0.26	0.063
V24	0.525	0.590	0.306	0.039	**V48**	0.37	0.757	0.23	0.058

El primer análisis que se llevó acabo fue el del alfa de Cronbach con la finalidad de evaluar la confiabilidad del instrumento. En la Tabla 2 se expone los resultados del análisis.
Como se puede observar en la Tabla 2, los resultados obtenidos para cada dimensión estuvieron entre .7 y 1, que de acuerdo al nivel de la confiabilidad aceptable en los instrumentos de medición expuesto por DeVillis citado por García (2011), son mediciones aceptables. Es decir, el instrumento es fiable, ya que, al aplicarlo repetidamente, produce resultados iguales, consistentes o coherentes (Hernández et al., 2014). Sin embargo, de acuerdo a Hair et al. (1999), la fiabilidad no asegura la validez. En este caso, las variables son un conjunto fiable de medidas, pero una medida inválida para las dimensiones del modelo.
El segundo análisis que se llevó acabo fue el análisis factorial o análisis exploratorio. Este análisis permite observar como cada variable individual se relaciona con un factor (Hair et al.,1999). De acuerdo con este análisis, la matriz de componentes rotados, que se muestra en la Tabla 3, sugiere que, en lugar de 10 dimensiones, el constructo está definido sólo por 4 dimensiones. Además, las distribuciones de las variables no corresponden con la distribución que muestra las dimensiones del modelo. Al salir 4 factores (dimensiones) y no 10 factores que es lo propuesto por el modelo reflejado en el instrumento, se puede decir que las variables (ítems) utilizadas para definir las 10 dimensiones del modelo no concuerdan con las variables que definen a los 4 factores obtenidos por el análisis factorial. En otras palabras, la estructura subyacente de la matriz de datos (Hair et al., 1999) no concuerda con la matriz del modelo propuesto. Por lo tanto, suponemos que el instrumento no es válido porque no mide lo que debe de medir o para lo que fue creado (Bernal, 2010).

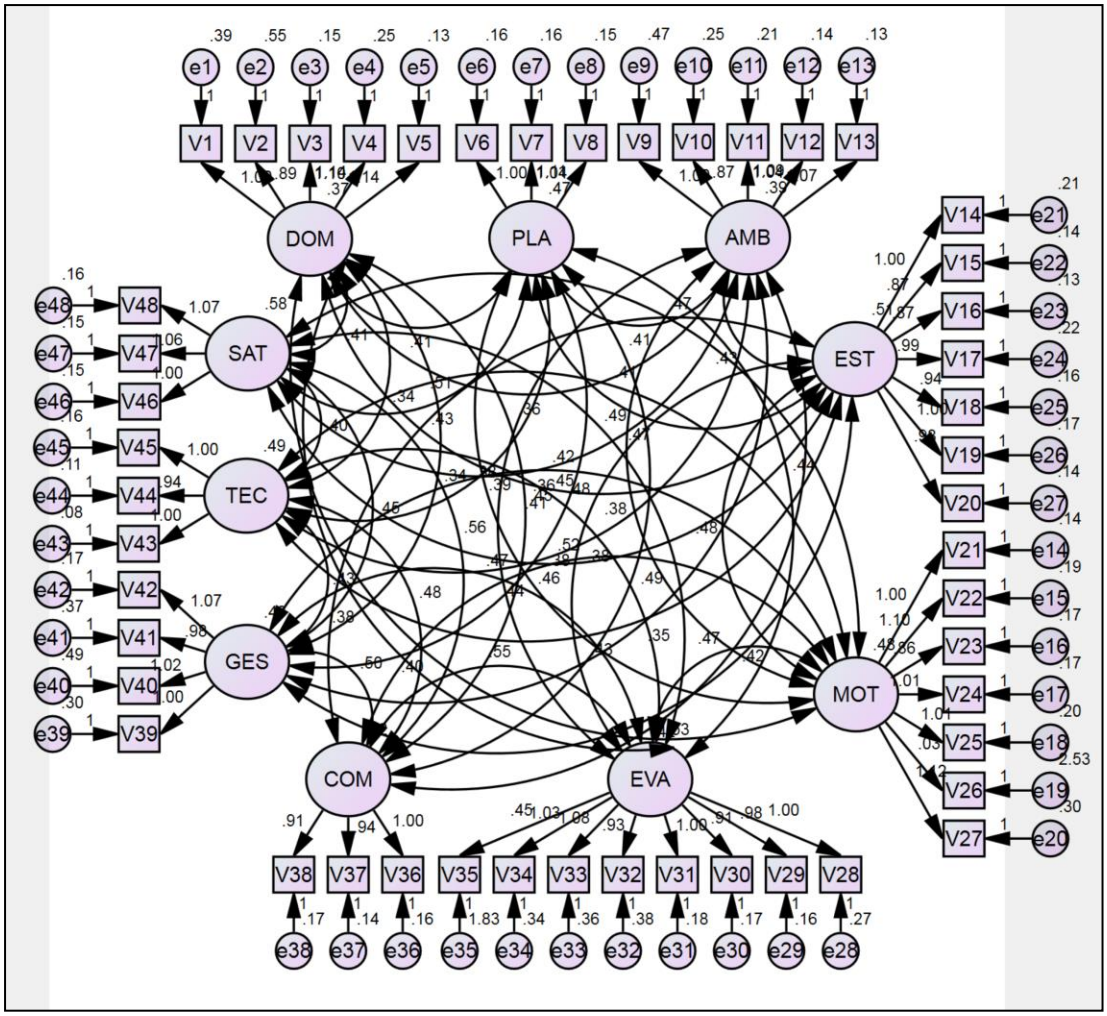


Figura 1. Análisis con ecuaciones estructurales

El último análisis que se realizó fue con el modelo de ecuaciones estructurales con la finalidad de estudiar las relaciones causales entre los datos que sean directamente observables asumiendo que estas relaciones existentes son lineales (Lara, 2014; pág. 4). Por lo tanto, este análisis trató de confirmar si las variables del modelo utilizado realmente miden lo que deben medir (validez) y si es fiable de forma integral.

Al llevar a cabo el modelaje correspondiente en el paquete estadístico AMOS versión 22, se puede observar en la Figura 1 por un lado, lo complicado que se hace el modelo al utilizar muchas dimensiones (10) y, por otro lado, la falta de estandarización en cuanto a establecer un número igual de variables que definan cada dimensión. Al tomar en cuenta los criterios de calidad de ajuste, los cuales pueden apreciarse en la Tabla 4, y las evaluaciones del modelo de medición, se obtiene evidencia para confirmar que el modelo no ajusta, por lo tanto, no se valida.

Los valores obtenidos para el alfa de Cronbach son todos superiores a 0.7, por lo que, tanto el instrumento como cada una de sus dimensiones son fiables, es decir, el instrumento produce resultados iguales, consistentes o coherentes.

Tabla 4. Parámetros de la bondad de ajuste del modelo propuesto.

PARÁMETRO	VALORES DEL MODELO	CONDICIÓN
CMIN/DF ≤ 1.5	**CMIN** Model NPAR CMIN DF P **CMIN/DF** Default model 141 9084.225 1035 .000 **8.777** Saturated model 1176 .000 0 Independence model 48 59269.510 1128 .000 52.544	**NO SE VALIDA EL MODELO**
GFI & AGFI ≥ .9	**RMR, GFI** Model RMR **GFI** **AGFI** PGFI Default model .041 **.725** **.687** .638 Saturatedmodel .000 1.000 Independence model .420 .053 .013 .051	**NO SE VALIDA EL MODELO**
NFI > .9	**BaselineComparisons** Model **NFI** Delta1 RFI rho1 IFI Delta2 TLI rho2 CFI Default model **.847** .833 .862 .849 .862 Saturatedmodel 1.000 1.000 1.000 Independence model .000 .000 .000 .000 .000	**NO SE VALIDA EL MODELO**
RMSEA < .05	**RMSEA** Model RMSEA LO 90 HI 90 PCLOSE Default model .086 .084 .088 .000 Independence model .222 .220 .223 .000	**NO SE VALIDA EL MODELO**
NOTA: Los parámetros de bondad de ajuste son de acuerdo a Byrne (2010).		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el análisis factorial, la matriz de componentes rotados sugiere que, en lugar de 10 dimensiones, el constructo está definido sólo por 4, con una distribución diferente de variables lo que demuestra que el instrumento no es válido. El instrumento no mide lo que pretende medir.

Al realizar el análisis del instrumento que consta de 48 reactivos (o variables observadas), distribuidos en 10 dimensiones (o factores), con el modelo de ecuaciones estructurales, no se cumple con los parámetros establecidos de confirmación de bondad de ajuste, por lo que no existe concordancia entre el modelo teórico y el instrumento utilizado.

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se contempla construir la estructura de un nuevo modelo de evaluación del desempeño docente, con las dimensiones y variables observables necesarias que integren un cuestionario fiable y válido para el propósito establecido.

Conclusiones

De los tres análisis realizados sólo en uno de ellos, el alfa de Cronbach, se concluye que el instrumento estudiado es fiable. En los otros dos, análisis factorial y modelos estructurales, se determina que el instrumento no es válido ni confiable.
Las razones por las que se llega a esta conclusión se mencionan enseguida:

1. El modelo teórico sobre el que se construye el instrumento de medición, contempla 10 dimensiones, lo que se considera extenso y complicado, ello provoca que varios de los reactivos en el instrumento estén fuertemente relacionados, aunque pertenecen a dimensiones diferentes.
2. La forma en que se encuentran redactados los reactivos del instrumento contribuye a que exista una fuerte correlación entre las variables y una débil correlación entre las dimensiones, provocando que diferentes variables se ubiquen en diferentes dimensiones.
3. Cuando se aplica el instrumento, en cada reactivo, los estudiantes evalúan al mismo tiempo a cada uno de los docentes (regularmente 6 en cada período), lo que provoca que no exista una adecuada reflexión por parte del estudiante sobre el desempeño del docente que evalúa. Lo anterior coincide con lo que menciona Hernández (2014) acerca de que las condiciones en que se aplica el instrumento es uno de los factores que pueden afectar la fiabilidad y validez del mismo.

Referencias

1. Batista-Foguet, J. M., Coenders, G. & Alonso, J. (2004). Análisis factorial confirmatorio. Su utilidad en la validación de cuestionarios relacionados con la salud. *MedClin* 122, 21-27.
2. Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación (3a. Ed.).* México: Pearson.
3. Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications and programming (2º. Ed.).* New York: Routledge.
4. García, C.H. (2011). La medición en las ciencias sociales y en la psicológica. En R. Landero Hernández & M.T. González Ramírez (Eds.). *Estadística con SPSS y metodología de la investigación* (pags. 139-166). México: Trillas.
5. Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. & Black, W. (1999).Análisis Multivariante. España: Prentice Hall.
6. Hernández R., Fernández C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (*6a.Ed.).* México: McGraw Hill.
7. IBM SPSS statistics base 21. (2012). IBM Corporation 1989.
8. Lara, A. (2014). Introducción a las ecuaciones estructurales en AMOS y R. Recuperado el 20 de septiembre de 2017, de http://www.masteres.urg.es.
9. Martínez, R., Chacón, J.C. & Castellanos, M.A. (2014). *Análisis de datos en psicología y ciencias de la salud.* (Vol. II). España: EOS.
10. Morales, P. (2008). Estadística Aplicada a las Ciencias Sociales. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.
11. Namakforoosh, M.N. (2010). Metodología de la investigación (2a. Ed.). México: Limusa.
12. Ruiz, M.A., Pardo, A.& San Martín, R. (2010). Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del psicólogo*, 3, 34-45.
13. Shaughnessy, J.J., Zechmeister, E.B. & Zechmeister, J.S. (2007). *Métodos de investigación en psicología (7ª. Ed.).* México: McGraw Hill.

Introspección a la educación financiera en estudiantes del ITSTB

M.R. Acevedo Serrano[1], L. M. Hernández Mendoza[1], G. Sánchez Martínez [1],*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av, Veracruz s/n esq. Héroes de Puebla, Col. Pemex, C.P, 95180, Tierra Blanca, Veracruz.
**rocio.acevedo_23@itstb.edu.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen
Mediante la investigación se determinó el nivel de educación financiera, en una muestra de 340 estudiantes de nivel licenciatura, pertenecientes a distintas carreras, se evaluaron temas como ahorro, planeación y matemáticas financieras, los resultados obtenidos permitieron identificar áreas de oportunidad, con base en ellos se generaron recomendaciones que contribuyen a desarrollar acciones que promuevan la cultura financiera, se concluye que entre los jóvenes el nivel de conocimiento se cataloga como bueno lo que les permitirá tomar decisiones acertadas, considerando que en la vida personal y profesional se deben tomar decisiones financieras que puede afectar el patrimonio personal, familiar o institucional.

***Palabras clave**: Educación, Financiera, Planeación.*

Abstract
Through the investigation the level of financial education was determined, in a sample of 340 undergraduate students, belonging to different careers, subjects such as savings, planning and financial mathematics were evaluated, the results obtained allowed identifying areas of opportunity, based on them recommendations were generated that contribute to develop actions that promote financial culture, it is concluded that among young people the level of knowledge is classified as good which will allow them to make sound decisions, considering that in personal and professional life financial decisions must be taken that It can affect personal, family or institutional assets.

***Key words:** Education, Financial, Planning*

Introducción
El manejo de las finanzas tanto de los individuos como de las organizaciones es uno de los temas de mayor importancia en la actualidad ya que de esto depende su bienestar futuro y el acceso a oportunidades financiera. Las instituciones financieras están creciendo y diversificando su catálogo de productos y servicios, siendo estas más incluyentes; otorgan créditos a todo tipo de personas, pero de muy poco sirve tener acceso a productos financieros si no son utilizados de forma eficiente, sin caer en endeudamiento, el manejo inteligente de las finanzas reside en la educación financiera.
El endeudamiento en México por el mal uso de las tarjetas o créditos personales llevaron a cerrar el 2018 con un promedio de deuda en el país de 135 mil pesos. Por estado, la Ciudad de México se ubicó en el año con el mayor número de personas endeudadas, con dos de cada 10 morosos que buscan resolver sus problemas de sobreendeudamiento, seguido del Estado de México, Jalisco, Veracruz y Puebla. (Informador, 2018)
De acuerdo con la CONDUSEF, la cultura financiera como la educación en general son uno de los motores del desarrollo social, que permite la generación del capital humano, especialmente ofrece mejores alternativas de vida al tomar decisiones financieras adecuadas.
Cualquier individuo requiere de bienes y servicios que se consiguen con dinero para poder subsistir a lo largo de las etapas de su vida, desde la niñez hasta la vejez. Con el paso del tiempo, las prioridades y decisiones económicas van cambiando y éstas se pueden satisfacer o ver afectadas de acuerdo a la cultura financiera que tenga cada persona.
La presente investigación, describe los datos que demuestran el nivel de educación financiera en una muestra de estudiantes universitarios a fin de identificar áreas de oportunidad y establecer estrategias que permitan promover el tema dentro de la comunidad estudiantil, con ello formar profesionistas integrales capaces de administrarse de manera adecuada, tomar decisiones financieras informadas que ayuden a mejorar la calidad de vida.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

 ISSN 2007-8102

Metodología

Tipo de investigación

Se realizó una investigación de tipo descriptiva, buscando describir el grado de conocimiento que posee la comunidad estudiantil sobre la educación financiera, identificando los temas en los que existe un mayor desconocimiento.

Población y muestra

La población está constituida por alumnos inscritos en el semestre febrero – junio 19, divididos en 8 carreras, en la tabla 1 se muestran los datos, dando como resultado un total de 2577; en la institución se oferta la carrera de Contador Público, por considerar la naturaleza de la investigación con el grado de relación con su formación se determinó que esta carrera no fuera considerada.

Tabla 1. Población estudiantil. Fuente de consulta: Departamento Servicios Estudiantiles ITSTB.

Carrera	
Ing. En Industrias Alimentarias	90
Ing. En Sistemas Computacionales	234
Ing. En Electrónica	232
Ing. Industrial	656
Ing. En Innovación Agrícola Sustentable	316
Ing. Mecatrónica	460
Ing. Ambiental	55
Ing. En Administración	534
Total	**2,577**

El tamaño de muestra se calculó mediante la fórmula propuesta por Murray y Larry, aplicada a una población finita o conocida. (Murray & Larry, 2009)

$$n = \frac{NZ^2PQ}{d^2(N-1) + Z^2PQ}$$

Fórmula 1. Cálculo tamaño de muestra poblaciones finitas

donde:

$$n = \frac{(2577)(1.645)^2(.5)(.5)}{(.05)^2(2577-1) + (1.645)^2(.5)(.5)} = 340$$

Fórmula 2. Sustitución cálculo tamaño de muestra

n= Tamaño de la muestra
Z= Nivel de Confianza = 95% (1.645)
p= Proporción de la población con la característica deseada (éxito) = 50% (.5)
q= Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso) = 50% (.5)
d= Nivel de error dispuesto a cometer = 5% (.05)
N= Tamaño de la población = 2577

Instrumento

El instrumento de recolección de datos se integra por 15 ítems, enunciados de forma aleatoria con el fin de incrementar la confiabilidad; estructurado en una modalidad tipo Likert, cada pregunta presenta 5 alternativas que van desde Totalmente de acuerdo hasta Muy en desacuerdo con una valoración predeterminada, de los cuales los sujetos de estudio debieron seleccionar solamente una, debe ser la que más se adecue al escenario que actualmente están viviendo, totalizando las puntuaciones para analizar los resultados con base en un rango establecidos.

Considerando la valoración de cada alternativa de la siguiente forma:

- Totalmente de acuerdo = 5 pts.
- Muy de acuerdo = 4 pts.
- De acuerdo = 3 pts.
- En desacuerdo = 2 pts.
- Totalmente en desacuerdo = 1 pts.

En las preguntas 9, 10, la valoración se realiza de forma inversa asignado un mayor puntaje a la alternativa totalmente en desacuerdo.

Los conceptos que conforman el cuestionario son los siguientes:

Ahorro: acumulación de dinero de forma regular. Una clave básica para lograrlo es gastar menos de lo que se gana. Lo más importante del ahorro es generar un hábito. El ahorro representa un soporte para atender cualquier emergencia y va a permitir una mejor calidad de vida en el futuro, (EL ECONOMISTA, 2019) (Afirmaciones 1, 3, 5, 9,14)

Planeación financiera: La planeación financiera personal es una parte integral de nuestro plan de vida, ya que nos ayuda a alcanzar aquello que queremos lograr y que implica recursos económicos. Como, por ejemplo, tener un retiro cómodo o tener la posibilidad de darle a nuestros hijos mejores oportunidades en la vida, (Lanzagorta, 2014). Uno de los problemas en la planeación financiera surge de acontecimientos no deseados que pueden romper el flujo de ingresos del individuo. (Afirmaciones 4,6, 7, 8, 10,13)

Matemáticas Financieras: Las matemáticas financieras, también llamadas finanzas cuantitativas o ingeniería financiera, se pueden definir como una rama de las finanzas que tiene como objetivo principal el estudio del valor del dinero en el tiempo, dentro de esta rama se analiza el Interés Simple, Interés Compuesto, Valor Futuro, Valor Presente, Renta Temporal, Constante-Creciente, Préstamos, Cuadro de Amortización, entre otros, (Buján, 2018) (Afirmaciones 2,11,12,15)

Resultados y discusión

Se determinó el coeficiente alfa de Cronbach de los resultados obtenidos del cuestionario aplicado a 340 estudiantes de los diferentes semestres y carreras, inscritos en el semestre febrero – junio 2019, con la finalidad de establecer el grado de fiabilidad de los datos obtenidos.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Cálculo del Alfa de Cronbach

Variable	Conteo total	Media	Desv.Est.
C1	340	4.185	1.038
C2	340	2.912	1.035
C3	340	4.024	0.995
C4	340	3.341	1.185
C5	340	2.879	1.157
C6	340	3.338	1.103
C7	340	3.638	1.116
C8	340	3.785	0.998
C9	340	3.212	1.442
C10	340	3.865	1.236
C11	340	3.129	1.244
C12	340	2.662	1.157
C13	340	3.947	1.088
C14	340	3.715	1.133
C15	340	4.118	1.069
Total	340	52.750	8.650

	Alfa
Alfa de Cronbach	0.7930

El resultado obtenido por variable es de 0.793, el cual está por encima del 0.7 Según (Oviedo & Campos, 2005).

Lo que indica que el grupo de ítem que explora un factor común muestra un elevado valor de alfa de Cronbach, indicando que el instrumento tiene buena consistencia interna y fiabilidad de los datos obtenidos. En la Tabla 3 se muestra la matriz de valoración final considerando la puntuación obtenida por cada estudiante, se totalizarán las puntuaciones de los 15 ítems. En las tablas 4, 5 y 6 se establece la matriz de valoración para cado uno de los conceptos que se abordan en cuestionario.

Tabla 3. Matriz de evaluación puntaje final. Fuente de elaboración propia.

Puntaje	Valoración
0 – 35	Nivel de conocimiento financiero insuficiente
36 – 45	Nivel de conocimiento financiero suficiente
46 – 55	Nivel de conocimiento financiero bueno
56 – 65	Nivel de conocimiento financiero notable
66 – 75	Nivel de conocimiento financiero excelente

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Matriz evaluación ahorro. Fuente de elaboración propia.

Matriz evaluación Ahorro	
VALORACIÓN	RANGO DE VALORACIÓN
INSUFICIENTE	0 – 13
SUFIENTE	14 –16
BUENO	17 – 19
NOTABLE	20 – 22
EXCELENTE	23—25

Tabla 5. Matriz evaluación Planeación. Fuente de elaboración propia.

Matriz evaluación Planeación	
VALORACIÓN	RANGO DE VALORACIÓN
INSUFICIENTE	0 – 14
SUFIENTE	15 –18
BUENO	19- 22
NOTABLE	23 – 26
EXCELENTE	27—30

Tabla 6. Matriz evaluación Matemáticas Financieras. Fuente de elaboración propia.

Matriz evaluación Matemáticas financieras	
VALORACIÓN	RANGO DE VALORACIÓN
INSUFICIENTE	0 – 9
SUFIENTE	10—12
BUENO	13- 15
NOTABLE	16 – 18
EXCELENTE	19—20

En la figura 1 se muestra el puntaje general promedio de los estudiantes, obtenido de la sumatoria de las 15 afirmaciones, dando como resultado la media 52.75 puntos y la mediana 52 lo cual confirma la tendencia de la muestra hacia los resultados, considerando la tabla 2 matriz de valoración podemos concluir que el nivel de conocimientos financieros en general es bueno, la variación entre los datos es de 8.650 según la desviación estándar mostrados en la tabla 7, el mínimo obtenido es de 24 puntos y un máximo de 75.

Tabla 7. Estadística básica de los resultados generales.

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo	Modo	N para moda
Total	**52.750**	8.650	74.819	16.40	24.000	52.000	75.000	46	19

 ISSN 2007-8102

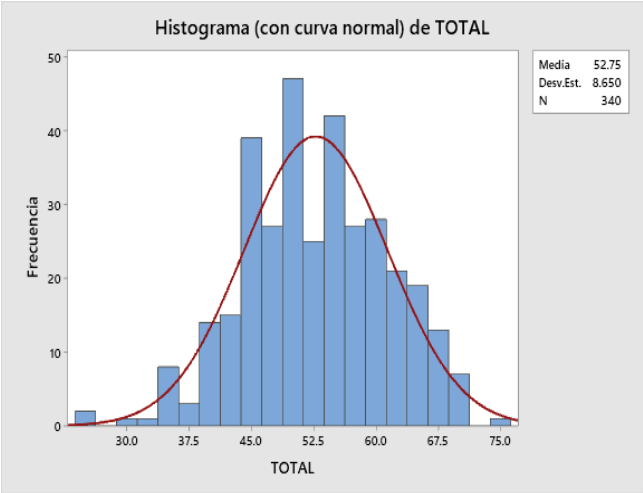


Figura 1. Gráfico evaluación general

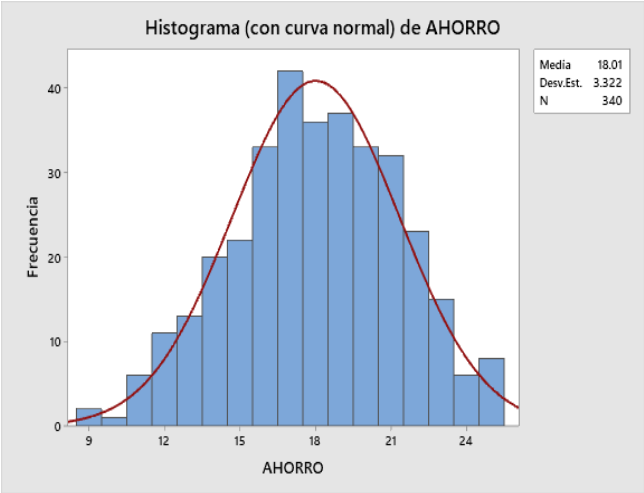


Figura 2. Gráfico evaluación concepto ahorro

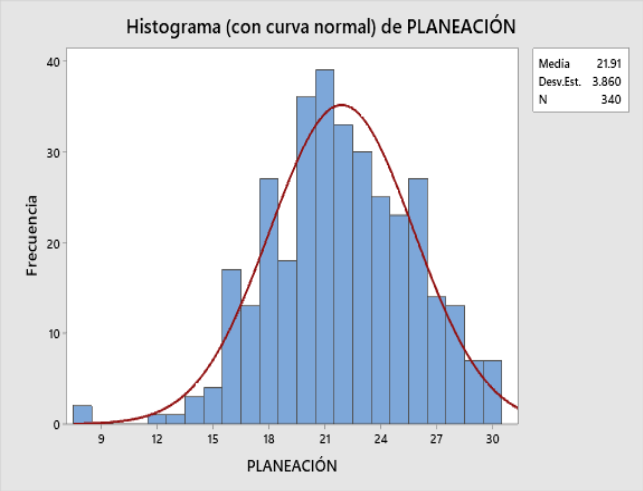


Figura 3. Gráfico evaluación concepto planeación

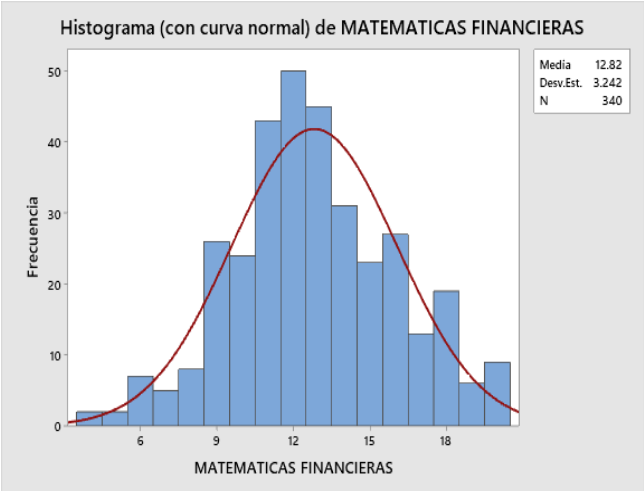


Figura 4. Gráfico evaluación matemática financieras

En relación con el ahorro (figura 2) se observa que la evaluación promedio es de 18.01 de un total de 25 con base a la 4, esta valoración es considerada como buena, así mismo en el tema de planeación (figura 3) la gráfica muestra que en este rubro la estadística básica arroja una media es 21.91 puntos de un máximo de 30 según la tabla 5, se considera que el conocimiento en este tema es bueno, en el área de matemáticas financieras (figura 4) los estudiantes tienen una puntaje de 12.12 de un total de 20 según la tabla 6, en esta área la valoración es considerada como suficiente, cabe destacar que este rubro se convierte en la principal área de oportunidad.

La figura 5 se muestran los resultados por preguntas, se observa que los alumnos muestras disposición para ahorrar, los conocimientos respecto a este tema fueron adquiridos de sus padres, conocen la importancia de los seguros tanto de gastos médicos como de vida, pagan sus deudas a tiempo y antes de adquirir una deuda analizan su capacidad de pago, así mismo se identifica falta de actualización en temas de inversión, fondo de ahorro para el retiro, créditos y desconocen estrategias para realizar ahorros de forma eficiente, de igual forma se observa que ignoran como evaluar de forma correcta una deuda al momento de adquirirla ya que para esto solo consideran la tasa de interés dejando de lado el Costo Anual Total (CAT); desconocen que dentro de este se incluye el monto del crédito, los intereses ordinarios, el impuesto al valor agregado, comisiones, gastos, primas de seguros, amortizaciones, descuentos, bonificaciones pactadas y cualquier otro tipo de cargo que deba pagar el cliente; y este se expresa como un porcentaje anual.

 ISSN 2007-8102

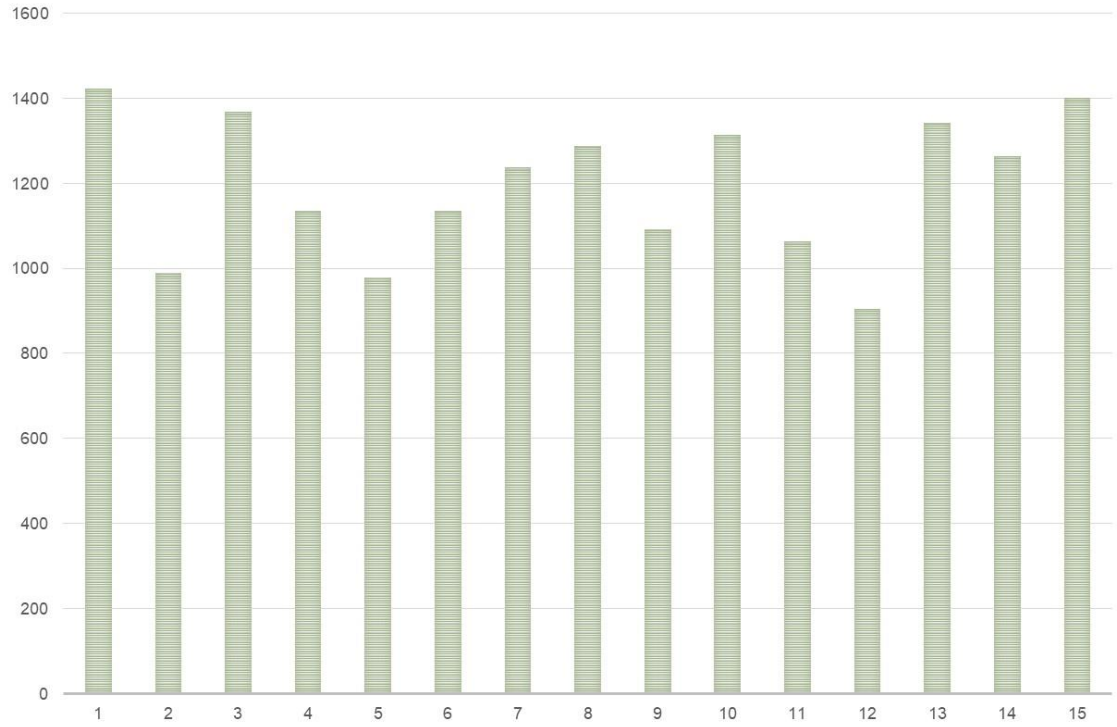


Figura 5. Resultados por pregunta

Trabajo a futuro

Realizar una investigación focalizada a cada carrera y generar propuestas acordes a las necesidades de cada perfil.

Conclusiones

El nivel de desempeño mostrados por los estudiantes de forma general es bueno, muestran conocimientos básicos en temas como el ahorro, presupuesto, reconocen la importancia de los seguros tanto de vida como de gastos médicos, conocen lo importante de analizar la capacidad de pago antes de adquirir una deuda, se identificó que los conocimientos adquiridos hasta el momento básicamente son empíricos aprendidos en casa, trasmitido por sus padres.
Se detectan áreas de oportunidad en relación a los conocimientos básicos de matemáticas financieras, abordando conceptos como interés simple y compuesto, métodos de evaluación VAN, TIR, anualidades, amortización, depreciación.
A si mismo a partir de este estudio se observó que no es posible hablar de una educación financieras homogénea, entre los jóvenes, debido a distintos factores como son la edad, el nivel socioeconómico, el nivel educativo de sus padres, incluso es estado civil. Para ello es necesario la realización de un estudio más profundo que considere estas variables.

Con base al estudio realizado se emiten las siguientes recomendaciones, con el objetivo de fortalecer los conocimientos.

- Incluir como actividad complementaria un taller en el que se impartan temas financieros, mismos que puedan ser tomados por cualquier estudiante sin importar su perfil profesional.
- Realizar conferencias con empresas administradoras de fondos para el retiro (AFORES) ya que al concluir su formación se incorporarán al mundo laboral y deben ser conscientes que su futuro financiero está en sus manos.

Agradecimientos

Agradezco las facilidades brindadas por el Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, al departamento estudiantil por la información proporcionada y a los alumnos que con su participación hicieron posible este estudio.

Referencias

1. Buján, P. (18 de mayo de 2018). *ENCICLOPEDIA FINANCIERA*. Obtenido de https://www.enciclopediafinanciera.com/matematicas-financieras.htm
2. EL ECONOMISTA. (9 de abril de 2019). *EL ECONOMISTA*. Obtenido de https://www.eleconomista.es/diccionario-de-economia/ahorro
3. Informador. (19 de Diciembre de 2018). *Informador.mx*. Obtenido de https://www.informador.mx/economia/Mexicanos-sufren-con-tarjetas-deuda-promedio-de-135-mil-pesos-en-2018-20181210-0064.html
4. Lanzagorta, J. (17 de marzo de 2014). *EL ECONOMISTA*. Obtenido de https://www.eleconomista.com.mx/finanzaspersonales/La-planeacion-financiera-personal-I-20140317-0013.html
5. Murray, R. S., & Larry, J. S. (2009). *Estadistica.* México, D. F.: McGraw-Hill.
6. Oviedo, H. C., & Campos, A. A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría, vol. XXXIV, núm. 4*, 572-580.

Implicaciones de la deserción escolar a nivel superior en Ingeniería en Sistemas e Informática

E. Ortega de Ávila[1], B. V. Alvarado de la Torre[1], M. G. Balderrábano Saucedo[2], C. A. Martínez Cardona[1], J. O. Bautista Acosta[1]*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México/I.T. Zacatecas, Carretera Panamericana entronque a Guadalajara s/n. La Escondida. Apartado Postal 245 C.P. 98000 Zacatecas, Zac.
[2]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Ver.
**elsatareas@hotmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 apelaba por un México donde cada quién pudiera escribir su historia de éxito y ser feliz. No se puede hablar de éxito ni de calidad educativa, si en el país cada año se suman a la lista miles de jóvenes que abandonan sus estudios, ante esta situación que aqueja al País en el Instituto Tecnológico de Zacatecas, en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Informática se llevó a cabo un estudio que permitiera identificar los principales factores que inciden en la deserción escolar y sus implicaciones. Los factores considerados en el estudio abarcan elementos de carácter individual, socioeconómico, académico e institucional. Se realizó un test a estudiantes desertores mediante el apoyo de medios electrónicos, de donde se obtuvieron resultados que permitirán a la academia tomar acciones pertinentes que favorezcan a los estudiantes vigentes para concretar sus estudios de nivel superior.

***Palabras clave**: Deserción, Calidad educativa, eficiencia terminal.*

Abstract

The National Development Plan 2013-2018 appealed for a Mexico where everyone could write their success story and be happy. You can not talk about success or educational quality, if in the country every year thousands of young people who leave their studies join the list, given this situation that afflicts the country at the Instituto Tecnológico de Zacatecas, in the area of Engineering in Computer Systems and Computer Engineering, a study was carried out to identify the main factors that affect school dropout and its implications. The factors considered in the study include elements of an individual, socioeconomic, academic and institutional nature. A test was conducted to dropout students through the support of electronic media, from which results were obtained that will allow the academy to take relevant actions that favor current students to complete their higher level studies.

***Key words**: Attrition, Educational quality, terminal efficiency.*

Introducción

La educación es considerada como el factor crucial en las economías de los países, Hernández et al. (2014), comentan que la educación superior pública es vista como un sistema planeado, organizado, estructurado y dirigido por el Estado, reconocido como un bien público, a través del cual se forman a las personas para una vida social y laboral, dicha tarea debe responder a indicadores de calidad que aseguren en la medida de lo posible, los macro objetivos que se plantean en el sector, que abonen al desarrollo de la nación y que sean reconocidos por la sociedad (Hernández Romo, Pérez Mora, & González Estévez, 2014).

Dentro de las tendencias actuales en educación se establece que las carreras deben estar acreditadas para así asegurar la calidad educativa, es por ello que el Tecnológico Nacional de México/I.T. Zacatecas fundado 4 de octubre de 1976 busca dar cumplimiento a la calidad educativa. Uno de los índices que señala la calidad educativa y que es por excelencia el más importante, es el de la eficiencia terminal el cual es bajo porque hay un alto índice de deserción por parte de la Institución y en especial en el área de Ingeniería en Sistemas e Ingeniería en Informática.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Juan Tonconi Quispe (2010) comenta que la deserción escolar es un problema educativo que afecta al desarrollo de la sociedad y se da principalmente por falta de recursos económicos y por una desintegración familiar, este problema en la actualidad ha generado preocupación en los cuerpos directivos de las instituciones de educación superior, por las implicaciones que tiene; por un lado, en el orden financiero de las universidades públicas y privadas, al producirse inestabilidad en la fuente de sus ingresos y por otro, en cuanto al cuestionamiento de la eficiencia del sistema de la educación superior, pues, solamente una mínima parte de los estudiantes que inician sus estudios de educación superior culminan.

En Zacatecas hay un 49% de deserción a nivel superior entre escuelas públicas y privadas según las estadísticas del ciclo escolar 2017- 2018 (Estadísticas Básicas de Nivel Superior, 2019).

El primer semestre propicia que las y los estudiantes se desenvuelvan de manera óptima durante su estancia escolar, la responsabilidad de este proceso recae en el grupo de tutores de la institución, es donde se detecta mayor deserción, algunos por causa de una mala orientación vocacional y otros porque la carrera que eligieron no era su primera opción y entraron por no quedarse sin estudiar; la o el tutor deben construir una situación de interacción apropiada con sus tutorados, de forma tal que se forme un clima de respeto, sinceridad, colaboración y confianza para que las y los estudiantes se sientan con la plena libertad de compartir con las y los tutores: dudas, problemáticas o cualquier otro asunto que pueda repercutir en su desempeño académico (Badillo Guzmán, 2007).

Fernández Santoyo y Soto Patiño (2017) señalan que la deserción de los alumnos en México es un fenómeno que se da en gran medida, y con un mayor nivel de abandono en el primer año de estudios en las Instituciones de Nivel Superior. Por lo que se enfocan a encontrar las mejores estrategias para afrontar de la mejor manera este fenómeno. Ellos analizan las tendencias de los motivos de deserción en los estudiantes de licenciatura durante el primer año de carrera en una institución pública de educación superior tecnológica. La metodología consistió en la aplicación de entrevistas presenciales y telefónicas, las cuales se aplicaron a estudiantes que manifestaban su deseo de retirarse de la institución y/o dejaban de inscribirse un semestre de los ciclos 2010-2011 a 2016-2017. Los resultados se presentaron a manera de porcentajes. En cuanto a los motivos de deserción se presenta que el principal durante cinco ciclos fue por reglamento institucional que implica dar de baja definitiva a los estudiantes que no acreditaran un número de asignaturas en primer semestre. A partir del ciclo 2015-2016 se modificó el reglamento teniendo el cambio de escuela como el principal motivo de deserción (Fernández Santoyo & Soto Patiño, 2017).

Ávila Ortega et al. (2015) realizan un análisis cualitativo donde señalaron que para los desertores no es significativo el salario, al momento de realizar alguna actividad laboral, pues las condiciones de trabajo en la región son escasos y mal remunerados. En cuanto al resultado del análisis cuantitativo se encontró que la mayoría de los desertores considera a la familia como un eje de apoyo para culminar con éxito sus estudios. Sin embargo, los estudios por tradición familiar no fueron relevante para los estudiantes, esto significa que para ellos no importa el nivel académico de los padres, pues estos tienen un nivel educativo muy bajo (primaria). Por tanto, para los jóvenes desertores, no es atractivo terminar una carrera profesional por carecer de las condiciones necesarias para encontrar un empleo digno y bien remunerado en la región (Ávila Ortega, Bacab Sánchez, Santos Valencia, & López Ponce, 2015).

Malagón et al. (2007) realizan un estudio sobre “La deserción en la universidad de los Llanos en Meta, Colombia”, donde encontraron que los principales factores son: Académicos con un 47.8% siendo la de mayor peso, en segunda instancia se evidencian las causas Socioeconómicas con un 26.0%, las Individuales 21.6% y las causas Institucionales con un 4.8%. También hacen un análisis teórico de donde resulta un diagrama donde clasifican las variables de la siguiente manera: Individuales (entorno familiar, calamidad y problemas de salud, integración social, traslado de ciudad, embarazo), Socioeconómicas (Dependencia económica, trabajo del estudiante, altos costos del semestre, orden público), Académicas(Rendimiento académico, calidad del programa, insatisfacción con el programa, orientación profesional), Institucionales (Normatividad, relaciones con los profesores, Anormalidad académica). Además de que muestran que la más alta deserción se presenta en los cinco primeros semestres de la carrera, con mayor incidencia en el primer semestre (Malagón Escobar, Soto Hernández, & Eslava Mocha, 2007).

Olave et al. (2013) indagan sobre la incidencia de habilidades académicas sobre el rendimiento, deserción y mortalidad académica en un estudio cualitativo, donde aseguran que la causa principal de la deserción es que los estudiantes no tienen buenos hábitos de lectura y escritura y se enfocan en hacer la búsqueda de estrategias didácticas para combatir de este modo la deserción. El desarrollo del artículo consta de tres momentos: contextualización del problema de la deserción universitaria en Colombia; prácticas de lectura y escritura que generan dificultades de aprendizaje e importancia de la alfabetización académica para mejorar las habilidades lectoras de los estudiantes. Habilidades como elaborar informes, responder exámenes, redactar ensayos, etc., las cuales son esenciales en la vida estudiantil para obtener mejores resultados académicos, lo cual, en gran medida, también garantiza la permanencia en la educación superior o educación terciaria (Olave Arias, Cisneros Estupiñan, & Rojas García, 2013).

Por otro lado se hace alusión a la interrupción de los estudios de quienes estudian en horarios de 19 a 23 horas (vespertino) ha sobrepasado la cifra promedio de deserción del sistema universitario chileno, Carvajal y Cervantes (2018), afirman en su estudio sobre “Aproximaciones a la deserción universitaria en Chile”, donde se combinan responsabilidades familiares, laborales y académicas, presentando mayores niveles de deserción que los estudiantes que ingresan a la modalidad universitaria diurna, debido a las particularidades y situaciones que les rodean, se realizaron entrevistas semiestructuradas a diez estudiantes desertores vespertinos, donde se encontró que la mayoría de quienes estudian en jornada vespertina se ven enfrentados a diferentes factores personales, socioeconómicos, contextuales e institucionales que pueden incidir positiva o negativamente en la decisión de abandono de la carrera vespertina de estudio (Carvajal & Cervantes, 2018).

La deserción física de los estudiantes se ha convertido para las universidades en uno de los problemas más preocupantes, y una de sus causas es la deserción del conocimiento matemático, Jiménez y Mercedes (2010) señalan en su estudio de las “Emociones en la deserción del conocimiento matemático”, en Colombia, es de gran importancia que los futuros ingenieros tengan unas bases sólidas para afrontar los continuos cambios, una mente abierta al análisis, al gusto por la conjetura, y la capacidad de anticipación y argumentación para lograr un desarrollo armónico y riguroso, dado que deben ser capaces no solo de entender teóricamente las reglas y relaciones matemáticas, sino plasmarlas en las aplicaciones en campo, sin embargo la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas continúan aún fundamentados en principios epistemológicos absolutistas, aunado a eso el rezago matemático que traen los estudiantes hace que los estudiantes de ingeniería deserten en gran medida por el bajo rendimiento en las materias de matemáticas (Jiménez Espinoza & Mercedes Pérez, 2010).

En el Tecnológico Nacional de México/ I.T. Zacatecas la deserción escolar no es la excepción, algunas de las causas están asociadas al rezago de conocimiento en el área de matemáticas que poco a poco hace que los estudiantes conforme avanzan los semestres vuelvan a presentar problemas de esta índole. En las últimas décadas ha ido creciendo el interés por identificar los factores que inciden en la deserción y el bajo rendimiento, en particular los de índole personal y no sólo los de orden socio-económico o exclusivamente cognitivo. En efecto, podría pensarse que el predictor esencial del rendimiento es la capacidad o las capacidades y competencias específicas requeridas para los distintos tipos de carreras, sin embargo, hay un cúmulo de evidencias respecto del rol que juegan otras variables, tales como los enfoques de aprendizaje de los estudiantes, los tipos de motivaciones. Vázquez et al. (2013) confirman que la capacidad intelectual no es, por sí sola, un factor definitorio para el rendimiento académico y, desde el punto de vista pedagógico, sugiere la necesidad de promover en los estudiantes la toma de conciencia de sus debilidades y fortalezas en el perfil motivacional y de uso de estrategias (Vázquez Stela, Noriega Biggio, & García Stella, 2013).

Algunos estudios sobre deserción escolar han mostrado que la problemática es multicausal, pues se encuentran inmersos factores personales, familiares, económicos, docentes, sociales, de género, entre otros. Estos factores no son excluyentes, debido a que existen casos en que todos se encuentran presentes al mismo tiempo; es decir, se presentan casos en que los discentes dejan de estudiar, por tener problemas personales, familiares, no tienen suficientes recursos económicos y por ende deben trabajar. Sin embargo, las causas también se encuentran segregadas por género, ya que hombres y mujeres tienen diferentes motivos para no seguir estudiando. Algunos de los principales factores de deserción son factores personales (se aburre y por eso deserta), familiares (en el caso de las mujeres, es frecuente ver en distintas sociedades rurales de México, que los padres no quieren invertir en la educación de sus hijas, al considerar que es una pérdida de recursos, ya que ellas se van a casar y tendrán quién las mantenga. Otros factores familiares como la desintegración

familiar influyen en el abandono escolar; además, la baja escolaridad del padre y madre), factores económicos, factores docentes y factores de género (Ruíz Ramírez, Ayala Carrillo, & Zapata Martelo, 2014).

En 1970 nace la teoría SPADY sobre las explicaciones que conllevan a los estudiantes a la deserción; esta teoría se basa en un modelo sociológico de la deserción, el cual explica que el o la estudiante se encuentra influenciado por antecedentes familiares que afectan sus estados de integración social en el ámbito universitario. Este tema lo retoma Zarate y Mantilla (2014), en su estudio "La deserción estudiantil UIS", una mirada desde la responsabilidad social universitaria, ellos analizan los aspectos: personales, sociales, culturales, económicos, familiares, académicos e institucionales que exacerban el fenómeno de la deserción; además, es la confluencia de varias de estas causas y la escasa atención prestada por las Instituciones de Educación Superior para brindar una solución efectiva a la problemática, las que hacen que persista y se siga acrecentando dicho fenómeno. Señalan que la deserción tiene consecuencias sociales en términos de las expectativas de los estudiantes y sus familias; emocionales por la disonancia entre las aspiraciones de los jóvenes y sus logros y, también, importantes consecuencias económicas tanto para las personas como para el sistema en su conjunto. Adicionalmente, quienes no concluyen sus estudios se encuentran en una situación de empleo desfavorable respecto a quienes terminan. Algunos estudios estiman una diferencia en más un 45% en los salarios a favor de quienes terminan sus estudios universitarios, respecto de quienes no lo hacen. Cabe resaltar dentro de sus resultados la deserción correspondiendo el 38% de los casos de retiro forzoso (bajo rendimiento) a la facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, seguido de la Facultad de Ciencias Humanas con un 29% del total de casos (Zarate Rueda & Mantilla Pinilla, 2014).

Díaz (2008) propone un modelo conceptual que explica la deserción/permanencia como resultado de la motivación (positiva o negativa), la que es afectada por la integración académica y social. A su vez, éstas están compuestas por las principales características preuniversitarias, institucionales, familiares, individuales y las expectativas laborales. Además, se propone un modelo conceptual del equilibrio dinámico del estudiante de su permanencia en la universidad al combinar los factores académicos, sociales e institucionales, el que permite ilustrar cómo el estudiante debe adaptarse a los cambios en las tensiones que se producen entre los distintos factores que lo afectan. En el estudio se hace un análisis de diferentes modelos que existen como son: Modelos psicológicos, sociológicos, económicos, organizacionales, de iteración y después analiza el Elearning y la deserción estudiantil, donde los factores externos, la motivación y las percepciones de la enseñanza a distancia muestran relaciones en los estudiantes al tomar las decisiones de abandono o de permanencia y por último el modelo conceptual, en el cual la deserción y permanencia es el resultado del grado de motivación que poseen los estudiantes, si la motivación es positiva (+) el estudiante aumenta su intención por permanecer en la universidad; en cambio, si el estudiante disminuye su motivación (–), aumenta la probabilidad de desertar. El nivel de motivación cambia durante los años de estudio, pues se relaciona directamente con la integración académica y la integración social. La deserción en los estudiantes es el resultado de la combinación y efecto de distintas variables. En éstas se encuentran características preuniversitarias, institucionales, familiares, individuales y las expectativas laborales (Díaz Peralta, 2008).

Socialmente la deserción se transforma en una pérdida de oportunidades para aquellas familias que han visto truncado un proyecto educativo individual. Este último aspecto es relevante debido a que el acceso a la educación es, a veces, el único instrumento que tienen las familias de escasos recursos de mejorar sus expectativas de vida y romper con el círculo de la pobreza, confirmando así el valor social de la educación universitaria. Esto lo abordan Barahuna et al. (2016) en su estudio "Deserción académica de la Universidad de Atacama Chile", donde comparten que los estudiantes con mayor nivel de satisfacción con su carrera disminuyen el riesgo de abandono. Específicamente el tipo de colegio y la experiencia académica anterior al parecer también explican el riesgo de desertar. En cuanto al nivel socioeconómico, las personas de estratos sociales alto y medio tienen menor riesgo de desertar en comparación con los estudiantes de estratos bajos. Las personas que dependen económicamente de sí mismos tienen un riesgo mayor de desertar. Asimismo, que una buena relación con los profesores disminuye el riesgo de abandono (Barahuna Urbina, Veres Ferrer, & Aliaga Prieto, 2016).

Sinchi et al. (2018), en su estudio "Acceso y deserción en las Universidades" mencionan que la deserción ha tenido un alto auge en los últimos años, en primer lugar, lo lleva la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales con un 65.45 % sobre las demás carreras e Ingenierías, esto en Ecuador. Lo antes señalado permite ver que este problema no es único de nuestro país, sino que se suscita a nivel general. Sobre los

 ISSN 2007-8102

factores que observan, la educación de los padres y el tipo de colegio al que asistió la o el estudiante integra el segundo lugar, esto es importantes en la explicación de las diferencias de riesgo de deserción y probabilidades condicionales de graduación. En ambientes geográficos donde prima el poder de las grandes economías mundiales, existen mayores aportes a las universidades, esto significa que el ingreso y la permanencia en las aulas se estabilizan, a diferencia de países en vías de desarrollo donde la educación depende de factores económicos para la continuidad de estudios (Sichi Nacipucha & Gómez Ceballos, 2018).

El discurso de las universidades enfatiza en que uno de sus pilares fundamentales es garantizar la igualdad de condiciones en el acceso y permanencia de los estudiantes, brindar ayuda en correspondencia con sus necesidades, así como disponer de una adecuada infraestructura e implementos de trabajo, sin embargo, esto no asegura cubrir las necesidades de estudios y de manera general los grupos menos beneficiados son los de bajos recursos. La gestión de los recursos deberá ser manejada de manera responsable, con una visión enfocada a la educación, coherente con los estándares que la sociedad demanda, tal como se plantea en las declaraciones
que realiza la UNESCO (1998).

Tomando como base lo anterior, es necesario medir, qué es lo que está pasando en el Tecnológico Nacional de México/ I.T. Zacatecas, con el fin de determinar cuál de todos estos aspectos es el que está causando la mayor incidencia en la deserción escolar y si es posible atacar este fenómeno. La investigación está estructurada de la siguiente forma: primero se presenta la metodología implementada en el estudio, posteriormente se muestran los resultados y discusión, seguido del trabajo futuro, las conclusiones obtenidas y por último las referencias consultadas.

Metodología

El diseño implementado en la presente investigación es no experimental debido a que no existe manipulación deliberada de variables (Hernández Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista Lucio, 2014). La investigación es de tipo descriptiva la cual comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. Es de tipo cuantitativa en cuanto vamos a analizar los porcentajes de los factores que intervienen en la deserción académica. Los indicadores de medición fueron los siguientes: entorno familiar, problemas de salud, integración en el grupo, rendimiento académico, lugar de procedencia, embarazo, dependencia económica, flexibilidad en el trabajo, costo del semestre, inseguridad, orientación vocacional, Materias adecuadas, desilusión de la carrera, normas adecuadas de la institución, trato con los maestros y la forma de impartir clase. Todos estos divididos en las áreas individuales, socioeconómicas, académicas e institucionales.

Los participantes del estudio fueron 9 estudiantes, en donde se detecta que en algunas preguntas sólo 8 estudiantes participaron. La invitación se envió a varios estudiantes desertores del tecnológico, logrando captar a los nueve participantes. Después de esto se hizo una segunda encuesta dirigida a los maestros de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Informática, donde se rescata que los estudiantes simplemente dejan de asistir y no hay un registro propio del porque dejaron sus estudios y la información que tienen registrada se desprende de los comentarios que los mismos estudiantes hacen. Se realizó un análisis de datos en el departamento de Tutorías de la institución, de donde se obtiene la siguiente información.

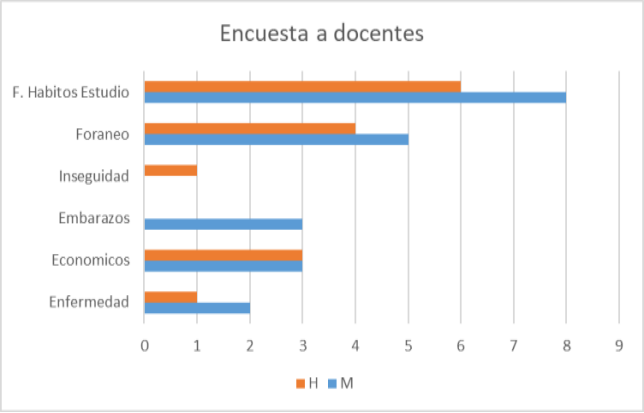


Figura 1. Resultados de encuesta a maestros. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1 se puede apreciar con base en los hallazgos que: el entorno familiar no influyó en un 44.4%, el 33.3% manifestó que influyó poco y un 22.2% dijo que influyó totalmente. Con base en lo anterior se deduce que es una minoría donde influye el entorno familiar. El indicador asociado a problemas de salud muestra que

el 11.1% manifiesta que fue la razón para desertar, el 22.2% menciona que poco tuvo que ver, y un 66.7% dijo que no fue ésa la razón de la deserción. Por su parte la integración en el grupo, arrojó que el 56% tuvieron una buena integración y el 44.4% manifiesta que fue excelente, lo cual hace notar que ésa no fue la razón de deserción. Inicialmente se pensaba que la causa de la deserción era el rendimiento académico, pero al analizar los datos de la encuesta se observó que el 44.4% de los encuestados tenía igual rendimiento que el de sus compañeros, el 33.3% mejoraba el rendimiento de sus compañeros, y el 22.2% tenía un rendimiento académico más bajo que el de sus compañeros, con esto se demuestra que el rendimiento académico no es la causa de la deserción.

También se pensó que el lugar de procedencia era una de las causas de deserción, ya que los lugares desde donde se desplazan algunos estudiantes están alejados del instituto, sin embargo, la encuesta mostró que el 11.1% fue la causa de su deserción, lo cual es muy bajo, el 56.6% dijo que influyó poco y el 33.3% dijo no haber influido en la deserción. Aunado a esto se les preguntó si eran locales o foráneos y el 33.3% son desertores locales y el 55.5% son foráneos. En cuanto a si el embarazo fue la causa de deserción, resultó que en sólo el 22.2% fue la causa, y el 77.81% no lo fue, sin embargo, cabe recalcar que la encuesta consideró tanto a hombres como mujeres dado que esta situación es incluyente.

La dependencia económica corre por parte del estudiante con un 33% y por parte de familiares y padres con un 66.6%. Se les preguntó si trabajan y si el empleador le da la oportunidad de seguir estudiando, o les dan flexibilidad en horarios y el estudio arrojó que al 66% se les apoya y sólo al 33% no. Algunos de los estudiantes están preocupados por los costos de pago de inscripción, por lo que se midió ese indicador, con el fin de identificar si esta era la causa, los resultados muestran que el 56.6% considera que no es costoso y el 44.4% mencionó que sí lo es, aunque aquí las respuestas están prácticamente equiparables, no se considera que sea eso la causa de deserción, aunque no se descarta que es un indicador que influye. Dado que en los últimos años la inseguridad en el país es preocupante y sobre todo lo es más para los jóvenes, en este sentido se decidió medir este factor, en donde se detecta que el 66.6% dijo que la causa no estaba asociada a esto, mientras que un 33.3% dijo que sí.

Olave et al. (2013) dicen que en Colombia el rendimiento es el principal factor, motivo por el cual se decide medir este factor dentro de la institución y resultó que el 77.8% dijo que no fue la causa, mientras que el 22.2% dijo que sí, entonces no se coincide con estos autores. Posteriormente se consideró que tal vez la carrera no la elijen como primera opción de carrera, o tal vez no están bien orientados vocacionalmente, los resultados arrojaron que de un 66.7% la carrera era su primera opción, y del 33% no era la primera opción, no es un alto porcentaje por lo cual tampoco influye en la deserción. Tal vez si era su primera opción, pero la idea que ellos tenían de la carrera era diferente a la real, por lo que se consideró anexar un indicador que midiera este aspecto, sin embargo, el 66.7% dijo sí era la idea que tenía sobre la carrera y el 33.3% dijo que era diferente a lo que esperaba.

Sobre el currículum de la carrera también se les preguntó, si eran adecuadas para ellos las materias impartidas por los maestros, en donde el 56.1% dijo que sí, el 26.6% dijo poco adecuadas y el 14.3% dijo que no, el 30.9% no está de acuerdo con las materias impartidas. Sin embargo, al analizar los datos existe una contradicción con el siguiente indicador, donde se le preguntó si se desilusionaron de la carrera a lo cual el 44.4% respondió que sí, el 22.2% que poco y un 33.3% que no. En cuanto a los factores pertenecientes a la institución, como las normas o políticas se les preguntó si son adecuadas, obteniendo como resultado que un 77.8% dijo que son adecuadas y únicamente el 22.2% dijo que no lo son. Sería importante investigar por qué o cuáles son las normas o políticas que consideran no adecuadas.

En relación al trato que los maestros de la academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales proporcionan a los estudiantes, se les preguntó si era adecuado, contestaron en un 77.8% que esto no era la causa de la deserción, mientras que el 22.2% dijo que sí lo era. La forma de impartir clases tendrá que ver con la deserción del alumnado, el 77.8% dijo que consideraba que era adecuada, el 22.2% era excelente y 0% mala. Lo que muestra que éste indicador no tiene nada que ver.

En la Figura 2 se observan los resultados obtenidos al preguntar a los estudiantes cuál sería la causa principal de deserción, en donde: el 66.6% respondió que fue el aspecto económico, seguido por las dificultades familiares con un 55.5%, luego por la falta del ayuda por parte del Tecnológico y la errada de la elección de carrera con un

33.3% y por último la ubicación laboral, el rendimiento y enfermedad con un 22%, estos porcentajes salen de esta manera ya que podían votar por varios aspectos a la vez.

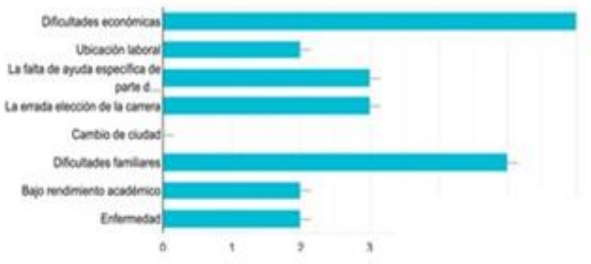


Figura 2. Resumen de encuesta a estudiantes. Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Con base en los hallazgos se determina que el aspecto económico es uno de los indicadores que repercute con mayor incidencia en la deserción de los estudiantes pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, sin embargo, este aspecto está relacionado con otros indicadores como son: el aspectos laboral, y esto a su vez con la falta de tiempo de dedicación hacia el estudio, seguido por las dificultades familiares con un 55.5%, que sin duda es un factor con alto porcentaje, los aspectos familiares como: el embarazo no planeado o deseado, la desintegración familiar ya sea por divorcio o defunción, o algunos otros motivos que afectan a cada miembro de la familia. Con base en esto se considera necesario que todos y cada uno de los y las estudiantes deben contar con una adecuada inteligencia emocional que les permita sobre llevar todas estas dificultades.

Por lo tanto, se coincide con Sinchi et al. (2018) en el Ecuador, donde el aspecto económico y la escuela de procedencia asegura una permanencia en la escuela. Es necesario contar con el apoyo adecuado hacia los y las estudiantes y detectar a tiempo cómo se les puede asesorar, o cómo se puede flexibilizar la educación para que los y las estudiantes continúen con sus estudios. En este sentido se coincide con los autores que hacen alusión a problemas relacionados con lectoescritura o en el área de matemáticas, por lo que es importante gestionarles asesorías a través de la identificación de tutores o maestros para que puedan reforzar sus conocimientos y no declinen.

Trabajo a futuro

- Realizar una investigación a profundidad que permita conocer de una forma detallada el factor a atacar no solamente de manera cuantitativa sino de forma cualitativa.
- Determinar con base en los indicadores detectados si se vive, por ejemplo: la inseguridad que se tiene de un 33% dentro de la institución o fuera, o de qué manera les está afectando.
- Realizar un estudio que involucre a todas las carreras del IT. de Zacatecas a fin de tomar acciones pertinentes para disminuir la deserción en lo que sea posible corregir.

Conclusiones

Con base en lo anterior se concluye que el principal factor es el económico y por ende este se relaciona con algunos otros como el costo de inscripción o reinscripción, la dependencia económica, el que tengan que trabajar y esto ocasiona menor tiempo para el estudio y el bajo rendimiento académico.

Es necesario conocer un poco más a los estudiantes, propiciar un acercamiento desde las tutorías para así poder gestionar apoyos, económicos y alimenticios. Este factor es común en toda la República Mexicana, aunque actualmente estamos en austeridad, es necesario apostar a la educación para mejorar las condiciones del país.

En cuanto a las dificultades familiares es un indicador que se debe monitorear dado que siempre hay problemas en todas las familias, por lo que proporcionar cursos a los estudiantes para fortalecer su inteligencia emocional permitirá que tome mejores decisiones para su vida y dar continuidad a sus estudios. Es bien sabido que los problemas siempre se presentaran. Lo que en verdad complica la vida no es lo que nos pasa, sino cómo reaccionamos a lo que nos pasa (Lozano, 2013).

Referencias

1. Ávila Ortega, J. I., Bacab Sánchez, J. R., Santos Valencia, R. A., & López Ponce, M. E. (2015). Factores que influyen en la deserción escolar de alumnos en el Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche (ITESCAM). El caso del Programa Educativo de Licenciatura en Administración. Revista de Sistemas y Gestión Educativa, 382-391.
2. Barahuna Urbina, P., Veres Ferrer, E., & Aliaga Prieto, V. (2016). Deserción académica de la Universidad de Atacama Chile. Revista de investigación en comunicación y desarrollo, 27-37. Carvajal, R. A., & Cervantes, C. T. (2018). Aproximaciones a la deserción universitaria en Chile. Educaco e Pesquisa.
3. Díaz Peralta, C. (2008). Modelo conceptual para la deserción estudiantil universitaria chilena. Estudios Pedagógicos, 65-86.
4. Estadísticas Básicas de Nivel Superior. (Julio de 2019). Obtenido de http://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/Estadisticas_Basicas_de_Educacion_Superior.aspx
5. Fernández Santoyo, M. K., & Soto Patiño, J. C. (2017). Motivos de deserción de estudiantes de licenciatura durante. VII CLABES.
6. Hernández Romo, O. K., Pérez Mora, R., & González Estévez, G. (enero de 2014). La deserción en los posgrados un problema no menor. Diálogos sobre educación, 5(8), 1-18.
7. Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.
8. Jiménez Espinoza, A., & Mercedes Pérez, A. (2010). Las emociones en la deserción del conocimiento matemático. Praxis & Saber, 191-216.
9. Lozano, C. (2013). Por el placer de vivir. México, D.F.: Aguilar.
10. Malagón Escobar, L. M., Soto Hernández, L., & Eslava Mocha, P. R. (2007). La deserción en la Universidad de los Llanos. Orinoquia, 23-40.
11. Olave Arias, G., Cisneros Estupiñan, M., & Rojas García, I. (2013). Deserción Universitaria y Alfabetización Académica. Educación y Educadores, 455-471.
12. Ruíz Ramírez, R., Ayala Carrillo, M. D., & Zapata Martelo, E. (2014). Estereotipos de Género en la deserción escolar. Ra Ximahai, 165-184.
13. Sichi Nacipucha, E. R., & Gómez Ceballos, G. P. (2018). Acceso y deserción en la Universidades. Revista de Educación.
14. Vázquez Stela, M., Noriega Biggio, M., & García Stella, M. (2013). Relaciones entre rendimiento Académico, competencia espacial, estilos de aprendizaje, y deserción. Revista Electrónica de Investigación educativa., 29-44.
15. Zarate Rueda, R., & Mantilla Pinilla, E. (2014). La deserción estudiantil UIS, una mirada desde la responsabilidad social universitaria. Zona Próxima, 121-134.

Prototipo de juguete para la enseñanza de lectoescritura braille

D. Rojas Balbuena[1], M.A. Limón[1], M. Sampayo Cárcamo[2]*, J.A. Rangel Zamora[3], *W.I. Esquinaca García[4]*
[1]Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico No. 80, Col 5 de octubre, Huauchinango, Puebla., México
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico No. 80, Col 5 de octubre, Huauchinango, Puebla., México
[3]Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad de Guadalajara, Blvd. Gral. Marcelino García Barragán 1421, Olímpica 44430, Guadalajara, Jalisco., México.
[4]Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Universitario 1000 Valle de Las Palmas, 22260 Tijuana, B.C., México.
** dorian_915@hotmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Este artículo presenta una propuesta de juguete para niños ciegos, cuyo funcionamiento igual al de la regleta braille. Su nombre es Tifli (*del griego tiflos que significa ciego*) y tiene forma de tortuga.

Para su materialización se usaron componentes electrónicos que permiten al juguete, detectar su posición de lectura o de escritura, emitir los nombres de los caracteres formados, invitar al niño o niña a jugar, visualizar de manera gráfica la forma o letra “en tinta” para la interacción de personas de visión normal, y orientar al usuario a posicionar las ubicaciones izquierda y derecha, que son necesarias para la movilidad e independencia de toda persona con discapacidad visual.

Los resultados pretenden, que sea posible introducir a edad muy temprana al niño ciego con la tiflotecnología, y con el sistema braille de forma lúdica, ejercitando los sentidos del tacto, del oído básicamente, disminuyendo la dificultad en el aprendizaje del sistema.

***Palabras clave**: braille, juguete, niños, tiflotecnología.*

Abstract

This paper shows a proposal of a toy for blind children, whose operation is similar to the braille cell. His name is Tifli (from de Greek tiflos which means blind) and is turtle-shaped.

For its materialization, electronic components were used that allow the toy to on, detect its reading or writing position, issue the names of the items formed, invite the child to play, graphically visualize the form or letter "in ink" for the interaction of people with normal vision, and to guide the user to position the left and right locations, which are necessary for the mobility and independence of any person with a visual disability.

The results are intended, that it is possible to introduce at a very young age the blind child with tiflotechnology, and with the braille system in a playful way, exercising the senses of touch, of the ear basically, reducing the difficulty in learning the system.

***Key words**: Braille, children, tiflotechnology, toy*.

Introducción

La forma actual o típica para la enseñanza de la lectoescritura braille consiste en que el niño con ceguera practique con objetos que tengan la forma del signo generador (los seis puntos necesarios para formar los caracteres alfabéticos en braille) especialmente con los conos de cartón utilizados para embalar los huevos, mismos que son cortados en grupos de 2x3 formado el signo generador, entonces el niño debe insertar esferas de unicel en cada espacio para ubicar las posiciones arriba izquierda, arriba derecha, en medio derecha, en medio izquierda, abajo derecha y abajo izquierda. De esta forma el alumno se empieza a familiarizar con las posiciones de los puntos de escritura braille en un tamaño macro. Sin embargo, esto no es lo único que debe hacer, pues para desarrollar la sensibilidad en las yemas de los dedos debe tocar y reconocer diferentes texturas las cuales trabaja desde muy pequeño siempre y cuando tenga acceso a sesiones de estimulación temprana.

En respuesta a estas necesidades en el año 2000 surge en Argentina un juguete llamado “Braillin”. Braillin es un muñeco con un mecanismo en el tronco cuya forma de signo generador, permite realizar la familiarización con el sistema, sustituyendo los conos de cartón de huevo a un costo extremadamente superior, y, aunque inicialmente de comercialización individual con el paso del tiempo ha logrado presencia en varios países, no solo de América, sino también del resto del mundo.

Sin embargo, aunque fue creado para niños con ceguera, su creadora es normo visual, por lo que el diseño presentado por Braillin no es adecuado en todos los casos, así que tomar en cuenta la opinión y experiencia de personal calificado en la enseñanza de braille y personal que presenta discapacidad visual resulta de vital importancia en el correcto diseño de un dispositivo con mejores funcionalidades.

En este trabajo se propone una alternativa para la enseñanza del sistema braille, diseñado en conjunto con maestras de braille con discapacidad visual, en el que se enfatiza la familiarización temprana con el signo generador, así como con las texturas básicas, mediante un juguete llamado “Tifli” cuya forma de tortuga, su sistema de reproducción sonoro y sus sensores de posición permiten al niño ciego escribir en el lado del caparazón y leer en el lado de la panza de la tortuga, tal y como se realiza la lectoescritura de forma manual y básica. De esta forma el niño no se confundirá cuando aprenda formalmente el sistema, pues sabrá que manualmente el braille se escribe de derecha a izquierda por un lado del papel y se lee de izquierda a derecha por el reverso.

Metodología

Diagnóstico

Se realizó una investigación acerca de lo que los niños requieren para familiarizarse con el sistema y de cómo es interpretado por ellos, encontrándose que “Los caracteres del sistema braille pueden ser interpretados como formas geométricas elementales. El lector de este sistema, en efecto, reconoce significados gramáticos en puntos, líneas, ángulos, cuadriláteros, etcétera. El reconocimiento de estas formas, evidentemente, es táctil y kinestésico: se realiza a través del desplazamiento de las yemas de los dedos sobre el papel. Es, pues, un reconocimiento activo, dinámico, el único que el tacto puede propiciar. Se trata así de un reconocimiento háptico, distinto por esencia del reconocimiento óptico, que puede ser pasivo y estático. Es tal la importancia que la percepción háptica o tacto activo (y, por ende, la práctica de la lectura braille) presentan en la constitución y desarrollo de la llamada “inteligencia táctil”. Martínez y Polo [2004]

Por tal motivo se determinó que un juguete podría apoyar el desarrollo de los niños respecto a su familiarización con el sistema braille siempre y cuando cuente con características específicas que requieren los niños ciegos no solo para lograr la lectoescritura en braille, sino para lograr su posterior autonomía en el desplazamiento espacial; como son: Sistema sonoro, discriminación de texturas, localización espacial: arriba, abajo, izquierda y derecha, así como formas geométricas básicas.

 ISSN 2007-8102

Pruebas previas

Posterior al análisis y a las entrevistas con los especialistas en braille y personas con discapacidad visual se prepararon algunos prototipos simples considerando que para adiestrar al alumno en el sistema braille, es necesario que el maestro tenga una capacidad didáctica suficiente para programar, aplicar y adaptar los ejercicios a realizar, así como competencia para evaluar y desarrollar los aspectos previos necesarios para el aprendizaje (esquema corporal, técnicas exploratorias de dedos y manos, etcétera).

El primer prototipo simple es el que aparece en las figuras 1, consta de un cuerpo de tortuga de relleno blando, con una cubierta de tela suave y 6 orificios en su caparazón, que lo perforan hasta su abdomen, simulando la celda o cajetín braille. En cada orificio esta un pequeño tubo que se oprime por la parte superior y se palpa por la parte inferior.

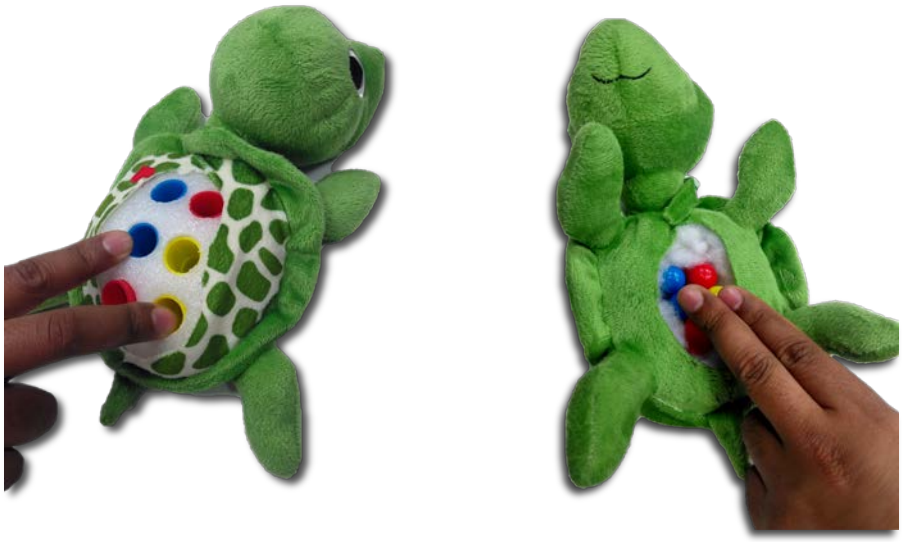


Figura 1. Imágenes de Tifli, lado izquierdo su caparazón, lado derecho de su abdomen.

Sería ideal que el maestro o maestra conociera a profundidad el sistema braille y que tuviera amplia información sobre el material de lectura y escritura en braille y sobre material pedagógico disponible (cartillas y métodos, fichas, textos de lectura, material de aprendizaje básico), información sobre el material y dispositivos tiflotécnicos: de lectura (línea braille) y de escritura (regletas y pautas, máquinas de escribir, braille hablado, impresoras braille, etcétera), pero aun si esto no fuese posible el maestro con nociones básicas del sistema podría interactuar con el niño a través de Tifli, sin dificultades o errores.

Diseño

Para el diseño de Tifli se contemplaron los siguientes aspectos:

- Ergonomía. Que el tamaño sea acorde a la medida de las manos de los niños y que sea de cómoda manipulación. El tamaño de Tifli es ideal para los niños pequeños, cuyo primer contacto con el braille es a través del llamado macro braille, un braille de tamaño exageradamente más grande que el común; que sería el que se encuentra en el caparazón y panza de Tifli.

 ISSN 2007-8102

- Seguridad y calidad. El diseño de Tifli está pensado para que exteriormente no presente piezas pequeñas o desprendibles que la niña pueda llevarse a la boca.

- Tendrá un objetivo concreto. El objetivo que se consideró para el diseño del juguete es la familiarización temprana con el sistema de lectoescritura braille.

- Estimulación de los sentidos, el diseño de Tifli permite a los niños explorar de forma táctil algunas texturas básicas, reconocer palabras y letras de forma auditiva.

- Fomento de las relaciones sociales. Tifli fomenta la relación entre los niños con discapacidad, los adultos y otros compañeros por medio de la interacción, así mismo la frase de encendido “Hola, soy Tifli, ¡Vamos a jugar!” fomenta una relación entre el juguete y uno o más niños, propiciando la relación entre grupos completamente normo-visuales, grupos puramente con discapacidad visual o grupos mixtos.

Resultados y discusión

Construcción

En la Figura 2 se muestra el diseño generado para Tifli, cuenta con una estructura plástica en todo su cuerpo, el dispositivo se pretende forrar por materiales para generar texturas diversas, (suaves principalmente), esto permitirá al niño desarrollar las habilidades de sensibilidad en sus manos, necesarias para la lectura del sistema braille.



Figura 2. Diseño del dispositivo Tifli.

Dentro de los sistemas de actuación que se implementaron consta con las siguientes funciones y/o botones.

Un botón de encendido con dos posiciones, mismas que regulan el volumen del sonido que emite el juguete, ese botón activa el funcionamiento y el juguete emite la siguiente frase “Hola, soy Tifli, ¡Vamos a jugar!”.

Seis “puntos” que forman el cajetín o celda braille y funcionan oprimiéndolos por el caparazón, estos presionarán botones que, al ser activados, emitirán las frases: “punto uno arriba a la derecha”, “punto dos en medio a la derecha”, “punto tres abajo a la derecha” punto cuatro arriba a la izquierda”, “punto cinco en medio a la izquierda”, “punto seis abajo a la izquierda”. Serán leídos por el abdomen, mismos que forman los 27 caracteres del alfabeto en español a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, ñ, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, y z.

 ISSN 2007-8102

Un display o pantalla que formará la letra en tinta para los niños o maestras con visión normal, que además fomentará las relaciones sociales del alumno con las personas que lo rodean que no necesariamente sepan braille, una bocina que emite los nombres del carácter o ítem formado por los puntos de macro braille. También se le agregaran texturas a las “aletas” o extremidades de la tortuga. La cola y la cabeza se utilizarán para ubicar espacialmente al juguete identificando fácilmente “arriba” y “abajo”. Por último, se agregarán dos botones más, uno en cada ojo, en cuyo caso al oprimirlos, Tifli emitirá la frase “Este es mi ojo derecho” o “Este es mi ojo izquierdo” según sea el caso.

La programación básica se realizará por medio de una placa de desarrollo Arduino® nano, además de un módulo KY-017 para medir la inclinación.

En la Figura 3 observamos el diseño de Tifli en un corte transversal, en la parte del caparazón se encuentran los “puntos braille”, en la parte de la cabeza se observa la placa de desarrollo Arduino® y en el extremo superior, se ubica la bocina y se agregaron unas ranuras que permiten mejor salida de audio, además se muestra el botón que será incluido en el ojo.



Figura 3. Corte transversal del dispositivo Tifli.

Una vez terminado el diseño del dispositivo Tifli, se realizó el análisis por parte del experto en donde presentó como sugerencia implementar adicional a los caracteres del alfabeto español, caracteres especiales como son: el signo generador, el signo de mayúsculas y el signo numérico, con la finalidad de que el niño identifique la correcta ortografía, presente en el lenguaje escrito adaptado al braille, permitiendo así avanzar el aprendizaje de palabras, frases e incluso textos que incluyan mayúsculas y/o caracteres numéricos.

Trabajo a futuro

El prototipo completo de Tifli se pretende concluir a finales del presente año, posteriormente se imprimirán por lo menos 4 copias del mismo, para finalmente iniciar una serie de pruebas y estudios de usuario, para lo cual se considera trabajar de 6 a 12 meses aproximadamente con algunas instituciones como el CRIH (Centro de Rehabilitación Integral) de Huauchinango. USAER Huauchinango (Unidad de Servicios de apoyo a la Escuela Regular), CAM (Centro de Atención Múltiple) Huauchinango y CADIVI (Centro de Apoyo a la Discapacidad Visual) de la Cd. De México.

Para todo este análisis será necesario un diseño experimental que dependerá de la cantidad de niños a los que tenga acceso el equipo de estudio.

Conclusiones

En este artículo se presentó un nuevo diseño para el aprendizaje del sistema braille, fue pensado en primera instancia para niños ciegos, pero es perfectamente aplicable para cualquier persona que quiera aprender el sistema de una manera práctica y divertida.

La primera versión de Tifli solo identifica los 27 caracteres del idioma español, pero se obtuvo la retroalimentación de implementar 3 caracteres especiales más para un aprendizaje más avanzado del sistema braille.

La construcción del dispositivo no está finalizada, se pretende que durante el periodo de agosto – diciembre, se finalice agregando las sugerencias de los especialistas y aun es susceptible a mejoras.

+Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, por su apoyo para la generación de esta investigación; a la Mtra. Margarita Islas Espinoza por sus aportaciones vivenciales como persona con más de 40 años con discapacidad visual y como maestra de braille para niños ciegos con más de 20 años de experiencia; al CRIH (Centro de Rehabilitación Integral de Huauchinango) por permitir la interacción con niños estudiantes del sistema braille y a Augusto González Sampayo por su valentía y optimismo en la vida como niño con discapacidad visual.

Referencias

1. Sangrador Zarzuela C. (2005). Estimulación Multisensorial: Guía de Materiales y Actividades. *Educación y Trabajo Social* . 22-28.
2. Pérez Paque, M. V., Cobas Mayeta R.I, (2010) Entrenamiento en técnicas de orientación y movilidad. *Educación* (10) 51-54.
3. García, C. B. Las personas ciegas, su cuerpo, el espacio y la representación mental. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales* **39**, (2010) pp. 123-140
4. Hüg, M. X.; Arias, C., Desarrollo infantil temprano y localización auditiva en niños ciegos: una revisión Universitas Psychologica, vol. 13, núm. 1, (2014) Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia
5. Luis B. Sanabria R, Mapeo cognitivo y exploración háptica para comprender la disposicion del espacio de videntes e invidentes.
6. Niemann S., Jacob N., Ayudar alos nilos ciegos. Fundación Hesperian. *Educación y Trabajo Social* (2002) pp (101-114)
7. Martín Martín, M. T., et al. (2003-2004) Despertando sensaciones.pdf, Valladolid, España http://www.aprenda-atdi.com/descargar.php?Tipo=DocProtocolos&IdDoc=126&pwd=b49147d50fdb6abf04e245aa273349de Descargado: mayo 2019.

Identificación de Dislexia: una oportunidad para estudiantes con bajo rendimiento académico en materias de programación

M. E. Carreón Romero[1], L. Carreón Romero[2], R.C. Carreón Romero[3]*
[1]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[2]Academia de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[3]Academia de Ing. Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, C.P. 73960, Zacapoaxtla, Puebla, México.

Área de participación: *Investigación Educativa*

Resumen

Identificar y apoyar a los estudiantes con dislexia al ingresar a la carrera de Sistemas Computacionales es de vital importancia, pues su condición hará que durante su permanencia en la escuela, se presenten dificultades de aprovechamiento académico por problemas que reflejan falta de concentración, seguimiento de instrucciones o procedimientos, comprensión de textos, resolución de problemas de cálculo numérico, así como, memorización; que son características clave para desarrollar la habilidad de "Desarrollo de software". En este trabajo se propone el uso de un método para identificar estudiantes disléxicos para posteriormente poder verificar su relación con el desempeño en materias de programación. Lo anterior con la finalidad de que las instituciones educativas presten mayor atención a la población disléxica y ofrezca oportunidades desarrollo equitativas a todos sus estudiantes.

Palabras clave*: dislexia, software, estudiantes, desempeño.*

Abstract

Identify and support students with dyslexia when enter the Computer Systems career is of vital importance, since their condition will cause during their stay in school, there are difficulties in academic achievement due to problems that reflect lack of concentration, instruction follow-up o procedures, comprehension of texts, resolution of numerical calculation problems, as well as memorization; which are key features to develop the "Software Development" skill. This paper proposes the use of a method to identify dyslexic students to later verify their relationship with performance in programming matters. The above with the purpose that educational institutions pay more attention to the dyslexic population and offer equitable development opportunities to all their students.

Key words*: dyslexia, software, students, performance.*

Introducción

Dentro del grupo de estudiantes con necesidades educativas especiales, se encuentran los estudiantes con Dificultades Específicas de Aprendizaje (DEA) (Barca & Porto, 1998), que son estudiantes con problemas en la comprensión, uso del lenguaje, y una inadecuada capacidad de pensar, escuchar, hablar, leer, escribir e incluso dificultades en el razonamiento y cálculos matemáticos. Estos estudiantes, aunque poseen un coeficiente intelectual en rangos normales, su desempeño académico es inferior al de sus compañeros (Mejia, 2015).

La dislexia, es una de las DEA más común entre niños y jóvenes (Majumder et al., 2010), identificada en el sector educativo como una dificultad típica de aprendizaje (Teruel & Latorre, 2014). Según la Asociación Internacional de la Dislexia, esta diversidad funcional se caracteriza por dificultades en un correcto o fluido reconocimiento de palabras, así como, habilidades decodificadoras pobres, las cuales resultan de un déficit en

el componente fonológico del lenguaje, el cual no está acorde con el nivel de desarrollo de otras habilidades cognitivas y la provisión de una instrucción escolar efectiva.

A pesar del carácter universal de la dislexia, sus estimaciones de prevalencia son variables, se afirma que entre el 5% y el 10% de la población adulta mundial padece algún tipo de dislexia (Fuertes, González, & Martínez, 2016). En México, entre el 3% y el 10% de la población presenta problemas de esta naturaleza (INEGI, 2014). Otros autores, afirman que aproximadamente el 10% de la población vive con dislexia, las cuales experimentan la enfermedad de diferentes maneras (Tops, Callens, Desoete, Stevens, & Brysbaert, 2014).

Se ha demostrado que los estudiantes disléxicos, presentan además de las dificultades de lectura y escritura, problemas en el procesamiento numérico, memoria de trabajo y déficits en los sistemas cognitivos (Zygouris et al., 2017).

Los estudiantes disléxicos suelen tener dificultades para procesar la información simbólica secuenciada, y se manifiesta como una dificultad en la automatización de la lectura, problemas de ortografía, así como también en el cálculo aritmético (Ramírez Sánchez, 2011); dichas dificultades limitan en muchos casos la capacidad de procesar grandes cantidades de información (Stienen-Durand & George, 2013).

Los estudiantes universitarios disléxicos al estar en contacto continuo con el lenguaje escrito, han desarrollado estrategias que compensan sus problemas de lectura y escritura (Jim, Ana, Citoler, Joaqu, & Mart, 2010); sin embargo, presentan dificultades en terminar tareas a tiempo, seguir instrucciones, organizar actividades, así como también, dificultad en el área de matemáticas, especialmente en el uso de secuencias (Ramírez Sánchez, 2011). Lo mencionado en este párrafo deja en claro los retos que representan los estudiantes disléxicos en el ámbito universitario, donde su formación requiere procesar a diario grandes cantidades de información.

ANTECEDENTES

Un buen desempeño académico de los estudiantes de la carrera de Sistemas Computacionales implica el desarrollo de procesos cognitivos complejos, así como también, aprender diferentes lenguajes de programación, cada uno con su propio léxico, gramática y semántica; lo que representa retos adicionales para estudiantes con algún tipo de dislexia (Stienen-Durand & George, 2013).

Estudios recientes, revelaron que los estudiantes con dislexia, presentaron un déficit que afecta los factores cognitivos y metacognitivos, particularmente durante el desarrollo de aplicaciones software (Ghisi & Bottesi, 2016).

El desarrollo de software representa para las personas disléxicas un desafío cognitivo, debido a que es una actividad con procesos mentales altamente estructurados, es decir, la realización de un programa requiere de un proceso de análisis y razonamiento lógico para el seguimiento de instrucciones, uso de nuevo léxico y gramática para la codificación de la solución, así como, conocimiento y dominio de herramientas de edición como entornos de programación o editores específicos de texto (Ian McChesney, 2017).

Al observar los índices de reprobación de las materias de programación de la carrera de Sistemas Computacionales del ITST (Desarrollo Académico, 2018), se cree una posible existencia de estudiantes con problemas de dislexia, situación que requiere aplicar mecanismos para la detección de dicha población, y posteriormente emplear las estrategias adecuadas que faciliten el desarrollo de competencias en dichos estudiantes.

PROBLEMA

En la actualidad, las universidades del país realizan una serie de exámenes como requisito para ingresar a cursar una carrera profesional. Las pruebas que se aplican miden en su mayoría el grado de conocimiento en áreas básicas y de especialidad. Sin embargo, no utilizan, mecanismos de detección para estudiantes con dificultades específicas de aprendizaje (DEA); indicador que muestra un sistema educativo con falta de atención a las necesidades de dichos estudiantes; más aún, si dicha población elije cursar carreras de ingeniería, donde el proceso de abstracción es fundamental para el desarrollo de competencias especificas del perfil, como es el caso de la carrera de Sistemas Computacionales, donde el pensamiento lógico y abstracto combinados con una expresión precisa de sintaxis, son elementos básicos para aprender a desarrollar aplicaciones software (Fuertes

et al., 2016); al comparar dichos requerimientos con las características de los estudiantes que presentan algún tipo de dislexia, es evidente la existencia de una barrera que impide la asimilación de conocimientos, y que sin duda, dificultará la adquisición de competencias especificadas en la preparación profesional de dichos estudiantes.

Los efectos de la dislexia en las personas que desarrollan software se pueden convertir en barreras durante su preparación profesional. Un programador con dislexia que desarrolla software bajo una interfaz tradicional, se enfrenta a diversos problemas como dificultad para recordar detalles del código, problemas en el ordenamiento, dificultad en la definición de variables, lentitud en la codificación del programa y corrección de errores.

OBJETIVO GENERAL
Identificar la población disléxica de la carrera de Sistemas Computacionales del ITST para revisar la relación que guarda con el desempeño académico de las materias de programación cursadas.

HIPÓTESIS
Un alto porcentaje de alumnos disléxicos de la carrera de Sistemas Computacionales tienen un bajo rendimiento académico en las materias de programación.

JUSTIFICACIÓN
Un gran reto dentro de las universidades es, identificar y proporcionar a los estudiantes disléxicos las herramientas necesarias para desarrollar las competencias especificas requeridas de acuerdo al perfil profesional buscado; siendo indispensable evaluar y asistir a dichos estudiantes durante el proceso de formación profesional (Mejia, 2015).

Es importante dejar clara la responsabilidad de las universidades en ofrecer un conjunto de disposiciones que garanticen igualdad de oportunidades para todos sus estudiantes; situación que implica que durante su permanencia en la escuela se deberá proporcionar seguimiento y apoyo a los estudiantes que lo requieran; en particular a los que presentan problemas de aprovechamiento, y más aún si se han identificado con alguno de los problemas de DEA, como es el caso de los estudiantes disléxicos.
Sin duda es indispensable brindar estrategias con formas novedosas de asesorar, rediseñando los métodos de enseñanza tradicionales, que solo atienden a la norma y dejan al estudiante disléxico en una posición vulnerable.

Metodología

El tipo de investigación es cuantitativa con un enfoque descriptivo, utilizando para ello como instrumento de medición la encuesta. Para la elaboración del cuestionario se realizó una revisión de instrumentos enfocados a identificar la población disléxica adulta (Ruiz, Salvador & Esther). El instrumento diseñado consta de diez ítems, cada uno de ellos contiene respuestas organizadas en una escala ordinal de 0-4 que indica el nivel de cada una de las características que indican problemas de dislexia.

La población objetivo consta de un total de 318 alumnos, que de acuerdo a la fórmula estadística para muestras poblacionales finitas, al aplicarse se obtuvo un total de 174.

El experimento fue de tipo transversal, definiendo un grupo de experimental de 174 estudiantes, organizados de la siguiente forma: 54 de segundo semestre, 40 de cuarto, 40 de sexto y 40 de octavo; aplicar el instrumento de medición requirió de un periodo de 4 semanas, organizándose en equipos de trabajo para realizar dicha actividad en horario escolar, después de ello, se concentraron y clasificaron los datos registrados en el instrumento de acuerdo a la escala ordinal definida; posteriormente y con la finalidad de identificar a la población con características de dislexia se aplicaron las fórmulas estadísticas, de media, mediana, moda, varianza y desviación estándar. También es importante mencionar el diseñó de un instrumento que ayudaría a realizar una entrevista a los estudiantes que conformaron la población identificada, y a través de él, conocer su historial académico relacionado con las materias de programación, y a partir de ello, poder verificar la hipótesis planteada en este estudio.

 ISSN 2007-8102

Resultados

Los datos obtenidos en las encuestas generaron los siguientes resultados:
En la figura 1 se observa que el 11% de las respuestas inciden en la **opción de Siempre**, que de acuerdo al instrumento utilizado, indica la existencia de cierto grado de problemas de dislexia.

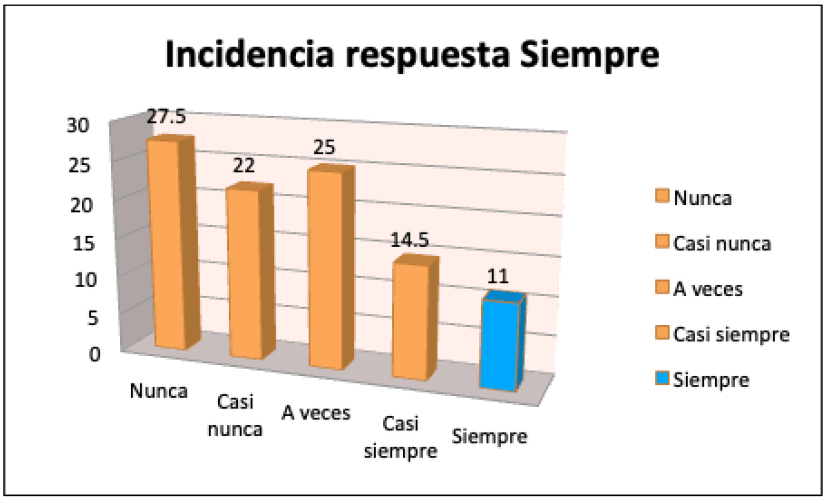


Figura 1. Incidencia de respuestas correspondientes al instrumento utilizado para identificar características de dislexia

En la tabla 1 se observa la clasificación de acuerdo al puntaje obtenido por cada alumno encuestado. En relación al tipo de instrumento diseñado, los estudiantes que acumulen mayor puntaje serán considerados con características de dislexia. De esta manera los estudiantes que obtuvieron un total de 40 puntos, así como los que resultaron en un rango de 36-40, muestran que en su mayoría respondieron entre otras opciones que siempre tienen problema para realizar las siguientes actividades: comprender juegos de palabras, expresar ideas, comunicarse, identificar lado izquierdo y derecho, seguir secuencias, aprender nuevos lenguajes y dificultad para realizar programas de software; es decir, un 5.17% presenta características claras de dislexia, mientras un 5.74% respondió al menos que casi siempre presenta problemas en la realización de las actividades descritas anteriormente. Por lo tanto anterior se tiene que un 10.91 presenta características de dislexia.

Tabla 1. Clasificación y cantidad de alumnos que acumularon puntaje de acuerdo a la escala utilizada en el instrumento.

Puntaje acumulado	Cantidad estudiantes	Porcentaje
36-40	9	5.172413793
31-35	10	5.747126437
26-30	18	10.34482759
21-25	28	16.09195402
16-20	29	16.66666667
11-15	32	18.3908046
06-10	26	14.94252874
01-05	22	12.64367816

 ISSN 2007-8102

La figura 2, muestra de forma gráfica en barras de color rosa la cantidad de estudiantes que de acuerdo al puntaje obtenido al aplicar el instrumento diseñado poseen características de personas adultas con problemas de dislexia.

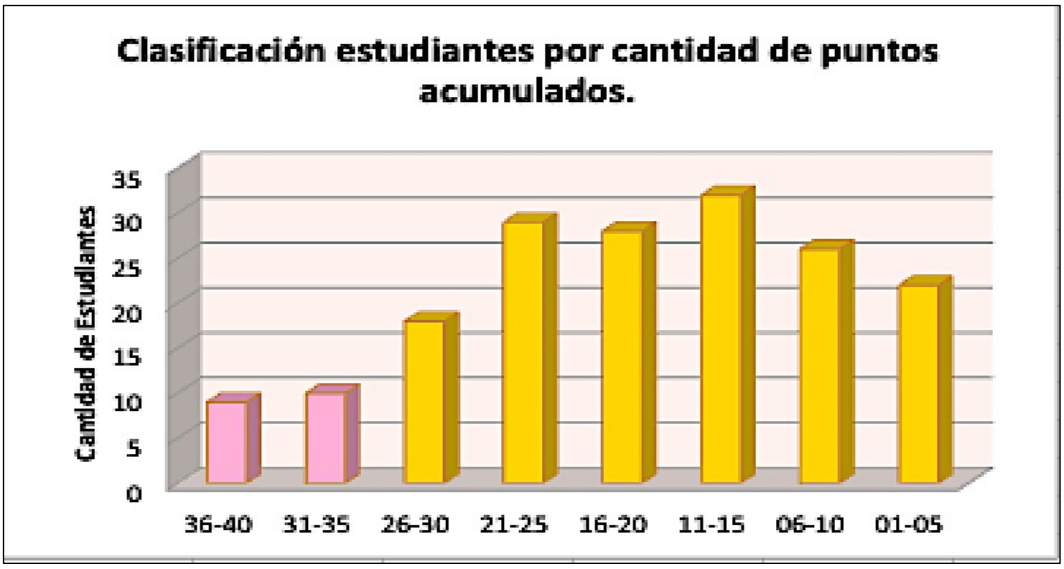


Figura 2. Incidencia de respuestas correspondientes al instrumento utilizado para identificar características de dislexia

Al utilizar las formulas estadísticas de media, varianza y desviación estándar, se obtuvieron los siguientes datos.

Media	$\mu = 19.45$
Varianza	$s^2 = 95.82$
Desviación Estándar	$s = 9.79$

Lo anterior muestra que las encuestas que resultaron con calificaciones normales están en el rango de 29.24 y 9.66, que de acuerdo a la tabla 1, existen 2 rangos superiores que están fuera de lo normal, con un total de 19 estudiantes, dato equivalente al 10.91% expuesto anteriormente.

Del total de estudiantes identificados con características de dislexia, se solicitó personalmente información relacionada con el desempeño y dificultad que presentan en las materias de programación cursadas, utilizando para ello una bitácora donde se calificaron las respuestas “”si” con el valor de 1 y el “no” con un 0. El registro de información mostró que de los 19 alumnos encuestados, 17 de ellos presentan bajas calificaciones en las materias de programación, 19 realizan exámenes de segundas intenciones y 16 han recursado o repetido alguno de los cursos de programación, ver figura 3.



Figura 3. Resultados de entrevistas realizadas a población disléxica

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se concluye que el 100% de los alumnos identificados con características de dislexia poseen bajo desempeño académico en las materias de programación, por lo que la hipótesis planteada se califica como verdadera.

Lo anterior deja ver de manera clara la brecha entre características de estudiantes disléxicos y habilidades requeridas para el desarrollo de aplicaciones de software en la carrera de Sistemas Computacionales. Un gran reto dentro de las universidades, es identificar y proporcionar a los estudiantes disléxicos las herramientas necesarias para desarrollar las competencias especificas requeridas de acuerdo al perfil profesional buscado.

El tema de dislexia en adultos es un tema poco estudiado, los resultados de esta investigación muestran una directriz para apoyar a una población estudiantil que requiere ser atendida, y en determinado momento mejorar los indicadores de reprobación que a la fecha, continúan afectando las estadísticas académicas de las instituciones de nivel superior, razón por la cual se cuestiona constantemente el desempeño de docentes que imparten dichas materias, y que tal vez el problema sea, una inadecuada manera de aplicar estrategias de enseñanza por ignorar la existencia de grupo de estudiantes que requiere seguimiento académico particular.

Referencias

1. Fuertes, J., González, L., & Martínez, L. (2016). Dyslexic programmers: Their characteristics Características de los programadores disléxicos. *Actas de Ingeniería*, *2*, 352–360. Retrieved from http://fundacioniai.org/actas/Actas2/Actas2.40.pdf
2. Ghisi, M., & Bottesi, G. (2016). Socioemotional features and resilience in Italian university students with and without dyslexia. *Frontiers in Psychology*, *7*(MAR), 1–9. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00478
3. Ian McChesney, R. B. (2017). Do Computer Programmers With Dyslexia See Things Differently? A Computational Eye Tracking Study. *Eye Movements in Programming: Spring Academy 2017*, 19–21. Retrieved from http://uir.ulster.ac.uk/37954/1/EMIPAbstract-ACM-Word_imc.pdf
4. Jim, G., Ana, S., Citoler, D., Joaqu, D., & Mart, M. (2010). *Tesis Doctoral Déficit En Aprendizaje Implícito En La*.
5. Majumder, Rahman, Dr Dsouza, Dr. Elbeheri, Prof Abdulrahman, & Prof Huq. (2010). Supporting medical

students with learning disabilities in Asian medical schools. *Advances in Medical Education and Practice*, 31. https://doi.org/10.2147/AMEP.S13253

6. Mejia, C. (2015). Considerando la dislexia en la educación virtual: Una revisión literaria. *Virtual Educa 2015*, 126–140.
7. Ramírez Sánchez, D. M. (2011). “Estrategias De Intervención Educativa Con El Alumnado Con Dislexia,” 1–13.
8. Ruiz López, C. P., Salvador Moysén, J., & Esther, M. (n.d.). ESCALA PARA IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE DISLEXIA EN ADOLESCENTES DE EDUCACIÓN MEDIA Y MEDIA SUPERIOR, (25).
9. Stienen-Durand, S., & George, J. (2013). Supporting dyslexia in the programming classroom. *Procedia Computer Science*, *27*(Dsai 2013), 419–430. https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.02.046
10. Teruel, J., & Latorre, Á. (2014). Dificultades De Aprendizaje Intervencion en Dislexia y Discalculia.
11. Tops, W., Callens, M., Desoete, A., Stevens, M., & Brysbaert, M. (2014). Metacognition for spelling in higher education students with dyslexia: Is there evidence for the dual burden hypothesis? *PLoS ONE*, *9*(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106550
12. Zygouris, N., Vlachos, F., Dadaliaris, A. N., Oikonomou, P., Stamoulis, G. I., Vavougios, D., … Striftou, A. (2017). A Neuropsychological Approach of Developmental Dyscalculia and a Screening Test Via a Web Application, *7*(4), 51–65.

Eficiencia terminal de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica en el TECNM/I.T.Ensenada en el periodo 2017-1 al 2018-2.

M. Cervantes-Trujano[1], Y. Sanchez-Camacho[2], E. Romero Samaniego[3]*, F. Ramos Flores[1].
[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica. TECNM/I.T.Ensenada. Blvd. Tecnológico No. 150 Col. Ex Ejido Chapultepec, Ensenada, B.C., C.P.22780, Ensenada, B.C. México.
[2]Coordinacion de Titulación. TECNM/I.T.Ensenada. Blvd Tecnológico No. 150 Col. Ex Ejido Chapultepec, Ensenada, B.C., C.P.22780, Ensenada, B.C. México.
[3]Departamento de Ingeniería Industrial. TECNM/I.T.Ensenada. Blvd Tecnológico No. 150 Col. Ex Ejido Chapultepec, Ensenada, B.C., C.P.22780, Ensenada, B.C. México.
*mctrujano@ite.edu.mx
***Área de participación**: Investigacion educativa*

Resumen

La eficiencia terminal se establece como la proporción de alumnos que logren egresar y titularse y son indicadores de referencia de un programa académico de acuerdo con el programa certificado del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería A.C. (CACEI). Se llevó a cabo una investigación con la base de datos del histórico de Programa Educativo de Ingeniería Mecatrónica, considerando la eficiencia terminal, la proporción hombre/mujeres y las opciones de titulación. En el periodo evaluado se reportó una eficiencia terminal en titulación por arriba del 54%, valor que se encuentra arriba del promedio nacional de eficiencia terminal referida a la titulación en las IES públicas. En la proporción hombre/mujeres, el 76% fueron hombres y el 24% mujeres, persistiendo la brecha de género en las áreas de ingeniería. De las opciones de titulación, el 100% de los estudiantes se titularon por la opción de Memoria de Residencia Profesional.

***Palabras clave**: Mecatronica, Egresados, Indicador, TECNM.*

Abstract

Terminal efficiency is established as the proportion of students who graduate and graduate and are reference indicators of an academic program in accordance with the certified program of the Accreditation Council for Engineering Education A.C. (CACEI). An investigation was carried out with the database of the historical Mechatronics Engineering Education Program, considering the terminal efficiency, the male / female ratio and the degree options. In the period evaluated, a terminal efficiency was reported above 54%, a value that is above the national average of terminal efficiency referred to the degree in public IES. In the male / female ratio, 76% were male and 24% female, the gender gap persisting in engineering areas. Of the degree options, 100% of the students were entitled to the option of Professional Residence Report.

***Key words**: Mechatronics, Graduates, indicator, TECNM*

Introducción

La eficiencia terminal en una Institución Académica de nivel superior, se establece como la proporción de alumnos que logren egresar y titularse con respecto a la proporción de alumnos que ingresan. Son criterios de evaluación que sirven como marco de referencia para las características de un programa académico. En el área de ingenierías, es un indicador del proceso educativo, que se acredita mediante el programa certificado del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería A.C. (CACEI). La acreditación de un programa educativo, como es el de Ingeniería Mecatrónica, es relevante porque demuestra que la institución cuenta los estándares establecidos por los organismos externos y además, certifica su calidad educativa existe.

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

El programa educativo de Ingeniería Mecatrónica (PE de MEC) surge como una alternativa para formar profesionistas de alto nivel con capacidad analítica, crítica y creativa que le permita diseñar, proyectar, construir, innovar y administrar equipos y sistemas mecatrónicos en el sector social y productivo; así como integrar, operar y mantenerlos, con un compromiso ético y de calidad en un marco de desarrollo sustentable (TECNM 2019). Los egresados del PE de MEC del TECNM/ITE desarrollan competencias profesionales para innovar en productos mecatrónicos de acuerdo a las necesidades tecnológicas y sociales tomando en cuenta las normas nacionales e internacionales. automatizan sistemas de producción mediante la implementación de proyectos mecatrónicos para hacerlos más eficientes, asegurando su calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad. Dichos sistemas se pueden desarrollar mediante la transferencia, la adaptación, la asimilación e la innovación de tecnologías de vanguardia. El PE de MEC en el TECNM/ITE, inicio en el año del 2013 y la primera generación egreso en el 2017-1, mismos que cursaron el plan de estudios por competencias profesionales.

El TECNM/I.T.Ensenada cuenta con diferentes las opciones de titulación, como son los exámenes Generales de Egreso de Licenciatura (EGEL) aplicados por el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. (CENEVAL) (Toscano de la Torre 2016); la titulación integral, que valida competencias en conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas y desarrolladas por el estudiante durante su formación profesional. Para la titulación integral, se ofrecen diez opciones: I) Tesis profesional II) Libro de texto o prototipo didácticos III) Proyectos de investigación IV) Diseño o rediseño de equipo, aparato o maquinaria V) Cursos especial de titulación VI) Examen por áreas del conocimiento(EGEL-CENEVAL) VII) Memoria de Experiencia Profesional VIII) Escolaridad por Promedio IX) Escolaridad por estudios de posgrado X) Memoria de Residencia Profesional.

Los programas educativos de nivel superior, requieren pasar por un proceso acreditación, para demostrar que la institución cuenta los estándares establecidos por los organismos externos que certifican su calidad educativa existe. La acreditación analiza el proceso de los estudiantes desde el ingreso hasta el egreso, considerando su trayectoria académica, la obtención del grado académico y la eficiencia terminal. La cual depende de la proporción de alumnos que logren egresar y titularse con respecto a la proporción de alumnos que ingresaron al mismo tiempo.

La eficiencia terminal, representa uno de los principales indicadores que miden la calidad de las Instituciones de Educación Superior (IES). Los estudios demuestran que la eficiencia terminal sigue siendo un reto a superar, de acuerdo con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) el promedio nacional de eficiencia terminal referida a la titulación es del 54% para las IES públicas (Toscano, 2016). Por ello, es muy importante promover entre los estudiantes la obtención del título profesional, con especial énfasis en que le permitirá tener más oportunidades para enfrentarse a la competencia laboral. De acuerdo con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) el promedio nacional de eficiencia terminal referida a la titulación es del 54% para las IES públicas (Hernández 2015).

Por lo que el presente trabajo, se estudió la eficiencia terminal y algunas características de las cohortes de programa educativo de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Ensenada para el periodo 2017-1 al 2018-2, misma que es necesaria para conocer la tendencia en el comportamiento de los alumnos en cuanto a la titulación con fines de acreditación.

Metodología

Se llevó a cabo una investigación cuantitativa, de tipo descriptivo con la base de datos del histórico para el PE de MEC considerando la eficiencia terminal, proporción hombre/mujeres de las generaciones con la finalidad de considerar la equidad de género y opciones de titulación. Información que fue proporcionada por la coordinación de titulación y el Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica del TECNM/I.T.Ensenada para el periodo 2017-1 al 2018-2.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Eficiencia terminal

Del Programa educativo de Ingeniería Mecatrónica, se registran los datos de egreso de las cuatro generaciones y su eficiencia terminal. Para la primera generación se registró que egresaron 11 alumnos en el semestre 2017-1, de los cuales se han titulado 6, lo que representa el 54% de eficiencia terminal. En la segunda generación egresaron 3 estudiantes en 2017-2, de los cuales no se han titulado ningún estudiante, por lo que la eficiencia terminal de la generación es cero. Mientras que para la tercera generación en el periodo 2018-1, egresaron 4 estudiantes y se han titulado 3 lo que representa el 75% de eficiencia terminal. La cuarta generación egreso en el 2018-2 con 8 estudiantes, de los cuales se han titulado 5, lo que representa el 62.5% de eficiencia terminal (Tabla I y Figura 1). Se registró un total de 14 alumnos titulados de las cuatro generaciones que representan el 53%.

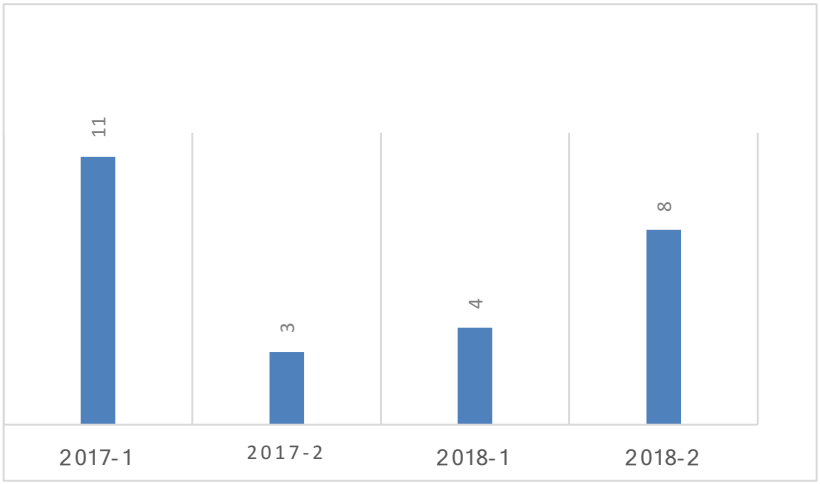


Figura 1. Alumnos egresados del PE de MEC en el periodo 2017-1 al 2018-2.

Tabla 1. Egresados del PE de MEC en el periodo de enero 2017-1 a Dic 2018-2.

	ENE-JUN 17	AGO-DIC 17	ENE-JUN 18	AGO-DIC 18	Total
EGRESADOS	11	3	4	8	26
TITULADOS	6	0	3	5	14
% TITULACION	54%	0%	75%	62.5%	53%

En el semestre 2017-1 se registran 11 alumnos egresados que representa el mayor número, seguido del semestre 2018-2 con 8 egresados, en 2018-1 con 4 egresados y al final el semestre 2017-2 con 3 egresados.

Se reporta para la generación egresada en el semestre 2018-2, el mayor porcentaje de titulación con el 75%, seguido del 62.5% en el semestre 2018-2, el 54% de alumnos titulados de la generación egresada en el semestre 2017-1, mientras que en la generación 2017-2 no reporta ningún alumno titulado. En total se registraron 26 estudiantes egresados en el semestre 2018-1, de los cuales 14 se han titulado, lo que representa el 53% de eficiencia terminal. Cabe mencionar que uno de los egresados que ya se tituló se encuentra cursando en el CICESE la maestría de Electrónica y Comunicaciones y requirió utilizar la opción 9 que es titulación por “Escolaridad por estudios de Postgrado”. Otro caso es el de un egresado que se tituló, pero no está interesado en desarrollarse en el área de la ingeniería mecatrónica.

 ISSN 2007-8102

De los 12 egresados que representan el 47% y que no han concluido su trámite de titulación, los motivos que reportan son el no haber pasado el requisito del inglés o porque se encuentran trabajando en el sector productivo y no se han dado el tiempo para concluir con el proceso. Se tiene como parte del programa de seguimiento a egresados de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, establecer los mecanismos para apoyarlos a los egresados a concluir con el proceso.

La Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica presento para el periodo evaluado 2017-1 al 2018-2, una eficiencia terminal en titulación por arriba del 54% de los alumno, valor que se encuentra en el promedio nacional de eficiencia terminal referida a la titulación es del 54% para las IES públicas, de acuerdo con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) (Hernández, 2015).

Equidad de genero

De los 26 egresados del PE de MEC en el periodo de enero 2017 a Dic 2018, se estableció que el 76% son hombres (20 estudiantes) y el 24% mujeres (Figura 2). En general se ha reportado que existe una brecha de genero derivado de la escasez de las mujeres en el ámbito de las ingenierías y la tecnología, desaprovechado así su potencial creativo, clave para la innovación y el desarrollo de empresas y la sociedad en general (RAI 2016). En la mesa redonda denominada “La mujer en la ingeniería”, se destacó que las mujeres ingenieras tienen capacidad de realizar el mismo trabajo que los hombres, y que es necesario que las escuelas, las empresas y los políticos entiendan y reconozcan el papel de la mujer como una fuerza productiva tan importante como la de los hombres (Benítez 2013).

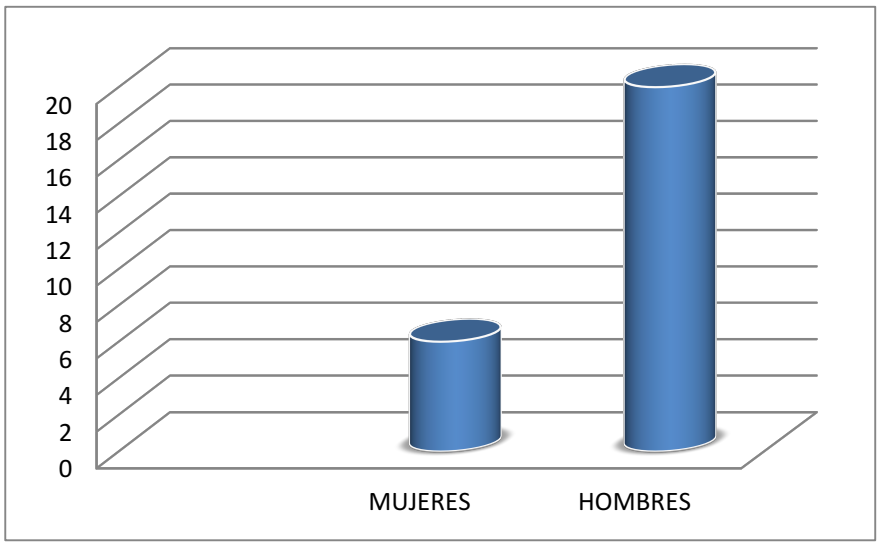


Figura 2. Porcentaje de hombres y mujeres egresados del PE de MEC en el periodo 2017-1 al 2018-2.

Opciones de titulación

De las 10 opciones de titulación que se ofertan en el TECNM/I.T.Ensenada, de acuerdo al Manual de Lineamientos Académico - Administrativos del Tecnológico Nacional de México para el PE de MEC de acuerdo al catálogo de TECNM (Tabla 2).

Tabla 2. Opciones de titulación del TECNM/ I.TEnsenada

1)Tesis profesional (TP)
2)Libro de texto o prototipo didácticos (LPD)
3)Proyectos de investigación (PI)
4)Diseño o rediseño de equipo, aparato o maquinaria (DyRE)
5)Cursos especial de titulación (CT)
6)Examen por áreas del conocimiento (EGEL-CENEVAL) (EGC)
7) Memoria de Experiencia Profesional (MEP)
8) Escolaridad por Promedio (PROM)
9) Escolaridad por estudios de postgrado (POSG)
10) Memoria de Residencia Profesional (MRP)

El 100% de los estudiantes eligieron la opción 10 que corresponde a la Memoria de Residencia Profesional, la cual consiste en la realización de proyectos internos o externos de carácter local, regional, nacional o internacional, en cualquiera de los siguientes ámbitos:

- Sectores sociales, productivo de bienes y servicios;
- Innovación y Desarrollo Tecnológico; Investigación;
- Diseño y/o construcción de equipo;
- Evento Nacional de Innovación Tecnológica participantes en la etapa nacional;
- Veranos científicos o de investigación;
- Proyectos propuestos por la academia que cuente con la autorización del Departamento Académico;
- Proyectos Integradores;
- Proyectos bajo el enfoque de educación dual.

Los cuales se realizaron principalmente en las empresas de la entidad en el ámbito de producción de bienes y servicios. Otros se desarrollaron en el Departamento de Investigación y posgrado del TECNM/I.T.Ensenada en la categoría de Innovación y Desarrollo Tecnológico o Investigación.

Conclusiones

La Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica presento para el periodo evaluado 2017-1 al 2018-2, una eficiencia terminal en titulación por arriba del 54% de los alumnos, valor que se encuentra en el promedio nacional de eficiencia terminal referida a la titulación es del 54% para las IES públicas, de acuerdo con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) (Hernández, 2015). Se registró un total de 26 egresados hasta 2018 y 14 titulados.

En cuanto a la proporción hombre/mujeres, se estableció que el 76% son hombres y el 24% mujeres, persistiendo la brecha de genero por no haber mayor participación de las mujeres en el ámbito de las ingenierías y la tecnología.

De las opciones de titulación que se ofertan para el PE de MEC, el 100% de los estudiantes se titularon por la opción 10 que corresponde a la Memoria de Residencia Profesional, mismas que desarrollaron en empresas o en el área de investigación.

Con esta información, es importante desarrollar propuesta y realizar acciones de mejoras para cumplir con el propósito del estudiante y la Institución de obtener la eficiencia de titulación a través de los departamentos vinculados con el mismo proceso.

Referencias

1. Guzmán P., Martínez G., Fernández. (2015). “Herramientas de mejora continua”; Revista de Ingeniería Industrial y Economía; Vol. 3; No. 2; pp. 56-68.
2. Reynolds H., Murray, t., Henderson j., Young Q. (2014). “The management process in the education system”; Journal of Educational System; Vol. 6; No. 3; pp. 24-35.
3. Gómez R., Quintana B., Dórame D. (2016). “Fallas en procesos de titulación a nivel profesional”; Revista Internacional de Educación; Vol. 4, No. 1; pp. 44-60.
4. Eigen G., Thomas A., Anderson Y. (2013). “The application of the industrial engineering in the educational activities; Educational and Economy Journal; vol. 5; No. 2; pp. 58-70.
5. Derek W., Williams F., Darren L. (2015). “The continuous improvement tools applied to the educational services”; Education and Engineering Topics Journal; Vol. 8; No. 3; pp. 68-85.
6. Florain K., Barreng U., Jhonson T. (2015). “The industrial engineering and the continuous improvement tools”; Educational and Management Resources; Vo. 4; No. 2; pp. 78-95.
7. Toscano de la Torre A.B., 2016. La Eficiencia Terminal como un Indicador de la Calidad en la Educación Superior en México. Fecha de recuperación 5 Julio 2019, de Researchgate.net https://www.researchgate.net/publication/288841236_La_Eficiencia_Terminal_como_un_Indicador_de_la_Calidad_en_la_Educacion_Superior_en_Mexico.

Plataforma web de seguimiento al Programa Institucional de Tutorías para Tecnológicos de Estudios Superiores.

G. González-Vázquez[1], L. A. Leon-Bañuelos[1], A. Guerrero-Alonso[1], J. Estanislao-González[1*].*
[1]Tecnologico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Valle de Bravo, 51200, Estado de México., México
**bigagv@hotmail.com*
***Área de participación**: Investigación Educativa.*

Resumen

La acción tutorial es una actividad orientadora llevada a cabo por el profesor, que realiza una labor de acompañamiento continuo y personalizado a cada alumno, con la finalidad de garantizar el desarrollo integral de los alumnos. En los Tecnológicos de Estudios Superiores se implementa el Plan Institucional de Tutorías (PIT), donde se proponen actividades que logren detectar aspectos académicos o personales en el alumno que le impidan lograr un desempeño adecuado, permitiendo abatir la deserción, sin embargo, las actividades no se orientan de forma adecuada a cada semestre o no se le da la importancia adecuada. Por lo tanto, en este estudio se genera una propuesta de actividades base para el desarrollo de las tutorías y con la finalidad de dar un seguimiento al cumplimiento de las actividades del tutor y tutorados se propone una plataforma web en la que se almacena la evidencia y permita monitorear el cumplimiento del PIT.

***Palabras clave**: Deserción escolar, TIC, Desarrollo integral, Tutor.*

Abstract

The tutorial action is a guiding activity carried out by the teacher, who performs a continuous and personalized accompaniment to each student, in order to guarantee the integral development of the students. In the Technological Studies of Higher Studies, the Institutional Tutoring Plan (PIT) is implemented, where activities are proposed that detect academic or personal aspects in the student that prevent him from achieving an adequate performance, allowing the defection to be defeated, however, the activities not they are properly oriented to each semester or not given the appropriate importance. Therefore, in this study a proposal of base activities for the Development of tutorials is generated and in order to monitor compliance with the activities of the tutor and tutors a web platform is proposed in which the evidence is stored and allow monitoring of PIT compliance.

***Key words**: School dropout, ICT, Integral Development, Tutor*

Introducción

Los antecedentes de los modelos tutoriales pueden ser vistos a lo largo de la historia, en las universidades anglosajonas se persigue la educación individualizada procurando la profundidad y no tanto la amplitud de conocimientos (Yucatán, 2017). La acción tutorial es una actividad orientadora llevada a cabo por el profesorado en el ejercicio de su función docente, que realiza una labor de acompañamiento continuo y personalizado a cada alumno y grupo de alumnos con la finalidad de garantizar el desarrollo integral del alumnado en todos los ámbitos (González, 2014).

A partir de la creación de la SEP se implementa el primer modelo educativo “Vasconcelista” donde la educación debía fomentar los vínculos sociales, culturales, tecnológicos, geográficos y antropológicos acrecentando las importancias de la identidad nacional (Gutiérrez Herrera & Rodríguez Garza, 2011). Otro modelo que se dio a conocer fue el Socialista, en 1934 se reformo el artículo tercero de la Constitución Política Mexicana. Posteriormente entra en vigor el Modelo Técnico y Modernizador donde predominan los valores urbanos, la preocupación por el trabajo, la productividad, el pragmatismo y el énfasis en la formación científica (Mendoza, 2011). El último modelo educativo implementado es por competencias, el cual hace referencia a un modelo que

busca fomentar el ambiente laboral dentro del educativo, pretende instruir sujetos y dejarlos listos para salir al ámbito profesional con habilidades denominadas competencias que el empleador demanda (Mendoza, 2011).

Rosa N. Aldaco y María M. Carpio del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato con base en sus investigaciones establecieron las líneas y las estrategias de trabajo para tutorías. 1) Fomento a la identidad e integración universitaria, 2) Atención a las condiciones socioeconómicas y 3) La orientación vocacional. Estas estrategias hacen énfasis en el trabajo colaborativo entre las áreas académicas y servicios de apoyo (Aldaco Linares & Carpio Hernández, 2017).

El caso de estudios que se tomo es Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, en el cual se están presentando altos índices de deserción, según la SEP en el ciclo escolar 2017 – 2018 el abandono escolar a nivel nacional en educación superior fue del 6.8% y a nivel estado fue del 10.0% (SEP, 2018), una de las estrategias que se ha implementado en la institución para disminuir la deserción son las Tutorías, basadas en el Plan Institucional de Tutorías que proponen actividades que logren detectar aspectos académicos o personales en el alumno que le impidan lograr un desempeño adecuado durante sus estudios, permitiendo abatir el rezago, la reprobación, la deserción y la baja eficiencia terminal.

Sin embargo, un problema que se tiene es la falta de un seguimiento a las actividades por parte de los tutores, lo que repercute en la falta de interés en los tutorados y la falta de eficacia del modelo de tutorías. Otro factor que influye en el incumplimiento de las actividades, es que el PIT no orienta a los tutores en las actividades o en su objetivo, por lo tanto, son confusas. Es de suma importancia contar con herramientas de trabajo que nos apoyen a conducir el aprendizaje del estudiante, ya sea de forma individual o grupal, planteando actividades que se deberán ser desarrolladas a lo largo de sesiones tutoriales. Con el objetivo de fortalecer el seguimiento de tutorías, se realizó un análisis de las actividades del PIT para ubicarlas de acuerdo a las competencias acorde a cada semestre, así mismo se creó una plataforma web como herramienta de seguimiento del programa institucional de tutorías de los tecnológicos de estudios superiores, la cual cuenta con un módulo para subir evidencias de las actividades que realice cada tutor, dando acceso a descarga de formatos ,elaboración de reportes de tutores y llevar el seguimiento académico del tutorado.

Metodología

Como caso de estudio se tomó el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo. Se realizó un análisis bibliográfico de las actividades incluidas en el Programa Institucional de Tutorías (PIT) del Tecnológico Nacional de México, el cual se aplica a todos los Tecnológicos de Estudios Superiores, derivado de la revisión se restructuraron los rubros y actividades de cada semestre.

Análisis del Programa Institucional de Tutorías

El PIT incluye las actividades que se aplican en las tutorías, sin embargo, no tiene un orden específico para cada semestre, aunado a esto algunas actividades no aportan al perfil profesional o personal del tutorado. Se analizó cada una de ellas, tomando en consideración que se debe aportar al perfil del tutorado y se clasificaron por semestre de acuerdo con las necesidades que se contemplaron según la literatura, con la información recopilada se generó una propuesta de Plan de Tutorías Institucional enfocadas a Nivel Superior con el fin de obtener información detallada respecto a tutorados y su desempeño.

La tutoría de asignatura (Clemente, et al., 2004), la tutoría enfocada a la orientación pedagógica (Gairín, et al., 2004) , la tutoría de acompañamiento (Fresán Orozco & Romo López, 2011). La tutoría dirigida a la formación para la sociedad del conocimiento (de la Cruz Flores & Abreu Hernández, 2008), mencionan la fuerte relación que se debe tener entre el alumno y el tutor como actores principales en el modelo de tutorías, estos actores aplican para todos los niveles educativos incluyendo el nivel de educación superior. Artigot (1973) define al tutor como el experto cuya principal misión es ocuparse de la integración del alumnado en lo que se refiere a su escolaridad, vocación y personalidad. Álvarez y Bisquerra (2006) determinan en el principio de sistematización y el principio de intervención social que los alumnos necesitan además del tutor, más agentes implicados, por

 ISSN 2007-8102

ejemplo, la familia (tutor legal), por tal motivo se considera como un actor importante dentro del proceso. El tutor es vehículo de comunicación entre la familia y los distintos órganos del centro, facilita su fluidez y procura que ese contacto sea continuo. Llorente (2006) menciona que el tutor en un entorno virtual de aprendizaje se convierte en facilitador del aprendizaje, es vital que desde el inicio sea capaz de determinar las expectativas, necesidades e intereses de los tutorados.

Tomando en consideración la literatura antes mencionada se analizaron los actores que influyen en el modelo de tutorías en educación superior; se desarrolló el diagrama con los actores propuestos y las acciones que cada uno desempeña (Figura 1).



Figura 1. Diagrama de módulos para la plataforma de tutorías.

Reestructuración de actividades.

Para lograr la integración de modelo de tutorías con la plataforma propuesta, se analizaron las interacciones entre los actores y las actividades que se realizan tomando en consideración el rol de cada uno, para lo cual se elaboró el diagrama general de procesos el cual guiara la creación y diseño de la plataforma como se muestra en la Figura 2.

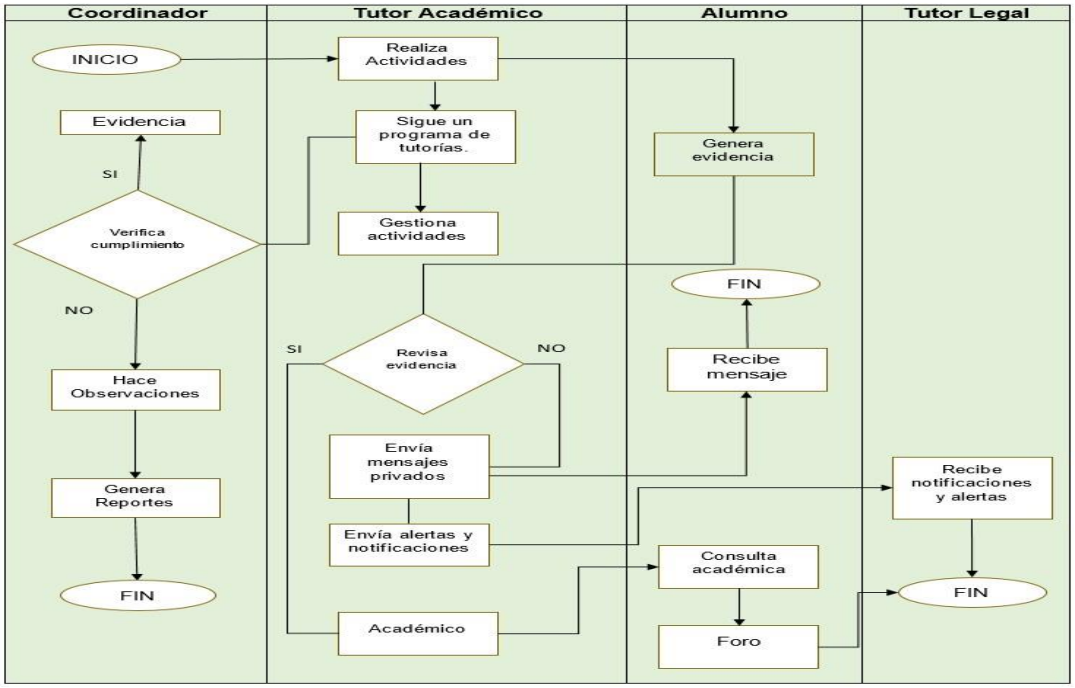


Figura 2. Diagrama del proceso de tutorías de los actores.

 ISSN 2007-8102

La tutoría es un proceso de acompañamiento durante la formación de los estudiantes, que se concreta mediante la atención personalizada a un estudiante o a un grupo de estudiantes, por parte de académico competentes y formados para esta función, apoyándose conceptualmente en los procesos del aprendizaje más que en los de la enseñanza.

Como se puede observar en el diagrama el tutor académico desempeña actividades las cuales se enfocan principalmente en conocer la situación académica del tutorado (Serrano, 2010), pero sin dejar de lado el aspecto cultural, social de los estudiantes lo que completa a un programa integral de tutorías. Sin embargo, las necesidades de los tutorados son diferentes de acuerdo al grado en el que se encuentran y las acciones del tutor deben satisfacerlas mediante actividades acordes. Por tal motivo se diseñó una propuesta de acuerdo al grado en curso.

Diseño de la plataforma de seguimiento.

Para trabajar se utilizará una base de datos montada en Oracle como gestor, esta estará constituida conforme al Diagrama E-R que se muestra en el Diagrama 2.

Creación de Plataforma Inicio o página principal.
Se trata de la interfaz, que sin importar el tipo de usuario que ingrese al sistema será mostrada, dicho apartado cuenta con algunos links de información general, que en posteriores etapas se redireccionaran a algunas de las secciones de la aplicación general, como parte de un todo. (Figura 2)

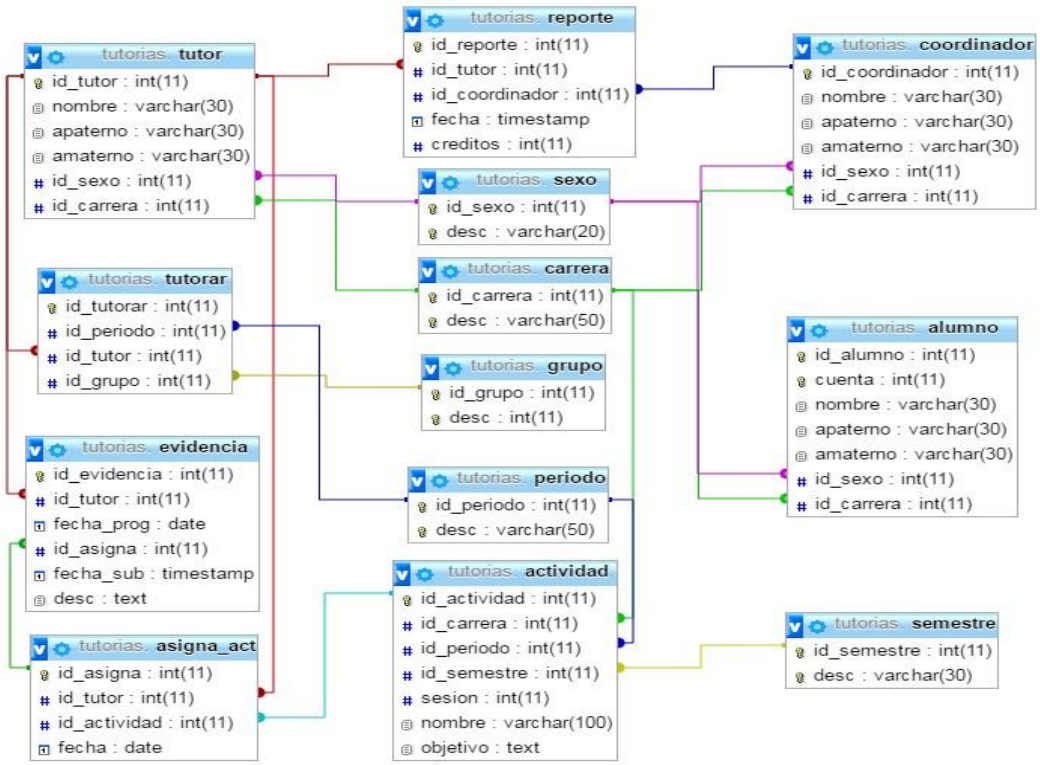
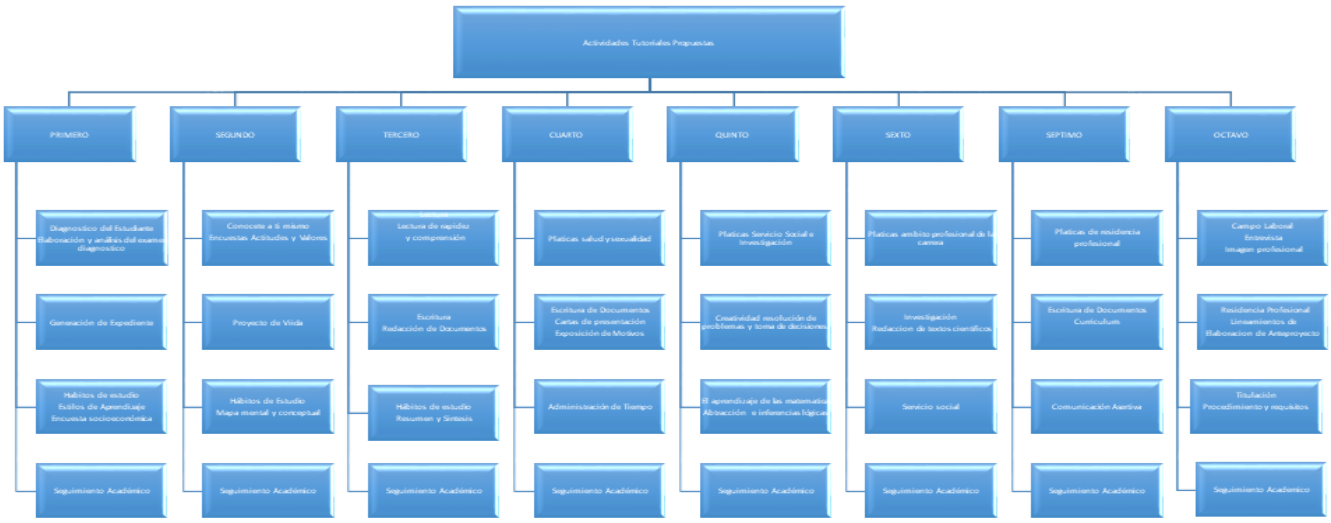


Figura 3. Modelos de Base de Datos

Resultados y discusión

Propuesta del Plan de Institucional de actividades.

 ISSN 2007-8102



Propuesta de Plataforma web para el seguimiento académico.

Acceso al sistema

Como todo sistema, este cuenta con un apartado para ingresar con usuario y contraseña, siendo posible identificar si el usuario es alumno, tutor o coordinador, dicha parte esta validada desde programación y requiere información de base de datos (Figura 3).

Página principal de alumno

El aparatado a continuación es una muestra de inicio como alumno, la cual contiene algunas imágenes e información adicional tal como el índex general (Figura 4).

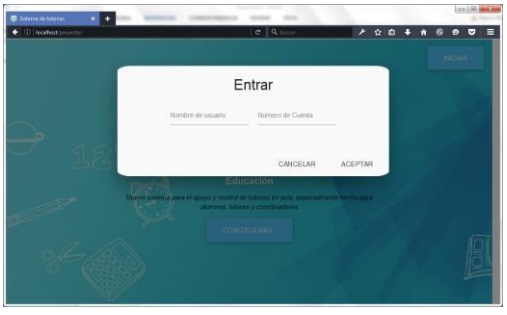


Figura 3. Acceso al Sistema.

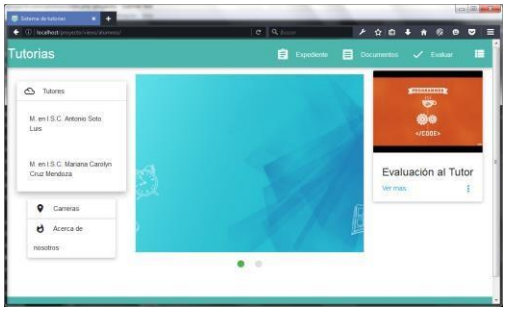


Figura 4. Índex de alumnos

 ISSN 2007-8102

Expediente.

Una de las funciones principales del alumno es la de llenar o actualizar expediente, el cual contiene distintos rubros, la pantalla siguiente (Figura 5) muestra cómo está estructurado este apartado.

El botón derecho en forma de círculo flotante permite a quien ya se ha registrado anteriormente cargar datos de la base y así da lugar a hacer una simple actualización.

Documentos

Los alumnos tienen además la labor de subir evidencia de su trabajo en tutorías, como parte de la planeación y para tener respaldo de ciertos archivos de datos personales, como lo son la CURP, seguro social o acta de nacimiento, para ello existe la sección de documentos, que está comprendida por un formulario el cual permite cargar archivos (Figura 6).

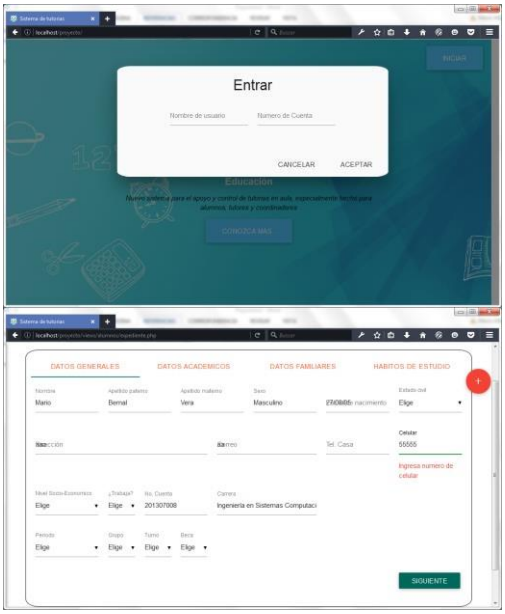


Figura 5. Expediente

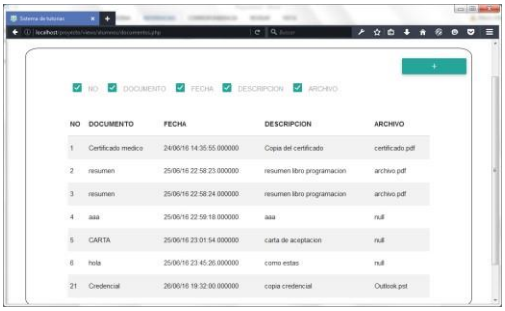


Figura 6. Documentos cargados al sistema.

Los alumnos deberán registrar la información solicitada esto con la finalidad de saber cuáles son las actividades o técnicas que realiza o ha desarrollado el estudiante al momento de estudiar (Figura 7).

Evaluación

La última sección contiene un pequeño test que permite al alumno evaluar el desempeño del docente, para permitirle a este mejorar, y en posteriores etapas al coordinador le sea útil en la toma de decisiones (Figura 8).

 ISSN 2007-8102

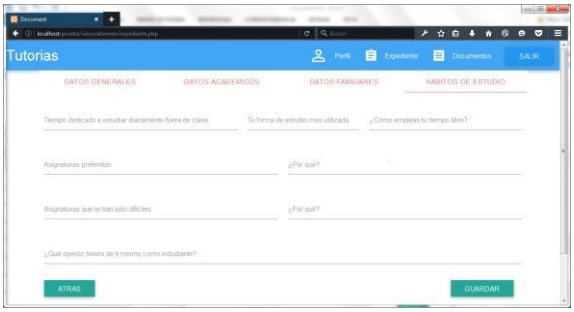


Figura 7. Hábitos de estudio.

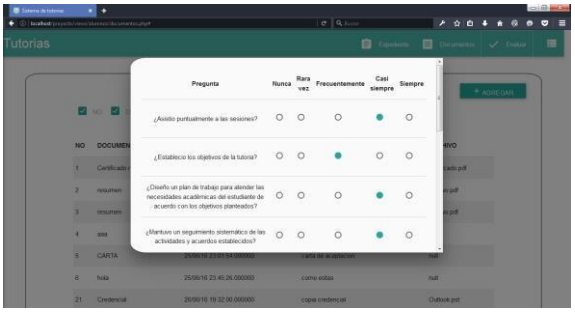


Figura 8. Evaluación.

Trabajo a futuro

Se pretenden realizar algoritmos con técnicas de inteligencia artificial que permitan identificar a los alumnos en riego de deserción a partir de los datos almacenados en la plataforma.

Conclusiones

La creación de una plataforma web para el control y seguimiento de tutorías es importante como medida preventiva y correctiva durante el desarrollo profesional de alumno en la institución. Las actividades propuestas son basadas en la investigación hecha durante el desarrollo del proyecto, enfocadas a las necesidades de jóvenes que deciden estudiar una carrera profesional, esto es como apoyo para su desarrollo académico. A diferencia de otras plataformas esta sigue las tutorías en un proceso completo enfocado a educación superior, lo que conlleva a que en el momento que se desea obtener información específica de tutorías se tenga un seguimiento completo.

La creación de este tipo de plataformas permite al tutor conocer mejor a sus tutorados, se tiene la información de forma eficaz de cada uno de ellos, permitiendo un trabajo en conjunto entre la comunidad estudiantil y sus tutores. El control y monitoreo académico es con el fin de abatir la reprobación, rezago y deserción e incrementar la titulación y la eficiencia terminal, proponiendo estrategias al estudiante para que logre el autoconocimiento y realice una planeación de vida en función a sus interés y metas, aprendiendo a administrar su tiempo para obtener un óptimo rendimiento en sus estudios, evitando así abandono o truncamiento de los estudios profesionales.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por parte del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.

Referencias

1. Aldaco Linares, R. N. & Carpio Hernández, M. M., 2017. Las estrategias para abordar el abandono escolar en una institución de Educación Superior Tecnológica en México. Panamá, s.n. Artigot Ramos, M., 1973. La Tutoría. Madrid, España: s.n.
2. Bisquerra Alzina, R., 2006. Orientación psicopedagógica y educación emocional. Estudios sobre Educación, Issue 11, pp. 9-25.
3. Clemente, L., Arbizu, F. & del Castillo, L., 2004. Las representaciones de la tutoría universitaria en profesores y estudiantes: estudio de caso. Educación, XX1. Educación XX1, Issue 7, pp. 135-168.

4. de la Cruz Flores, G. & Abreu Hernández, L. F., 2008. Tutoría en la Educación Superior: Transitando desde las aulas hacia la sociedad del conocimiento... Revista de la Educación Superior, XXXVII (147), pp. 107-124.
5. de la Cruz Flores, G., Chehaybar y Kury, E. & Abreu, L. F., 2011. Tutoría en educación superior: una revisión analítica de la literatura... Revista de la Educación Superior, XL (157), pp. 189-209.
6. Escudero, E. B., 2018. El Universal. [En línea]
Available at: http://www.eluniversal.com.mx/articulo/eduardo-backhoff-escudero/nacion/el-abandono-escolar-en-educacion-media-superior
7. Estellés, M. J., Arándiga, A. R., Vidal, V. A. & Cuerda, S. R., 2014. Rendimiento Académico de los Estudios de Informática en Algunos Centros Españoles. Dialnet, Issue 204, pp. 55-61.
8. Fresán Orozco, M. & Romo López, A., 2011. Programas institucionales de tutoría una propuesta de la ANUIES. Tercera ed. México: ANUIES.
9. Gairín, J., Feixas, M., Guillamón, C. & Quinquer, D., 2004. La tutoría académica en el escenario Europeo de la educación superior... Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado., 18(1), pp. 61-77.
10. González, A. M., 2014. Asociación Multidisciplinar de Investigación Educativa. [En línea]
Available at: http://amieedu.org/actascimie14/wp-content/uploads/2015/02/gonzalez_ana.pdf
[Último acceso: 02 08 2019].
11. Gutiérrez Herrera, L. & Rodríguez Garza, F. J., 2011. Publicaciones Anuies. [En línea]
Available at: http://publicaciones.anuies.mx/acervo/revsup/res103/txt5.htm
[Último acceso: 31 07 2019].
12. Hernández Magaña, M., 2015. Causas del Fracaso Escolar. XIII Congreso de la Sociedad Española de Medicina Adolescente, España: s.n.
13. Llorente Cejudo, M. d. C., 2006. El tutor E-Learning: aspectos a tener en cuenta... Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa., Issue 20.
14. Mendoza, I. B., 2011. Los Modelos educativos en México desde la creación de la SEP hasta la formación de competencias. La definición del sujeto a partir del modelo educativo... México, D.F.: Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 092 Ajusco.
15. SEP, 2018. Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2017-2018, México: SEP.
16. Yucatán, U. A. d., 2017. Universidad Veracruzana. [En línea] Available at: https://www.uv.mx/veracruz/odontologia/files/2017/01/La-tutoria-en-la-Universidad-de-Yucatan.doc
[Último acceso: 02 08 2019].

Influencia de arcos de movilidad en guante multisensorial empleado para la educación de personas sordas

N. A. Álvarez Torres[1], S. Torres Álvarez[2], I.J Vázquez Cuevas[2], P.V. Prado Martínez[2], J.L. Coronado Palomares[3]*
[1]Carrera de Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Nogales, Ave. Universidad 271, C.P. 84000, Nogales, Sonora, México.
[2]Carrera de Mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica de Nogales, 84000, Nogales, Sonora, México.
[3]Carrera de Procesos Industriales, Universidad Tecnológica de Nogales, 84000, Nogales, Sonora, México.
*nalvarez@utnogales.edu.mx
Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La inclusión de personas sordas a la educación ha sido un reto tanto para el gobierno, como para las instituciones que apoyan la discapacidad auditiva. Buscando generar una alternativa que sirva como herramienta para que pueda darse la inclusión en las aulas, se ha trabajado en un prototipo de guante multisensorial con sensores electrónicos para la interpretación de las letras del abecedario (dactilología) de la Lengua de Señas Mexicana (LSM). En este artículo se presentan los resultados encontrados sobre la influencia que tienen los arcos de movilidad de la mano en la lectura y reconocimiento de la seña. El estudio demuestra que se genera una variación en los valores de lectura esperados, cuando el usuario tiene limitaciones o habilidades para extender o doblar las articulaciones de los dedos de su mano por condiciones genéticas, lesiones o traumatismos.

***Palabras clave**: Dactilología, Lengua de Señas Mexicana (LSM), Guante Multisensorial, Movilidad de mano*

Abstract

Deaf people education inclusion has been a challenge for the government and support hearing institutions. Looking to generate an alternative tool for inclusion in classrooms, a multisensory glove prototype with electronic sensors has been worked to interpret the letters of the alphabet (dactylology) of the Mexican Sign Language (LSM). This article presents the results of the hand arcs mobility has on the reading and recognition of the sign. The study shows that a variation in the expected reading values is generated, when the user has limitations or abilities to extend or bend the joints of the fingers of his hand due to genetic conditions, injuries or trauma.

***Key words**: (Dactylology, Mexican Sign Language, Multisensory glove, Hand Mobility)*

Introducción

En México, la población con discapacidad representa uno de los grupos más vulnerables, lo que conlleva a un mayor riesgo de exclusión y fracaso escolar, teniendo como consecuencia un menor acceso a oportunidades de desarrollo laboral y de prestaciones de seguridad social (Aguilar González Ma. Luisa, 2009).
La discapacidad auditiva es la restricción en la función de la percepción de los sonidos externos. Cuando la pérdida es de superficial a moderada, se necesita el uso de auxiliares auditivos, pero pueden adquirir la lengua oral a través de la retroalimentación de información que reciben

por la vía auditiva. Cuando la pérdida auditiva no es funcional para la vida diaria, la adquisición de la lengua oral no se da de manera natural, es por ello que utilizan la visión como principal vía de entrada de la información para aprender y para comunicarse, por lo que la lengua natural de las personas con esta condición es la LSM. (Comisión de Política Gubernamental en Materia de Derechos Humanos)

Según datos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) recabados en el censo de población 2010 en México, existían 5 millones 739 mil 270 de personas con alguna discapacidad, lo que representa 5.1% de la población total. De esta población 558,690 personas tienen alguna dificultad para escuchar y 383,233 para hablar o comunicarse. (INEGI, 2010)

La LSM es la lengua que utiliza la comunidad de personas sordas de México, que consiste en una serie de signos gestuales articulados con las manos y acompañados de expresiones faciales, mirada intencional y movimiento corporal, dotados de función lingüística, es tan rica y completa en gramática y vocabulario como cualquier lengua oral. (Comisión de Política Gubernamental en Materia de Derechos Humanos). Está compuesta por dactilología, que se conoce a lo que es el deletreo en el lenguaje oral, en este caso de las letras del alfabeto o abecedario; e ideogramas, que representan una palabra con una o varias configuraciones de mano (Pérez, 2011).

En 2016, docentes y alumnos de la Universidad Tecnológica de Nogales, inician el desarrollo de un prototipo de guante multisensorial para el reconocimiento de dactilología de la LSM, cuyo diseño y lectura de datos se continuaron trabajando en 2017 (Álvarez, 2017) y 2018 (Álvarez, 2018). El guante multisensorial detecta cuando el usuario realiza movimientos finos de los dedos de la mano, esto a través de sensores flexibles que están adheridos al guante, y se analiza la variación de voltaje para la interpretación de la seña, logrando de esta manera el reconocimiento de la misma.

Representar una letra del alfabeto de la LSM, requiere que el usuario realice ciertos arcos de movilidad en su mano, como lo son la flexión y extensión para cada dedo, según lo requiera la seña a realizar; sin embargo, existen alteraciones genéticas o por lesión, con los cuales puede notarse alguna limitación, o en su defecto destreza para lograr formar la seña. En la fase de prueba de los prototipos antes mencionados, se detectó una variación en los resultados deseables de las personas que tienen habilidad o dificultad para flexionar o extender los dedos de su mano, cuya condición puede ser de tipo congénito o bien, por algún trastorno ocasionado por enfermedad o accidente.

En el presente artículo se abordan cinco casos de los resultados de sus arcos de movimiento obtenidos para los usuarios del guante multisensorial de la población objeto de estudio, los cuales mostraron alguna alteración congénita, por lesión o traumatismo, y se presentan los valores logrados en la etapa de prueba.

Metodología

I. La mano humana

a. Descripción

Las manos son las extremidades más distales (alejada) del miembro superior, las cuales realizan infinidad de movimientos por medio de la acción de sus músculos insertados a los huesos, y a los ligamentos que le sirven de sujeción. Se localizan en los extremos de los

 ISSN 2007-8102

antebrazos y cada una tiene cinco dedos. Engloban desde la muñeca, hasta la yema de los dedos.

b. Estructura

Está compuesta por huesos y músculos, los cuales permiten el movimiento; venas y arterias; nervios, encargados del tacto y movimiento y finalmente la piel y uñas. (López, 2012). Esta estructura compleja está formada por 27 huesos, mismos que se pueden apreciar en la Figura 1, más de 20 articulaciones y más de 30 músculos, lo que hace que en un área tan pequeña converjan tejidos blandos y duros al mismo tiempo (López, 2012)

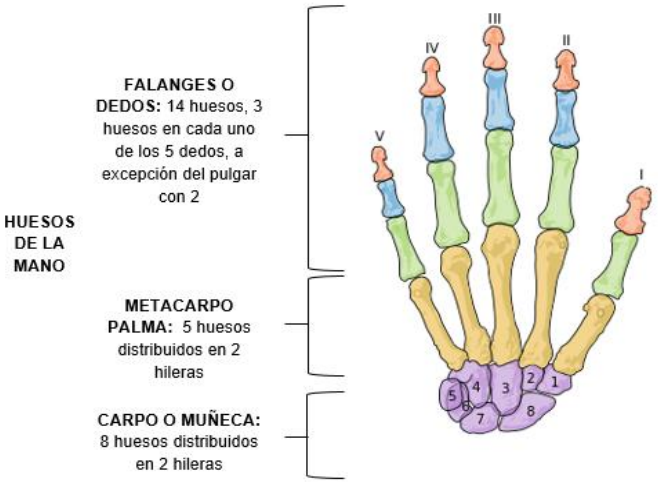


Figura 1. Los huesos de la mano

c. Arcos de movilidad

Constantemente la mano debe adoptar formas diversas que permiten al ser humano interactuar con su medio externo; doblar o estirar, tomar y soltar objetos, la pinza, la manipulación de instrumentos de precisión y actividades de destreza manual fina.
La flexión se define como la reducción del ángulo formado por los huesos de una articulación (cerrar mano). La extensión, como el aumento del ángulo formados por los huesos de la articulación (abrir mano). El retorno de una articulación en flexión a su posición anatómica se considere extensión. Si la extensión rebasa la vertical, se suele hablar de hiperextensión. La abducción es el movimiento de alejamiento y la aducción, por el contrario, el movimiento de acercamiento. El retorno desde una posición de abducción hacia la postura anatómica, se considera aducción. Se aprecia en la Figura 2 los arcos de movimiento de la mano y dedos.
(Materias del departamento de Bioloxía e Xeoloxía)

 ISSN 2007-8102



Figura 2. Arcos de movimiento de la mano y dedos

d. Lesiones y traumatismo

La mano puede recibir trauma por un gran número de causas: accidentes laborales, deportivos; trabajos manuales, causas hereditarias, fracturas, inestabilidad articular, golpes continuos, así como sucesos inesperados.
Las lesiones traumáticas de la mano, como son heridas, traumatismos superficiales, fracturas, luxaciones y esguinces, quemaduras, así como amputaciones, ocupan los primeros lugares en incidencia de los accidentes de trabajo. (Revista Médica, 2003).
El trauma de mano puede comprometer vasos, nervios, músculos, tendones, huesos o articulaciones (Ramírez, 2008), por ello, es una parte del cuerpo humano con dificultad funcional ante lesiones traumáticas.

II. Prototipo de Guante Multisensorial para la detección de dactilología de la LSM

a. Descripción

Está constituido por un guante de tela de talla estándar, que utiliza sensores flexibles o de doblaje (al ser doblado, aproximadamente 30-40 K Ohms a 90 grados de ángulo), interconectado a la plataforma Arduino Uno, cuya interfaz gráfica es enviada a través de una aplicación en C#.

b. Dactilología de la LSM

En la Figura 3, puede apreciarse dactilología de la LSM, cuyo significado es la representación del abecedario o alfabeto.

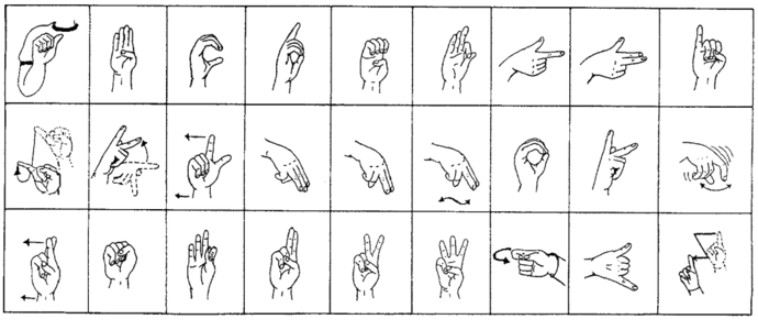


Figura 3. Dactilología de la LSM

c. Obtención de valores de referencia de Guante Multisensorial

 ISSN 2007-8102

Los sensores flexibles o resistencias flexibles envían una corriente dependiendo del máximo o mínimo doblez que se presente, lo cual permite simular una articulación de los movimientos de los dedos de la mano. Como se observa en la Figura 3, se requiere el trabajo de cada uno de los dedos para formar las letras del alfabeto de la LSM. Tomando como referencia estos datos, se determinó la lectura de valores iguales o muy cercanos a 1 para dedos extendidos (mano abierta) y en 10 para dedos flexionados (mano cerrada). Un ejemplo se puede expresar con la letra “A”: el dedo meñique en valor de 10; anular, 10; medio, 10; índice, 10 y pulgar 1 (Figura 4). La conjunción de dichos valores, en el orden antes mencionado, permite la identificación de la letra, cuyo algoritmo es procesado a través de la plataforma Arduino, y se envían los resultados de lectura a una interfaz gráfica en Microsoft Visual C#.

Dedo / Letra	*Meñique*	*Anular*	*Medio*	*Índice*	*Pulgar*
a	10	10	10	10	1

Figura 4. Ejemplo para representación de letra “A” del alfabeto de la LSM

d. Lectura de dactilología de la LSM con Guante Multisensorial

A pesar que el ser humano es la máquina más perfecta, existen casos por genética o traumatismo, que dichos seres, pueden llegar a tener limitación en el movimiento de sus miembros. La mano es una de las extremidades más poderosas que tiene el ser humano, ya que logra realizar movimientos muy precisos. Sin embargo, suele ser una de las partes del cuerpo más frágiles a la vez, puesto que el hecho de sufrir una lesión traumática, puede ocasionar la pérdida funcional de los movimientos finos, puesto que puede implicar vasos sanguíneos, nervios, músculos, tendones o huesos.

Para lograr la comunicación de la LSM, específicamente dactilología, se requiere que la persona haga uso de los arcos de movilidad de la mano en la cual es diestra, y es el mismo caso con el manejo del guante multisensorial que se aborda en el presente artículo. Como ya se mencionó en la sección de estructura de la mano, el sistema óseo de este miembro superior está compuesto de 27 huesos, de los cuales, los falanges o dedos, formados por 14 huesos, juegan un papel determinante en la representación de una seña durante el manejo del guante multisensorial. De ello se derivan los arcos de movimiento de la mano y dedos; en este caso, la flexión, que representa mano cerrada, determinada por el de valor de 10 para los sensores flexibles del guante; mano abierta, cuyo movimiento recibe el nombre de extensión y su valor es de 1. Los siguientes arcos de movimiento que tienen relación directa con la lectura del guante multisensorial, son la abducción y aducción (separación y unión de los dedos respectivamente), su función es detectar mediante interruptores de contacto colocados entre los dedos, cuándo los dedos se encuentran separados y cuándo unidos. Es el caso, se muestra como ejemplo la letra “U” y “V”, o bien, “M” y “W” (Figura 5), cuyo movimiento de los dedos y valores recibidos son iguales o muy similares y la variación se recibe si los interruptores son activados o no.

 ISSN 2007-8102

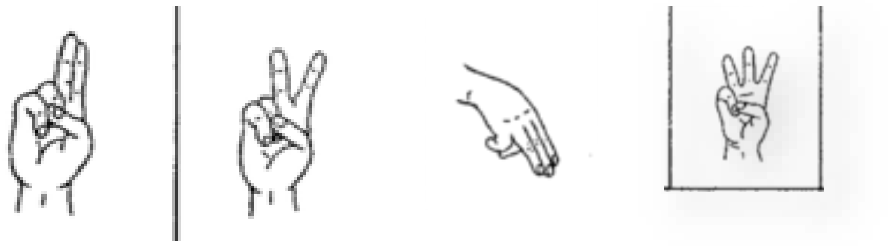


Figura 5. Representación de las letras del alfabeto ”U”, “V”, “M” y “W” en LSM

Se presenta también el caso de personas que tienen mucha flexibilidad, logrando doblar mano y dedos de una forma imposible de creer. Esta ampliación exagerada de la movilidad de las articulaciones, determinado por el aumento de elasticidad de los tejidos, se denomina hipermovilidad articular o hiperlaxitud. (Martínez, 2013)

Resultados y discusión

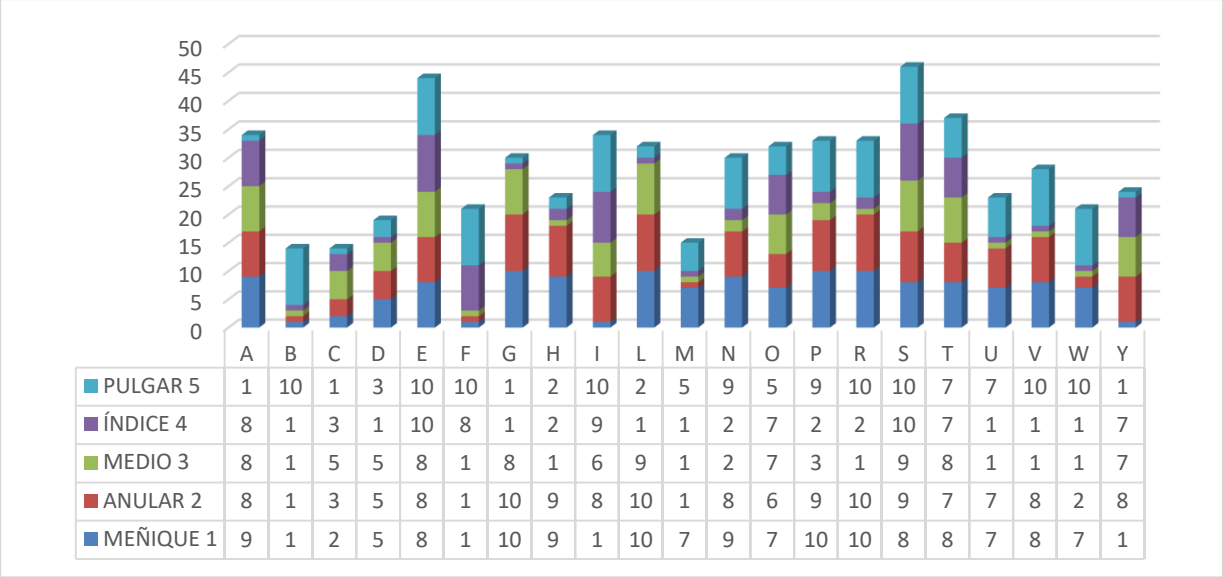
Se realizaron pruebas de funcionalidad del Guante Multisensorial a 33 personas, de las cuales 10 de ellas presentaron variación en los resultados por alteraciones en sus arcos de movilidad; es decir, el 30.30% de la población objeto de estudio. En el presente artículo, se aborda el análisis de cinco casos de estudio, se presenta edad, sexo y condición de la mano (Tabla 1).

Tabla 1. Casos de estudio

CASO	SEXO	EDAD	CARACTERÍSTICAS DE MANO
1	MUJER	15 años	Mano muy pequeña, los sensores superan el tamaño de sus dedos
2	HOMBRE	42 años	Articulaciones rígidas
3	MUJER	36 años	Fractura en falange de dedo índice
4	HOMBRE	40 años	Limitación en extensión de falanges de los dedos
5	MUJER	20 años	Hiperlaxitud

Con respecto a los valores de referencia mostrados en la Figura 6, en cada caso se detectan valores por debajo a los esperados en lectura y en uno de ellos los valores sobrepasaron los deseables, debido a la elasticidad de la persona con la que se llevó a cabo la prueba.

 ISSN 2007-8102



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	R	S	T	U	V	W	Y
PULGAR 5	1	10	1	3	10	10	1	2	10	2	5	9	5	9	10	10	7	7	10	10	1
ÍNDICE 4	8	1	3	1	10	8	1	2	9	1	1	2	7	2	2	10	7	1	1	1	7
MEDIO 3	8	1	5	5	8	1	8	1	6	9	1	2	7	3	1	9	8	1	1	1	7
ANULAR 2	8	1	3	5	8	1	10	9	8	10	1	8	6	9	10	9	7	7	8	2	8
MEÑIQUE 1	9	1	2	5	8	1	10	9	1	10	7	9	7	10	10	8	8	7	8	7	1

Figura 6. Gráfica de valores de referencia la detección de dactilología de la LSM

Trabajo a futuro

Continuar las investigaciones para lograr solventar la variación por alteraciones genéticas y trauma a través de la aplicación de redes neuronales e inteligencia artificial.

Conclusiones

El Guante multisensorial para el reconocimiento de dactilología de la LSM, fue diseñado de un tamaño estándar, con el propósito de que las personas Sordas, logren la comunicación con oyentes, así como contribuir a la inclusión a la educación regular. Al ser manipulado por el ser humano, dicho guante se adapta a la condición de su mano; sin embargo, se localizaron casos en los cuales se presentó una variación considerable de los resultados esperados 30.30%. Dentro de las causas para la inhibición de la flexibilidad o extensión de la mano, se encontraron alteraciones congénitas, lesiones y traumas, como pueden ser: tamaños en la mano, diferente forma de articular, limitaciones por fracturas, deformidades generales. Debido a esto, es importante implementar algunas metodologías para reducir este factor como lo son “Metodología para estandarizar reconocimiento de dactilología en Lengua de Señas Mexicana mediante un guante multisensorial” (Álvarez, 2017); “Guante multisensorial para dactilología con respuesta mejorada mediante el empleo de bluetooth y regresión lineal” (Álvarez, 2018); “Entrenamiento de una red neuronal para el reconocimiento de imágenes de Lengua de Señas capturadas con sensores de profundidad” (Rivas P., 2017).

Referencias

1. Comisión de Política Gubernamental en Materia de Derechos Humanos. (Glosario de términos sobre discapacidad.12, 23

2. Pérez, M. E. (2011). Manos con Voz, Diccionario de lengua de señas mexicana. ISBN 978-607-9134-01-3 (Libre Acceso).
3. Álvarez Torres Norma Angélica. (2017). Metodología para estandarizar reconocimiento de dactilología en Lengua de Señas Mexicana mediante un guante multisensorial. Revista Exploratoris, 188-202.
4. Álvarez Torres Norma Angélica. (2018). Guante multisensorial para dactilología con respuesta mejorada mediante el empleo de bluetooth y regresión lineal, Revista de Prototipos Tecnológicos, ISSN 2444-4995, 23-31
5. Aguilar González Ma. Luisa, M. C. (2009). El derecho a la educación de las personas con discapacidad, Secretaría de Salud y Consejo Nacional para las Personas con Discapacidad. Revista electrónica accesos, estilo de vida y discapacidad, http://revistaccesos.com/pdf/accesos12.pdf , P 16-19
6. INEGI. (2010). *Cuéntame, población*. Obtenido de Discapacidad en México: http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P
7. Luz Amparo Arias López, Biomecánica y patrones funcionales de la mano, Morfologia, vol4, num1, 2012
8. Revista Mídica del IMSS, Guia clínica para la atención de lesiones traumáticas de la mano , 2003, vol.41, 109-122
9. Ramirez Carlos E. Trauma de mano: diagnóstico y manejo inicial. Revista de la Universidad Industrial Santander. Salud, Vol.40, Num1 , 2008, pp. 37-44, Colombia, issn:0121-0807
10. Materias del departamento de Bioloxía e Xeoloxía, Anatomía aplicada 1BAC, (Curso 18 - 19) https://sites.google.com/site/anatomiaaplicada1baccurso1516/01--conceptos-basicos
11. Martínez Larrate José Pedro. El síndrome de hipelaxitud articular en la práctica clínica diaria. Revista Cubana de Reumatología. Vol XV, Número 1, 2013 ISSN: 1817-5996
12. Rivas P. Entrenamiento de una red neuronal para el reconocimiento de imágenes de Lengua de Señas capturadas con sensores de profundidad. Mem. ELECTRO. Vol.39. pp 55-59,2017. Chihuahua, Chih., México. ISSN 1405-2172

 ISSN 2007-8102

CARACTERIZACIÓN DE LA INTENCIÓN EMPRENDEDORA DE JÓVENES UNIVERSITARIOS

Z. Escamilla Salazar, F. Ochoa Flores[1], I. Nava González [2]
[1]Proferes investigadores Centro Universitario Atlacomulco, Universidad Autónoma del estado de México
[2]Lic. Administración, Egresado del C.U. UAEM Atlacomulco
** zugaidees@hotmail.com*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La importancia que genera la creación de empresa es crucial para la economía de los países, de las propias regiones donde estas se establezcan, es por ello la necesidad de impulsar a los individuos a ser emprendedores, por lo tanto, una gran labor entre las universidades es enfocarse en formar a los estudiantes en cuestiones de emprendimiento dotándolo de capacidades y destrezas para la puesta en marcha de un negocio. El objetivo principal de este trabajo es describir las características de los factores de intención emprendedora entre los jóvenes estudiantes de tres Licenciaturas del Centro Universitario Atlacomulco. Los principales resultados muestran que estos factores están más presenten en dos de las tres licenciaturas de la muestra seleccionada.

***Palabras clave**: Intención, emprendimiento, empresas, estudiantes.*

Abstract

The importance generated by the creation of a company is crucial for the economies of the countries, of the regions where they are established, that is why the need to impulse to the individuals to be entrepreneurs, therefore a great work among universities is focus on training students in entrepreneurship issues by providing them with skills and abilities to start a business. The main objective of this work is to describe the characteristics of the entrepreneurial intention factors among the young students of three Bachelor's degrees of the Atlacomulco University. The main results appear that these factors are more present in two of the three bachelor's degrees of the selected sample.

***Key words**: intention, entrepreneurial, business, students.*

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

Introducción

Es innegable el impacto económico que genera crear empresas, es por esto que tanto los gobiernos como la academia se centran en la creación, fortalecimiento y supervivencia de las micro pequeñas y medianas empresas, no solo en el país sino en todo el mundo (García, Martínez y Fernández 2007; Gómez 2004), sin embargo, Ackerman y Cervilla (2007), señalan que las economías tienen un reto importante el cual es impulsar a los individuos a ser emprendedores, así mismo los autores antes mencionados hacen referencia a la labor tan importante que tienen las universidades las cuales deben centrarse en formar a los estudiantes en cuestiones de emprendimiento dotándolo de capacidades y destrezas para la puesta en marcha de un negocio, y no solo para la búsqueda de un empleo, así mismo afirman que "la educación en emprendimiento debería ser un tema de atención en la formación profesional de los graduados universitarios".

En este contexto, la investigación respecto a la intención para emprender en universitarios se ha estado generando a nivel mundial, trabajos como los de Krueger (2000), y más recientes los de Liñán y Santos (2006), demuestran la importancia que genera dicho estudio, argumento que avala Soria, Zuniga y Ruiz (2016) quienes afirman que la intención emprendedora favorece la puesta en marcha de un negocio. La revisión de la literatura respecto a este constructo muestra tres modelos teóricos básicos en el estudio de las intenciones, siendo el de Shapero y Sokol (1982), el de Ajzen (1991), y el de Krueger y Brazeal (1994), el primero se centra en el evento empresarial o también conocido por las siglas en inglés Entrepreneurial Event Model (EEM), el segundo hace referencia a la Teoría del Comportamiento Planificado (TCP), y el tercero se enfoca en el potencial empresarial o también conocido por las siglas en ingles Entrepreneurship Potencial Model (EPM). Siguiendo este orden de ideas, se encontraron estudios que abordan los modelos teóricos antes mencionados y centrados en estudiantes universitarios de diferentes partes del mundo tal es el caso de Liñan y Chen (2006) y Alonso (2012), Hernández y Moncada y Henao (2018), con orígenes en países como España, Colombia, puerto Rico y México.

Muchas posturas se encuentran sobre el concepto de intención emprendedora entre las que se encuentran los pioneros Bird (1988) y Krueger (1994), sin embargo, para efectos del presente trabajo nos apoyamos en el trabajo de Rueda, Fernández y Herrero (2012) sobre intención emprendedora y se han extraído las variables que miden dicha intención sobre jóvenes universitarios, así mismo, se considera al emprendedor universitario como un potencial emprendedor de acuerdo a la clasificación que el Global entrepreneurship monitor (GEM) realiza, en tanto este trabajo se apoya de Mueller y Thomas, 2000; Gupta, Turban, Wasti, y Sikdar, 2009, quienes definen al emprendedor potencial como aquel individuo que aún no ha decidido una profesión empresarial y es susceptible a mostrar interés por iniciar un negocio en el futuro. Por tanto, Rueda et. al. (2012) incluye tres grupos de factores para analizar la intención emprendedora siendo el primer grupo de factores la percepción hacia el emprendimiento, la influencia social respecto al emprendimiento, y el último grupo de factores las habilidades y capacidades asociadas al emprendimiento.

Cabe destacar que el presente trabajo solo mostrará resultados parciales del primer grupo de factores que es percepción hacia el emprendimiento, que a su vez incluye los indicadores recompensas económicas, independencia, recompensas personales, seguridad, patrimonio personal, riesgo económico, tiempo limitado, temor a fracasar, reparos financieros, cargas fiscales, desconocimiento sobre las regulaciones. En este orden de ideas nuestra postura se basa en que estos indicadores se relacionan en los estudiantes del centro universitario Atlacomulco, dicho centro universitario pertenece a la Universidad Autónoma del Estado de México, cuenta con seis carreras, entre ellas las licenciaturas en Administración, en contaduría e informática administrativa las cuales integran en la currícula materias como Administración de las Pymes y Proyectos de inversión en los últimos semestres de la formación académica del estudiante. Por tanto, nuestra postura radica en que los indicadores antes mencionados se relacionan entre los alumnos de estas tres licenciaturas para la intención emprendedora que los conduzca a la puesta en marcha de un negocio.

Metodología

Para la presente investigación considera al total de alumnos de los seis programas educativos que ofrece el Centro Universitario, por tanto, para el ciclo escolar otoño 2018-A, de acuerdo con datos proporcionados por una de las secretarias del departamento del control escolar de dicho centro universitario cuenta con 1,376 alumnos. Sin embargo, cabe destacar se elaboró un muestreo estratificado dando como resultado la siguiente distribución: 86 alumnos pertenecientes a la licenciatura en Administración, 76 a la licenciatura de Contaduría y 55 a la licenciatura en Informática Administrativa. Es importante señalar que el muestreo estratificado consistió en dividir en segmentos la población y seleccionar una muestra para cada segmento, implementando la fórmula propuesta por Hernández, Fernández y Baptista (2010).

Para el desarrollo de la presente investigación, se retoma el instrumento de medición llamado el cuestionario con base a Rueda, Fernández y Herrero (2012), conformado por 34 preguntas, de las cuales una pregunta abierta correspondiente a la edad de la alumna con intención emprendedora, dos preguntas de opción múltiple para seleccionar la carrera que se cursa y el semestre en que se encuentra, tres preguntas dicotómicas cerradas para contestar si se tiene experiencia laboral, familiar emprendedor y si es propietario de algún negocio, en las cuales se aplica si y no como respuestas. Así mismo, una pregunta en escala de Likert con cinco posiciones para contestar si se tiene la intención de crear una empresa (1=No, nunca, 2=No, pero integrarme en empresa familiar, 3=Si, vagamente, 4=Si, seriamente, 5=Si, firme propósito). Veintisiete preguntas que se miden a través de escalas Likert de cinco posiciones (donde 1 significa desacuerdo total con la afirmación planteada y 5 acuerdo total), percepción hacia el emprendimiento constituido por once planteamientos, la influencia social percibida respecto a esta conducta contiene 8 planteamientos y las habilidades y capacidades asociadas al emprendimiento compuesto por ocho planteamientos.

Para el proceso de análisis de los datos se realizó una verificación minuciosa de los instrumentos de medición denominados “cuestionarios” aplicados durante los meses de noviembre y diciembre del 2018, para evitar distorsión de los estadísticos. Por lo tanto, se revisó que los cuestionarios correspondieran a los alumnos universitarios, se verificó que todas las preguntas se encontraran contestadas. Posteriormente, se registraron los datos obtenidos del cuestionario en una hoja de datos Excel, misma que se transportó al programa estadístico SPSS versión 19 para las ciencias sociales y se procedió al análisis y codificación de los datos. Cabe recalcar que debido a que el presente trabajo solo muestra un grupo de factores cual es percepción hacia el emprendimiento, por tanto se muestra la codificación de los indicadores que la integran así como la variable dependiente la cual es intención de crear una empresa en el futuro, en esta investigación dicha variable hace referencia al estado de alerta que detecta oportunidades de negocio del individuo que aún no ha decidido emprender pero que en un futuro podría iniciar la puesta en marcha de un negocio.

Así mismo, factores correspondientes al grupo de Percepción hacia el emprendimiento (creencias positivas y negativas) son once, siendo estos, las recompensas económicas, Independencia/autonomía, recompensas personales, seguridad familiar y personal, invertir y conseguir un patrimonio personal, riesgo económico, tiempo limitado para otras actividades por tener que trabajar demasiadas horas, temor a fracasar y quedar en ridículo, reparos financieros (falta de capital inicial), cargas fiscales, desconocimiento sobre regulaciones para poner en marcha una empresa, por tanto la actitud es resultado de las creencias de los sujetos respecto al comportamiento y sus consecuencias, y de la importancia que se otorgue a dichas creencias. De este modo, las creencias positivas respecto al emprendimiento tienen un efecto positivo en la intención de crear un negocio propio, mientras que las creencias negativas actúan como una barrera al comportamiento (Rueda, Fernández y Herrero, 2012), para esta investigación se hacen once planteamientos sobre lo que los emprendedors potenciales creen respecto al acto de emprender y se miden con una escala de Likert de 5 posiciones donde 1 significa desacuerdo total y 5 acuerdo total con el planteamiento. Cabe destacar que se realizó la prueba de fiabilidad *alfa* (α) *de Cronbach,* resultando que el grupo de factores percepción al emprendimiento .726, rebasa los establecidos por Hair, Anderson, Tatham, y Black (1999) consideran aceptables valores que van de 0.05 a 0.09.

Resultados

A continuación, se describirán los estadísticos de frecuencia de las variables incluidas en el presente trabajo, primeramente, se detallan los resultados de la variable dependiente. Por tanto, para la licenciatura en Administración, solo el 1.2% $(n = 1)$ de los estudiantes no piensan en emprender algún negocio, mientras que el 1.2% $(n = 1)$ piensan en integrarse a una empresa familiar, también se tiene 5.8% $(n = 5)$ de ellos si piensas vagamente en crear su propia empresa, en cuanto el 29% $(n = 25)$ están pensando seriamente en aprovechar una oportunidad de negocio para emprender y por último el 62.8% $(n = 54)$ tienen el firme propósito de crear su propia empresa. En cuanto a la licenciatura de Contaduría un 14.1% $(n = 11)$ de ellos si piensa vagamente en crear su propia empresa, en cuanto el 24.4% $(n = 19)$ están pensando seriamente en aprovechar una oportunidad de negocio para emprender y por último el 61.5% $(n = 48)$ tienen el firme propósito de crear su propia empresa. Así mismo para el área de Informática Administrativa, solo el 3.6% $(n = 2)$ piensan en integrarse a una empresa familiar, también se tiene 16.4% $(n = 9)$ de ellos si piensa vagamente en crear su propia empresa, en cuanto el 25.5% $(n = 14)$ están pensando seriamente en emprender y por último el 54.5% $(n = 30)$ tienen el firme propósito de crear su propia empresa.

Por otro lado, se muestran los resultados del análisis de frecuencia del grupo de factores percepción hacia el emprendimiento (creencias positivas y negativas). El primer indicador corresponde a recompensas económicas, para la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 1.2% $(n = 1)$ están en desacuerdo total, mientras que 1.2% $(n = 1)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 16.3% $(n = 14)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 33.7% $(n = 29)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 47.7% $(n = 41)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo que 3.8% $(n = 3)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 10.3% $(n = 8)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 43.6% $(n = 34)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 42.3% $(n = 33)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo que 1.8% $(n = 1)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 10.9% $(n = 6)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 47.3% $(n = 26)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 40% $(n = 22)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Administración con 47.7% $(n = 41)$.

En cuanto al indicador independencia/autonomía para la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 1.2% $(n = 1)$ están en desacuerdo total, mientras que 2.3% $(n = 2)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 5.8% $(n = 5)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 22.1% $(n = 19)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 68.6% $(n = 59)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 1.3% $(n = 1)$ están en desacuerdo total, enseguida de esto él 7.7% $(n = 6)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 25.6% $(n = 20)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 65.4% $(n = 51)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 10.9% $(n = 6)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 41.8% $(n = 23)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 47.3% $(n = 26)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Administración con 68.6% $(n = 59)$.

En cuanto al indicador **Recompensas personales, en** la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 1.2% $(n = 1)$ están en desacuerdo total, mientras que 1.2% $(n = 1)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 7% $(n = 6)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 26.6% $(n = 23)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 64% $(n = 55)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados él 6.4% $(n = 5)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 34.6% $(n = 27)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 59% $(n = 46)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo

al número total de estudiantes encuestados se obtuvo él 7.3% $(n = 4)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 32.7% $(n = 18)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 33% $(n = 60)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Administración con 64% $(n = 55)$.

En cuanto al indicador Seguridad familiar, en la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 2.3% $(n = 2)$ están en desacuerdo total, enseguida de esto él 9.3% $(n = 8)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 30.2% $(n = 26)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 58.2% $(n = 50)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo que 3.8% $(n = 3)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 10.3% $(n = 8)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 23.1% $(n = 18)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 62.8% $(n = 49)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo que 3.6% $(n = 2)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 7.3% $(n = 4)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 29.1% $(n = 16)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 60% $(n = 33)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Contaduría con 62.8% $(n = 50)$.

En cuanto al indicador patrimonio personal, en la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 1.2% $(n = 1)$ están en desacuerdo total, mientras que 1.2% $(n = 1)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 4.6% $(n = 4)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 26.7% $(n = 23)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 66.3% $(n = 57)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo él 5.1% $(n = 4)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 20.5% $(n = 16)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 74.4% $(n = 58)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 1.2% $(n = 1)$ están en desacuerdo total, mientras que 1.2% $(n = 1)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 5.5% $(n = 3)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 23.6% $(n = 13)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 67.3% $(n = 37)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Contaduría con 74.4% $(n = 58)$.

En cuanto al indicador **Riesgo económico en** la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 5.8% $(n = 5)$ están en desacuerdo total, mientras que 9.3% $(n = 8)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 31.4% $(n = 27)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 30.2% $(n = 26)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 23.3% $(n = 20)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 3.8% $(n = 3)$ están en desacuerdo total, mientras que 6.4% $(n = 5)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 51.3% $(n = 40)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 23.1% $(n = 18)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 15.4% $(n = 12)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 3.6% $(n = 2)$ están en desacuerdo total, mientras que 10.9% $(n = 6)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 32.7% $(n = 18)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 29.1% $(n = 16)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 23.6% $(n = 13)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Informática Administrativa con 47.7% $(n = 13)$.

En cuanto al indicador **Tiempo limitado, en** la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 4.7% $(n = 4)$ están en desacuerdo total, mientras que 12.8% $(n = 11)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 29.1% $(n = 25)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 33.7% $(n = 29)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 19.8% $(n = 17)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 7.7% $(n = 6)$ están en desacuerdo total, mientras que 17.9% $(n = 14)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él

38.5% $(n = 30)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 25.6% $(n = 20)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 10.3% $(n = 8)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 1.8% $(n = 1)$ están en desacuerdo total, mientras que 21.8% $(n = 12)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 43.6% $(n = 24)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 25.5% $(n = 14)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 7.3% $(n = 4)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Administración con 19.8% $(n = 17)$ en un acuerdo total.

En cuanto al indicador **Temor a fracasar, en** la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 23.3% $(n = 20)$ están en desacuerdo total, mientras que 17.4% $(n = 15)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 33.7% $(n = 29)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 12.8% $(n = 11)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 12.8% $(n = 11$están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 29.5% $(n = 23)$ están en desacuerdo total, mientras que 17.9% $(n = 14)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 32.1% $(n = 25)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 14.1% $(n = 11)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 6.4% $(n = 5)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 18.2% $(n = 10)$ están en desacuerdo total, mientras que 30.9% $(n = 17)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 32.7% $(n = 18)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 16.4% $(n = 9)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 1.8% $(n = 1)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Administración con 12.8% $(n = 11)$ en un acuerdo total.

En lo que respecta al indicador r**eparos financieros, la** licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 4.7% $(n = 4)$ están en desacuerdo total, mientras que 11.6% $(n = 10)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 39.5% $(n = 34)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 26.7% $(n = 23)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 17.5% $(n =15)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 6.4% $(n = 5)$ están en desacuerdo total, mientras que 10.3% $(n = 8)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 42.3% $(n = 33)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 26.9% $(n = 21)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 14.1% $(n = 11)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 7.3% $(n = 4)$ están en desacuerdo total, mientras que 5.5% $(n = 3)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 43.6% $(n = 24)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 27.3% $(n = 15)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 16.4% $(n = 9)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Administración con 17.5% $(n = 15)$ en acuerdo total.

En cuanto al indicador **cargas fiscales**, para la licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 8.1% $(n = 7)$ están en desacuerdo total, mientras que 10.5% $(n = 9)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 40.7% $(n = 35)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 23.3% $(n = 20)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 17.4% $(n = 15)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 10.3% $(n = 8)$ están en desacuerdo total, mientras que 16.7% $(n = 13)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 39.7% $(n = 31)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 23.1% $(n = 18)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 10.3% $(n = 8)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 10.9% $(n = 6)$ están en desacuerdo total, mientras que 10% $(n = 18.2)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 43.6% $(n = 24)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 18.2% $(n = 10)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 9.1% $(n = 5)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Administración con 17.4% $(n = 15)$ en acuerdo total.

Por último, para el indicador **desconocimiento sobre regulaciones, en cuanto a la** licenciatura en Administración, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 12.8% $(n = 11)$ están en desacuerdo total, mientras que 16.3% $(n = 14)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 38.4% $(n = 33)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 20.9% $(n = 18)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 11.6% $(n = 11)$ están de acuerdo total. Para el área de Contaduría, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 23.1% $(n = 18)$ están en desacuerdo total, mientras que 17.9% $(n = 14)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 38.5% $(n = 30)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 12.8% $(n = 10)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 7.7% $(n = 6)$ están de acuerdo total. Así mismo para la carrera de Informática Administrativa, de acuerdo al número total de estudiantes encuestados se obtuvo 7.3% $(n = 4)$ están en desacuerdo total, mientras que 9% $(n = 16.4)$ están parcialmente en desacuerdo, enseguida de esto él 36.4% $(n = 20)$ no está ni desacuerdo ni de acuerdo, también nos muestra que él 25.5% $(n = 14)$ están parcialmente de acuerdo y por último el 8% $(n = 14.5)$ están de acuerdo total. Cabe destacar que en la Licenciatura que más frecuencia se presenta este indicador es la de Informática Administrativa con 14.5% $(n = 8)$ en acuerdo total.

Trabajo a futuro

Cómo ya se mencionó en el transcurso del escrito, el presente trabajo solo muestra estadísticos de frecuencia que caracterizan a los estudiantes de tres de seis programas educativos que oferta en Centro Universitario UAEM Atlacomulco, queda mucho trabajo por realizar, primeramente, integrar los otros programas, para realizar comparativos y estudios con estadística inferencial para detectar la relación que estas tienen sobre el emprendedor potencial; que en este caso son los estudiantes. Así mismo, realizar una revisión de la literatura profunda a fin de detectar otras variables estudiadas e integrarlas a este estudio.

Conclusiones

A partir del objetivo general planteado en este trabajo, el cual fue describir las características de los factores de intención emprendedora entre los jóvenes estudiantes de tres Licenciaturas del Centro Universitario Atlacomulco. Se concluye los siguiente: A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación para el grupo del factor percepción hacia el emprendimiento (creencias positivas y negativas) se muestra que el indicador recompensas económicas tuvo un porcentaje de frecuencia relevante para el área de Administración, Contaduría e Informática Administrativa, esto se relaciona con el estudio de Bygrave y Zacharakis (2011), por otro lado, el indicador que mostro importancia es el de autonomía/independencia, que permite poner en marcha las ideas propias en el alumno como organizar sus actividades conforme a sus necesidades ajustado a su vida laboral y familiar.

Por otra parte, los indicadores recompensas personales y seguridad familiar y personal mostraron unos porcentajes de frecuencia relevante en dos licenciaturas, siendo estas Administración y Contaduría, es decir, los alumnos perciben la puesta en marcha de un negocio como algo que puede permitir consolidarse en lo económico y por ende recibir la seguridad familiar tan deseada por los individuos, como los de Canales, Román y Ovando (2017), se relacionan con esta percepción. Para el caso del indicador patrimonio personal, en las tres licenciaturas se tuvo porcentajes elevados de frecuencia. Mismos resultados muestran las variables tiempo limitado, y cargos fiscales, los cuales resultan importantes para las tres licenciaturas, dichos resultados se relacionan con estudios como el de Sánchez, Blanco y Rueda (2008), mientras que en las áreas de Informática Administrativa y Contaduría no resultaron significantes.

Referencias

1. Ackerman, B., Cervilla, M. A. (2007). La cátedra de emprendimiento como estrategia para la creación de una cultura emprendedora en la universidad Simón Bolívar. VII Reunión Nacional de Currículo I Congreso Internacional de Calidad e Innovación en Educación Superior. Caracas, Venezuela.

2. Alonso Galicia, Patricia Esther (2012). La configuración de la intención emprendedora entre académicos responsables de proyectos de investigación en España. Un enfoque de género. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Cantabria. En: http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/96916/TesisPEAG.pdf;jsessionid=3144246F23B900027B183 76D9D5B2F09?sequence=1

3. Ajzen, I. (1991): "The theory of planned behavior", Organizational Behavior and Human Decision Processes, vol. 50, pp. 179-211
4. Bygrave, W. y Zacharakis, A. (2011), Entrepreneurship, Willey and Sons.
5. Bird, B. (1988). Implementing entrepreneurial ideas: The case for intention. Academy of Management Review, 13(3), pp: 442-453.
6. Canales G. R. A, Román, S, Y. G., Ovando, A. W. (2017). Emprendimiento de la población joven en
7. México. Una perspectiva crítica. Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 5, núm. 12, 2017. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457650040001
8. García, R.C., Martínez, C.A., Fernández, G.R. (2007). Análisis de los factores determinantes de la creación de empresas: Una evidencia empírica en Castilla y León. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2487531.pdf
9. Gupta,V.,Turban, D., Wasti, A. y Sikdar, A. (2009). The role of gender stereotypes in perceptions of entrepreneurs and intentions to become an entrepreneur. Entrepreneurship: Theory & Practice. 5(7) 683777.
10. Gómez, N.L. (2004). Creación de empresas y estrategia. Reflexiones desde el enfoque de recursos. Pensamiento y gestión, 17 Universidad del Norte, 112-133. Recuperado de: http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/viewFile/3609/2325
11. Hair, F. J., Anderson R., Tatham, R. y Black, W. (2008). Análisis multivariante. Ed. Paerson – Prentice Hall, Madrid España.
12. Hernández, L. D. M., Moncada, T., J. F., y Henao, C. L. C. (2018). Intención emprendedora de los empleados del sector privado de la ciudad de Medellín y su Área Metropolitana. Revista CEA, 4(8), 1333.
13. Hernández, R., Fernández C. y Baptista P. (2006). Metodología de la investigación. Cuarta edición, México: McGraw-Hill.
14. Krueger, N.F., Reilly, M.D. y Carsrud, A. (2000). Competing models of entrepreneurial intentions. Journal of Business Venturing, Vol. 15, pp.411-432.
15. Krueger, N.F., y Brazeal, D.V. (1994). Entrepreneurial Potential and Potential Entrepreneurs. Entrepreneurship Theory and Practice 18(3), 91-104.
16. Liñán, A. F., Santos, C. F. J. (2006). La influencia del capital social sobre los empresarios potenciales. Estudios de Economía Aplicada vol. 24-2, 2006. págs. 459-489. Recuperado de: www.redalyc.org/articulo.oa?id=30113180006
17. Liñán, F. and Chen, Y. (2009), "Development and cross-cultural application of a specific instrument to measure entrepreneurial intentions", Entrepreneurship: Theory and Practice, Vol. 33 No. 3, pp. 593-617.
18. Mueller, S. y Thomas, S. (2000). Culture and entrepreneurial potential: A nine country study of locus of control and innovativeness. Journal of Business Venturing, 16(5), 51-75.
19. Rueda, I., Fernández, A. y Herrero ,A. (2012). Estudiantes universitarios y emprendimiento: determinantes psicológicos de la intención de creación de un negocio propio. FAEDPYME International Review, vol. 1 (2), 9-15.
20. Sánchez, L., Rueda, I.,Fernández, A.,Herrero, A. y Blanco, B.(Septiembre 2013). ¿Puede el emprendedor fomentar la intención emprendedora en su entorno social cercano?, Documento presentado en XVII Congreso AECA Ética y emprendimiento: valores para un nuevo desarrollo, Pamplona, España
21. Soria, B.K., Zuniga, J.S., Ruiz, C.S. (2016). Educación e Intención Emprendedora en Estudiantes Universitarios: Un Caso de Estudio. Formación Universitaria Vol. 9(1), 25-34 (2016) doi: 10.4067/S0718-50062016000100004. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v9n1/art04.pdf
22. Shapero, A. y Sokol, L. (1982). The social dimensions of entrepreneurship en Kent, C.A.; Sexton, D.L. y Vesper, K.H. (dir.). Encyclopedia of entrepreneurship, Ed. Prentice-Hall INC.

Pertinencia Curricular con el Sector Laboral Regional de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables

V. A. Romo García[1], S. Torres Álvarez[1], N. A. Álvarez Torres[2], O. Velarde Anaya[2], M. B. Rodríguez Arenas[1].*
[1]Carreras de Mantenimiento Industrial y Energías Renovables, Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora, Av. Universidad No. 271, Col. Universitaria, C.P. 84094, Nogales, Sonora, México.
[2]Carrera de Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora, Av. Universidad No. 271, Col. Universitaria, C.P. 84094, Nogales, Sonora, México.
**veronicaromo@utnogales.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Se desarrolló el proceso de análisis de pertinencia en la región de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables, con el objetivo de definir si existen necesidades laborales al respecto. Este trabajo se realizó con el apoyo y participación activa de los representantes del sector empresarial, educativo, gubernamental y de investigación, para así poder determinar las necesidades del contexto laboral de mayor relevancia.
Se aplicó la metodología de recolección de información, misma que nos daría la pauta como Institución de soportar la factibilidad y concordancia para la apertura del mencionado programa educativo en la UTN (Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora).
Esta metodología permitió detectar las necesidades de un profesionista relacionado a las energías renovables y cuyas habilidades psicomotoras, cognoscitivas y socio afectivas, serán requeridas para satisfacer la necesidad de capital humano especializado a nivel Ingeniería en la ciudad fronteriza de Nogales, Sonora.

***Palabras clave**: Pertinencia, energías renovables, metodología, factibilidad.*

Abstract

The pertinent analysis process was developed in the Engineering Renewable Energy Engineering region, with the objective of defining if there are labor needs in this regard. This work was carried out with the support and active participation of the representatives of the business, educational, governmental and research sectors, in order to determine the needs of the labor context of greater relevance.
The information collection methodology was applied, which would give us the guideline as an Institution to support the feasibility and agreement for the opening of said educational program in the UTN (Technological University of Nogales, Sonora).
This methodology allowed us to detect the needs of a professional related to renewable energies and whose psychomotor, cognitive and socio affective abilities will be required to satisfy the need for specialized human capital at Engineering level in the border city of Nogales, Sonora.

***Key words**: Relevance, Renewable Energies, Methodology, Feasibility.*

Introducción

"*La forma en que se eslabonan los intentos educativos con los intereses empresariales parece un tema de amplio debate. Por ejemplo, Pablo González Casanova apunta que se asume como dogma que "los intereses particulares de las compañías corresponden al interés general de la sociedad", parecería, siguiendo con este autor, que "la empresa privada representa los intereses de todos" (González Casanova, 2001:35). Villa (1997), por su parte, señala que en los diversos intentos por estrechar los vínculos entre el sistema de educación superior con el sector privado, éste es el "gran ausente". En contraposición a estas posiciones, Daniel Reséndiz expresó que la "industria brinda un gran apoyo a las Universidades Tecnológicas, particularmente cuando tiene plena conciencia de los beneficios que éstas ofrecen."* (Flores, 2009).

Por lo anterior se genera este artículo donde se presenta la información obtenida como resultado del trabajo realizado en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora, con el objetivo de analizar la factibilidad de la apertura de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables.

Por lo que nos dimos a la tarea de trabajar en los planes de estudio de dicha carrera para que contemplen los requerimientos y expectativas del sector productivo, es por lo cual que toda la información que aparece en este reporte ha sido generada y validada por el personal representante de empresas, industrias, academia y de las dependencias de gobierno que se relaciona a proyectos energéticos sustentables. Obteniendo así, los perfiles, expectativas, oportunidades laborales y respuesta a la interrogativa de que si es pertinente a la región la carrera de Ingeniería en Energías Renovables.

"El diseño curricular por competencias se debe considerar desde una perspectiva dialéctica, donde las etapas que se van "alcanzando", potencian exponencialmente hacia nuevos comportamientos y nuevas competencias cada vez más complejas. Dado que el desempeño en una tarea implica conocimientos, habilidades, actitudes y valores, esto es indicativo de que el logro de la tarea conlleva a cambios en cualesquiera de los elementos constitutivos y, a su vez, el cambio en cualesquiera de los elementos constitutivos de la tarea afecta en su desempeño…" (Núñez, 2003).

Metodología

Trabajo en equipo

En base a todo lo establecido aquí, y de acuerdo con la guía del Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral (CONOCER), se llevó a cabo la metodología propuesta para obtener información relevante al respecto de nuestra investigación y trabajo de pertinencia educativa. Para lograrlo, se contó con la participación del siguiente equipo de trabajo:

- Moderador, facilitadores y observadores, quienes tuvieron la responsabilidad de generar la dinámica de la reunión y aplicar los mecanismos de recolección de información, ubicar funciones propias del profesionista en el área de las Energías Renovables, registrar y analizar la información proveniente del personal de las empresas participantes.
- Secretaria, quien fue responsable de registrar la información proveniente del personal de las instituciones participantes.
- Representantes del sector relacionado al diagnóstico, evaluación e implementación de proyectos de Energías Renovables, que proporcionaron información para definir los requerimientos que debe cumplir un profesionista a nivel Ingeniería en Energías Renovables; a fin de satisfacer las necesidades de capital humano especializado en sus empresas.

Definición y funciones principales

Para que un país tenga progreso económico y social (Casas, R., & Valenti, G. 2000) debe existir desarrollo científico, tecnológico e innovación, por tanto se requiere una sólida vinculación entre universidades, centros de investigación y el sector privado.

Los especialistas reunidos en el ejercicio, coincidieron en las tareas clave del sector y las agruparon por función productiva y con base en esta clasificación se formuló un propósito principal del Ingeniero en Energías Renovables, el cual se establece de la siguiente manera:
"Desarrollar sistemas de energías renovables mediante el diseño de soluciones innovadoras, administrando el capital humano, recursos materiales y energéticos para mejorar la competitividad de la empresa y contribuir al desarrollo sustentable de la región".

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND, 2013) en el enfoque de educación, pretende lograr un México con Educación de Calidad apoyándose en sus 5 puntos principales, entre los que destacan dos, 1: La vinculación de la educación con las necesidades sociales y económicas, que menciona la percepción que tienen algunos jóvenes sobre que la educación no les proporciona las herramientas necesarias para lograr éxito profesional y 2: ciencia, tecnología e innovación que entre otras cosas refiere la importancia de que las empresas aprovechen

las capacidades existentes en las instituciones de educación superior y centros de investigación, para que vayan de la mano en la búsqueda de mecanismos de vinculación que se traduzcan en una mayor productividad.

Por lo que, el profesional requerido en Energías Renovables, deberá ser capaz de desarrollar sistemas de calidad, innovadores y sustentables, así como analizar e identificar las necesidades energéticas de su entorno; mediante la investigación, el diseño y la implementación de soluciones innovadoras, de alta calidad, confiabilidad y seguridad, administrando el capital humano, recursos materiales y energéticos, acorde a las políticas locales y globales de normatividad, con un perfil humanista, ético y social; para mejorar la competitividad de la empresa, contribuir al desarrollo sustentable de la región, al crecimiento económico, bienestar social y al mejoramiento de la calidad ambiental.

Resultados y discusión

Naturaleza del trabajo

"La educación para atacar los efectos del cambio climático, es un tema urgente en la actualidad, considerando que el gas LP y la gasolina aumenta su costo de manera permanente en México y su consumo también, los materiales que difunde la Comunidad de Educadores para la Cultura Científica de la OEI, y en particular sobre Energías; educa no solo a nivel superior, sino a cualquier nivel a los estudiantes, maestros y padres de familia en el uso consciente de los recursos naturales. Es necesario asumir el papel social que le corresponde a cada individuo, para lograr una práctica cotidiana, tanto en las aulas, como en los hogares; una educación renovable para una cultura por la energía renovable. La formación y capacitación especializada; como parte del compromiso que cada individuo debe tener para proteger nuestro hogar, la Tierra, es parte de ese compromiso social." (Torres, M. 2004)

Para complementar el argumento anterior de Torres M. resaltaremos que las energías renovables abarcan diversas áreas de conocimiento, por lo que el perfil del profesionista de Ingeniería en Energías Renovables, debe ser multidisciplinario y capaz de desempeñarse en diversas áreas de trabajo, tales como: empresas e instituciones públicas y privadas, asistencia en el desarrollo de estrategias para el uso eficiente de la energía , administración y calidad, calidad en la energía eléctrica, auditorías, inspecciones y certificaciones energéticas; responsable de montaje de instalaciones solares; responsable de mantenimiento de instalaciones; gestor energético o promotor de programas de eficiencia energética, sector industrial que requiera proyectos, estrategias y planes a favor de su economía empresarial, proyectos turísticos, agrícolas y comerciales de características sustentables, como empresario comercial, desarrollo e implementación de proyectos, renovar sistemas tradicionales, Instalación y uso de maquinaria e instrumentos necesarios.

El Ingeniero en Energías Renovables, podrá desenvolverse en:

- Empresas e instituciones públicas y privadas que requieran, asistencia en el desarrollo de estrategias relacionadas con el uso eficiente de la energía y al aprovechamiento de energías renovables
- Sector Industrial que requieran proyectos, estrategias y planes a favor del aprovechamiento eficiente de la bioenergía, turboenergía, calidad de la energía y energía solar
- Industria que demande proyectos enfocados a la transformación de energía a partir de recursos naturales no contaminantes
- Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que gestionen y apliquen recursos para proyectos de impacto social y sustentable
- Empresas de consultoría enfocadas a realizar proyectos de industria limpia que coadyuven a la disminución de costos energéticos
- Empresas de consultoría enfocadas a realizar proyectos de innovación tecnológica-científica

Y podrá ocupar puestos tales como:

- Gerente del departamento de suministro de energía
- Director de proyectos en eficiencia energética
- Gerente de obra y procesos electromecánicos
- Asesor y consultor en diagnósticos energéticos
- Director de proyectos de ingeniería implementando energías renovables

- Gerente de sistemas, procesos y utilización de la energía eléctrica
- Supervisor de proyectos en obra eléctrica
- Gerente de sistemas, procesos que utilizan energía renovable
- Gerente de diseño y evaluación de nuevos procesos energéticos
- Desarrollador de negocios en eficiencia energética y energías renovables
- Desarrollador de innovación tecnológica-científica
- Entrenador ejecutivo en el área tecnológica-científica.
- Elaboración de proyectos de mejoramiento de la calidad eléctrica de ahorro de energía y de generación eléctrica por medio de fuentes renovables.
- Ingeniero de Planta
- Ingeniero de Nuevos Proyectos
- Ingeniero de Mantenimiento de Equipo
- Ingeniero de Diseño Eléctrico
- Residente de Construcción
- Docente del área Eléctrica
- Consultor de Diagnóstico Energético

La naturaleza y tipo dependerá del tamaño y giro de la empresa donde labore. Esencialmente trabajará en conjunto con otros profesionales y será responsable de sus resultados, así mismo deberá de trabajar con personal dedicado a la operación de procesos y equipo especializado.
Deberá también de estar capacitado para el manejo del recurso humano bajo su supervisión, así como para el trato con los usuarios del equipo o de los clientes, y deberá realizar análisis y estudios sobre costos de la energía, impactando en la competitividad de la empresa, lo cual será tarea fundamental pues determinará su impacto directo en la producción y en el producto final.

Condiciones de trabajo

Considerando las actividades que se llevan a cabo, el ingeniero en energías renovables puede trabajar en oficina, que cuente con la infraestructura adecuada para el desarrollo de sus actividades; así como en campo o industria, que puede ser directamente en la línea de producción, talleres, laboratorios o evaluando el impacto al medio ambiente.
Deberá adaptarse a las condiciones ambientales que presente la organización en las que preste sus servicios. Mantendrá interacción con personal de diversas áreas, con el objetivo de atender los diversos requerimientos de sus superiores, fomentando la seguridad e higiene, así como respetando las leyes y normas vigentes.
Poseerá la habilidad para solucionar la problemática del recurso humano a su cargo, así como seleccionar alternativas diversas para la efectiva toma de decisiones de sus superiores o clientes.
Laborará dentro de un marco de trabajo en equipo, o individual, dependiendo de la naturaleza o características de las operaciones que realizará, por lo que trabajará con gerentes o administradores; otros con personal operativo, supervisores de línea, jefes de cuadrillas, coordinadores o de apoyo técnico.
Se apegará a las normas de la empresa relativas a seguridad, limpieza, imagen, sistemas de calidad, equipo de seguridad, uniforme para el acceso a ciertas áreas de la empresa.

Perspectivas de empleo

La constante preocupación del sector social, la industria manufacturera, automotriz y aeronáutica para eficientar sus procesos con el objetivo de bajar sus costos energéticos, demandan un profesionista que posea las habilidades de atender los requerimientos del sector con calidad, industria, campo, oficina, alumbrado público, plantas de agua potable y pozos, transporte urbano, comunidad, instancias de gobierno, sector productivo, generación de energía eléctrica limpia, propuestas de acción, innovación de manejo de procesos, cumplimiento normativo y sustentable, tecnología, costos, administrativa, procesos de manufactura, operación de la planta, cálculo y diseño, área técnica, unidades de inspección, enfoque de procesos, optimización de tiempos, así como por sus valores, empatía y responsabilidad social. Éste deberá ser capaz de utilizar maquinaria, equipos, herramientas y vehículos de la empresa y tener la destreza en el manejo de tecnologías actuales sea nacional o

 ISSN 2007-8102

del extranjero, por todo ello, los participantes en este taller, coinciden en que la perspectiva de empleo de este profesional es alta.

Organización del trabajo

Tendrá una jornada de 40 a 50 horas de trabajo en la semana y en algunas ocasiones deberá laborar fuera de la misma, y los turnos podrán realizarse durante el día o noche, procurando además la disponibilidad a cualquier hora, en el caso de proyectos especiales que esté operando.

Factores de estrés

El consenso de los participantes en el taller coincide que el ingeniero en energías renovables, trabajará con altos niveles de estrés, debido principalmente a la frecuente presión del tiempo por la naturaleza de los proyectos, calidad de las actividades y factores de riesgo, por la propia naturaleza del proceso, o al manejo de equipo que requiere de alta especialidad, dicha información se encuentra contenida en la Tabla1.

Tabla 1. Los factores de estrés que maneja el ingeniero en energías renovables

Presiones originadas por:	Muy frecuente	Frecuente	Ocasional	No aplica
El tiempo	X			
La cantidad de actividades		X		
Los tipos de actividades		X		
La calidad de las actividades	X			
Las relaciones interpersonales			X	
Repercusiones			X	
Aspectos económicos		X		
Factores de riesgo	X			
Ambiente Laboral		X		

Características psicomotoras

En relación con el esfuerzo físico, es alto, para desarrollar todas las funciones y tareas. La aptitud manual requerida es también alta para todas las funciones. En cuanto a la coordinación motriz deberá ser alta para todas las funciones.

Así mismo, es necesario que su grado de atención y concentración sean muy grandes; ya que, deberá estar atento y perceptivo a las condiciones generales, al medio ambiente a la seguridad industrial y a los riesgos inherentes del equipo industrial.

Entendiéndose los niveles como se definen a continuación:

Fuerza física requerida:	Alta
Aptitud manual:	Alta
Coordinación motriz:	Alta
Grado de atención y concentración:	Alta

Facultades perceptivas

Para el Ingeniero en Energías Renovables, como para cualquier profesionista es indispensable la percepción a través de todos los sentidos de la vista, olfato, oído y tacto.

 ISSN 2007-8102

Características personales

La Tabla 2 confirma las habilidades personales, afectivas y psicológicas que según el grupo de expertos debe reunir el profesionista en ingeniería en energías renovables para realizar sus labores.

Tabla2. Características personales requeridas por el ingeniero en Energías renovables

Habilidades personales y valores profesionales

	Alto	Medio	Bajo
Liderazgo	X		
Destreza manual	X		
Trabajo en equipo	X		
Manejo de conflictos	X		
Manejo de recurso humano		X	
Motivación	X		
Autonomía	X		
Compromiso	X		
Toma de decisión	X		
Sentido de la planificación	X		

Afectivas	Alto	Medio	Bajo
Puntualidad	X		
Honestidad	X		
Ética	X		
Responsabilidad	X		
Juicio	X		
Empatía	X		
Creatividad	X		
Respeto al medio ambiente	X		

Psicológicas	Alto	Medio	Bajo
Estabilidad emocional	X		
Uso correcto del lenguaje	X		
Capacidad para soportar presión	X		
Uso de procesos cognitivos	X		
Racionalismo	X		
Seguridad y dominio personal	X		
Analítico	X		

Condiciones de acceso al mercado de trabajo

Padilla, J. T. y Marúm, E. (2004) mencionan la importancia de establecer vínculos entre las Universidades y las empresas, para que las partes se beneficien mutuamente.

Los asistentes al taller coinciden que se requiere que al egresar, el profesionista sea responsable de llevar a cabo de forma adecuada sus funciones y obligaciones; que se mantenga actualizado sobre los equipos; proponga proyectos atractivos a la sociedad, después de llevar un análisis costo beneficio y tiempo de retorno de inversión; que tenga alto grado de conocimiento en normativas vigentes, legislación ambiental, seguridad industrial; así como habilidades y destrezas para el manejo de equipo especializado.

Mencionan también los dueños de compañías de instalación solar, el interés de contratación del profesional en un lapso corto, al egresar de la universidad.

El Ingeniero en Energías Renovables, podrá desenvolverse en:

- Empresas e instituciones públicas y privadas que requieran, asistencia en el desarrollo de estrategias relacionadas con el uso eficiente de la energía y al aprovechamiento de energías renovables.
- Sector Industrial que requieran proyectos, estrategias y planes a favor del aprovechamiento eficiente de la bioenergía, turboenergía, calidad de la energía y energía solar.
- Industria que demande proyectos enfocados a la transformación de energía a partir de recursos naturales no contaminantes.
- Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que gestionen y apliquen recursos para proyectos de impacto social y sustentable.
- Empresas de consultoría enfocadas a realizar proyectos de industria limpia que coadyuven a la disminución de costos energéticos.

- Empresas de consultoría enfocadas a realizar proyectos de innovación tecnológica-científica.

Y podrá ocupar puestos tales como:

- Gerente del departamento de suministro de energía.
- Director de proyectos en eficiencia energética.
- Gerente de obra y procesos electromecánicos.
- Asesor y consultor en diagnósticos energéticos.
- Director de proyectos de ingeniería implementando energías renovables.
- Gerente de sistemas, procesos y utilización de la energía eléctrica.
- Supervisor de proyectos en obra eléctrica.
- Gerente de sistemas, procesos que utilizan energía renovable.
- Gerente de diseño y evaluación de nuevos procesos energéticos.
- Desarrollador de negocios en eficiencia energética y energías renovables.
- Desarrollador de innovación tecnológica-científica.
- Entrenador ejecutivo en el área tecnológica-científica.
- Elaboración de proyectos de mejoramiento de la calidad eléctrica de ahorro de energía y de generación eléctrica por medio de fuentes renovables.
- Ingeniero de Planta.
- Ingeniero de Nuevos Proyectos.
- Ingeniero de Mantenimiento de Equipo.
- Ingeniero de Diseño Eléctrico.
- Residente de Construcción.
- Docente del área Eléctrica.
- Consultor de Diagnóstico Energético.

La naturaleza y tipo dependerá del tamaño y giro de la empresa donde labore. Esencialmente trabajará en conjunto con otros profesionales y será responsable de sus resultados, así mismo deberá de trabajar con personal dedicado a la operación de procesos y equipo especializado.

Deberá también de estar capacitado para el manejo del recurso humano bajo su supervisión, así como para el trato con los usuarios del equipo o de los clientes, y deberá realizar análisis y estudios sobre costos de la energía, impactando en la competitividad de la empresa, lo cual será tarea fundamental pues determinará su impacto directo en la producción y en el producto final.

Conclusiones

Bautista E. G. (2015) insta a las IES a construir un currículum basado en competencias como mejor opción para que sus egresados se integren al mundo laboral y respondan mejor a las dinámicas de la globalización. De esta manera, la vinculación se ha vuelto una premisa fundamental en el cumplimiento de los objetivos trazados en los planes educativos, compartidos con el sector productivo y el gobierno.

Así bien, el Gobierno Federal, a través de la Secretaria de Energía trabaja en la infraestructura de centros de investigación y desarrollo de energías alternativas renovables para promover el conocimiento del sector eléctrico.

De manera paralela propician invertir en el desarrollo de talento mexicano y en la multiplicación de empresas que impulsen la innovación y el desarrollo de tecnología, que permitan hacer más competitivos al sector de electricidad en el largo plazo. Este fenómeno compromete a las instituciones académicas mexicanas, las cuales tendrán que ofrecer los programas adecuados para certificar a estos profesionales que aseguren que pueden operar de manera segura y eficiente.

Existe una creciente necesidad, tanto local como nacional, de disponer de recursos humanos capaces de diseñar, gestionar y operar sistemas de generación, transporte, distribución y uso de energía que sean sostenibles en el tiempo. El desarrollo sustentable busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de

las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, e involucra los aspectos, económicos, sociales y medioambientales.

Tal y como lo afirman diferentes organizaciones mundiales el crecimiento de las energías limpias es imparable y en los siguientes años veremos crecer la demanda de recursos humanos especializados. Las ofertas laborales del sector eléctrico demandarán profesionista capaces ya que la cadena es bastante larga desde la academia, la innovación, la transferencia tecnológica, la implementación, la producción, hasta la comercialización, el estudio, el registro, la evaluación, la toma de decisiones y hasta la creación de políticas públicas sustentables.

Ante este panorama, la Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora, consciente de las tendencias laborales, académicas, económicas y sociales, realiza este estudio de factibilidad para apertura el programa educativo de Ingeniería en Energías Renovables que venga a atender los requerimientos que se presentan, pero que a la vez garantice su pertinencia en los contenidos para que el profesionista egresado pueda desempeñarse ante los retos del sector productivo.

Parte fundamental que se abordó por todos los participantes en consenso, es que el proceso de aprendizaje, es una actividad que nos acompaña a través de toda la vida. En ese sentido, uno de los aprendizajes más valiosos que las instituciones educativas debemos contribuir, es el de desarrollar la capacidad de aprender de forma autónoma y desarrollar la habilidad de “aprender a aprender”, de modo de permitir que nuestros estudiantes se adapten a una realidad cambiante y no siempre en forma predecible, a lo largo de toda su vida.

Con la participación que se obtuvo de los industriales, gobierno y académicos, en la realización de este taller, se logró capturar sus impresiones y recomendaciones, que sin duda servirán de soporte y orientación para el desempeño de los futuros profesionistas de este programa educativo.

Referencias

1. Bautista, E. G (2015), La importancia de la vinculación universidad-empresa-gobierno en México. Guadalajara, Jalisco. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. Consultada el 09 de junio de 2019 en la liga: https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/106/468
2. Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral (CONOCER), Análisis Ocupacional y Funcional del Trabajo. Revista o publicada por la Cooperación Iberoamericana, consultada el 28 de julio de 2019 en la liga: https://www.oei.es/historico/oeivirt/fp/03a01.htm
3. Energía renovable para una educación renovable, un trabajo interdisciplinario. Torres Montealbán, 2014. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco-México. IBERCIENCIA. Comunidad de Educadores para la Cultura Científica. Recuperado el 17 de junio de 2019 de https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Energia-renovable-para-una
4. Núñez, María. (2003). Guía para el diseño curricular por competencias. Documento de trabajo no publicado. Universidad Autónoma del Estado de México. Recuperado el 27 de mayo de 2019 de http://files.sld.cu/reveducmedica/files/2011/07/guia_para_el_diseno_curricular_por_competencia.pdf
5. PND Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018. Recuperado el 03 de julio de 2019 de http://www.cofemer.gob.mx/documentos/marcojuridico/rev2016/PND%202013-2018.pdf
6. Padilla, J. T. y Marúm, E. (2004). LA VINCULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA CON EL SECTOR PRODUCTIVO. Revista de la Educación Superior. Vol. XXXIII (1), No. 129, Enero-Marzo de 2004, pp. 117-126. ISSN: 0185-2760. Recuperado el 12 de mayo de 2019 de http://publicaciones.anuies.mx/pdfs/revista/Revista129_S4A1ES.pdf
7. Trayectoria del modelo de Universidades Tecnológicas en México (1991-2009). Flores Crespo, P. (2009). Consultada el 22 de junio de 2019 en la liga: http://www.dgei.unam.mx/cuaderno3.pdf

Impulso del Desarrollo Local y Empresarial, un reto de la Práctica Educativa en Educación Superior

M. Villanueva Pimentel[1], M. Tapia Salazar[2], L. Adame Rodríguez[3]*
[123]Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro. Carretera Pátzcuaro-Morelia. Avenida Tecnológico No. 1 Zurumútaro, Pátzcuaro Michoacán, C.P. 61615, México
**mvillanueva@itspa.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En esta investigación se implementó una práctica educativa innovadora en la que se involucra a docentes y estudiantes de las carreras de Ingeniería en Desarrollo Comunitario y de Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro para generar conocimiento participando en propuestas de solución a problemáticas reales de dicho sector. Para lograrlo, se diseñó y aplicó un Test de Diagnóstico para identificar condiciones de organización y funcionalidad del sector empresarial turístico (hoteles y restaurantes) de la localidad de Pátzcuaro, Michoacán, la finalidad fue detectar oportunidades para impulsar el desarrollo local y empresarial. De los resultados obtenidos se infieren las necesidades siguientes: fortalecer el área de planeación estratégica de mercado; análisis de oportunidades de negocio; capacitación y organización de recursos humanos, servicios y políticas. Elaborar un catálogo de cursos de capacitación ofertada a los empresarios fue una propuesta de solución y producto del conocimiento adquirido por los estudiantes participantes en esta metodología educativa.

***Palabras clave**: Práctica Educativa, Educación Superior, Desarrollo Local, Desarrollo Empresarial*

Abstract

In this research, an innovative educational practice was implemented in which teachers and students from the Engineering Degrees in Community Development and Business Management of the Higher Technological Institute of Pátzcuaro are involved to generate knowledge by participating in proposals for solution to real problems of said sector . To achieve this, a Diagnostic Test was designed and applied to identify organizational conditions and functionality of the tourism business sector (hotels and restaurants) of the town of Pátzcuaro, Michoacán, the purpose was to detect opportunities to boost local and business development. The following needs are inferred from the results obtained: strengthen the strategic market planning area; business opportunity analysis; training and organization of human resources, services and policies. Developing a catalog of training courses offered to entrepreneurs was a solution and product proposal of the knowledge acquired by the students participating in this educational methodology.

***Keyword**s: Educational Practice, Higher Education, Local Development, Business Development*

Introducción

La Educación Superior es por excelencia el principal proceso generador del conocimiento de un país que permea su cultura y desarrollo permitiendo alcanzar mejores niveles de vida al formar profesionistas preparados y especializados para atender las necesidades industriales, sociales y ambientales, gestando mentes innovadoras con “nuevas formas de producir y comerciar las cuales requieren nuevas calificaciones laborales en todos los niveles, pero también cambios de actitud y disposición para el aprendizaje” (Espinoza, 2007), y que además “garanticen y contribuyan al bien común mediante sus destrezas, habilidades y conocimientos adquiridos” (Campos, 2007).

Por ello, es necesario que al interior de las universidades se asuma el reto de promover actividades, programas y procesos educativos vinculados con los diversos sectores de la sociedad donde a partir del análisis de sus problemáticas se generen soluciones adecuadas, requiriendo a los nuevos profesionistas actuaciones integradas y sostenibles que involucren "estrategias de desarrollo del territorio, de desarrollo local” (Martínez, 2000). En este sentido, la integración social y el desarrollo local son dimensiones esenciales e inseparables en la gestión de este tipo de estrategias. Pastor (2004), refiere que la incorporación profesional en la implantación y

gestión de mecanismos de participación ciudadana desde una perspectiva cooperadora, sinérgica e inclusiva favorecerá estrategias orientadas al desarrollo local.

Existe un gran número de estudios y experiencias que destacan el Desarrollo Local como una opción que fortalece el capital social, la generación de conocimiento, el emprendimiento y el empoderamiento comunitario. Bajo esta visión, la organización de la producción es una de las fuerzas que sostiene al desarrollo usando su capacidad para emprender e innovar en las necesidades competitivas del mercado, en la que se requiere la participación de los actores locales con las instituciones (Chauca, 2016).

El fundamento del Desarrollo Local como estrategia exitosa, es el establecimiento de una red de relaciones y acuerdos entre empresas y actores de una comunidad, que se empoderan de la dinámica económica y social de las misma, donde "El conocimiento y la capacidad de acción sólo es posible si la sociedad local organizada es capaz de mantener el compromiso y la solidaridad entre los agentes económicos, sociales y políticos para alcanzar las metas de desarrollo económico" (Vázquez, 2000).

En cuanto a los agentes económicos, se supone que los empresarios sean capaces de organizar el sector productivo local con estándares de competitividad en el mercado. En cuanto a los agentes sociales, se espera que los valores, la cultura y las instituciones, entre las que se incluyen las instituciones educativas, sean la base del desarrollo. Por último, en el aspecto de las políticas públicas, éstas permitirán generar entornos económicos locales favorables, protegiendo al territorio de interferencias externas. Bajo este matiz, el sector empresarial es un elemento inherente al desarrollo local, ya que la creación y salvaguarda de actividades empresariales es una de las mejores formas de alcanzar una economía saludable (López; Chauca, 2004).

Dada la importancia que reviste el Turismo como una de las principales fuentes económicas y laborales en la comunidad de Pátzcuaro, Michoacán, es importante impulsar el desarrollo desde lo local, de este sector o comunidad empresarial, identificando sus problemáticas y necesidades a partir de un diagnóstico, el cual se define como "un estudio previo a toda planificación o proyecto y que consiste en la recopilación de información, su ordenamiento, interpretación y la obtención de conclusiones e hipótesis. Consiste en analizar una situación y comprender su funcionamiento, de tal manera de poder proponer cambios en el mismo y cuyo resultado sean previsibles" (Cauqueva, 2007).

La realización de este Diagnóstico se ha considerado como el punto de partida para generar una propuesta de solución que contribuya a mejorar las condiciones empresariales actuales del sector turístico de Pátzcuaro, desde la implementación de una práctica innovadora por parte de un grupo de docentes del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro que decide transitar de un actuar docente en el aula hacia una práctica educativa cuya labor está permeada por las necesidades socioeconómicas y ambientales de su contexto. Al respecto, diversos autores plantean el término de Práctica Educativa como "el conjunto de situaciones enmarcadas en el contexto institucional y que influyen en los procesos de enseñanza y aprendizaje…determinadas en gran medida por las lógicas de gestión y organización institucional del centro educativo" (Cabrero, Loredo y Carranza, 2008). Como puede observarse, ésta es una práctica más amplia que la práctica docente, al considerar los factores contextuales que antes le eran ajenos.

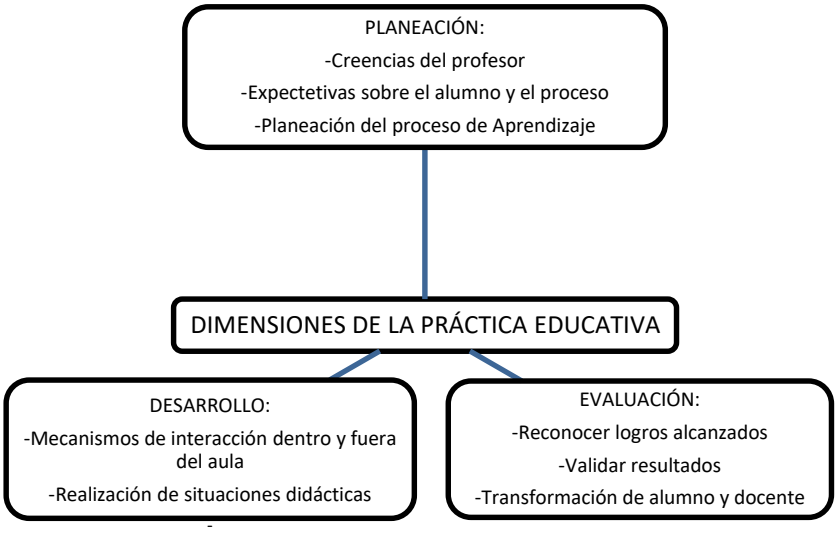


Figura 1.- Dimensiones de la Práctica Educativa
Fuente: Elaboración propia basada en Cabrero, et al (2008)

De las dimensiones de la práctica educativa antes mencionadas, es importante destacar algunas que el docente de educación superior debe asumir como un gran reto para transformarse y transformar al alumno de "un ser pasivo, donde el aprendizaje era fundamentalmente de carácter repetitivo, enfocado sólo al dominio de contenidos, sin tener en cuenta los procesos de participación" (Fernández, 2010), a ser un "fabricante" del conocimiento, que se involucra de manera motivada en las actividades y tareas escolares apoyado por el nuevo rol de "facilitador del aprendizaje" del docente. Por ello, es necesario que éste último organice su enseñanza no sólo hacia dentro de la escuela, sino abriéndose hacia la comunidad educativa en su conjunto y hacia el contexto de la comunidad de su entorno en general. Diversas investigaciones han abordado propuestas al respecto, tales como: conformación de centros educativos en los que se aprende a enseñar; formación de comunidades para la socialización profesional; espacios para compartir las buenas prácticas docentes. (Monereo, 2009).

Metodología

Esta investigación tuvo como objetivo principal, realizar un Diagnóstico en el Sector Empresarial Turístico (hoteles y restaurantes) de la localidad de Pátzcuaro, Michoacán a través de un test que permitiera identificar la situación actual de los negocios encuestados para poder estar en condiciones de realizar un análisis FODA con los datos obtenidos y presentar algunas propuestas de solución a las problemáticas detectadas para fortalecer el desarrollo local en la comunidad, bajo la perspectiva de incorporar a estudiantes y docentes de las carreras de Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Desarrollo Comunitario del ITSPA, en una práctica educativa que les permitiera involucrarse en la detección de problemáticas reales del entorno y en la propuesta de soluciones a las mismas desde el ámbito de su formación profesional.

En primera instancia, se diseñó el Test de Diagnóstico en el que se incluyeron 13 ítems para recabar información sobre la estructura y funcionamiento del negocio, tales como: Número de empleados, formación profesional del personal, establecimiento de visión y misión, porcentajes de clientes nacionales e internacionales, establecimiento de planes estratégicos de mercado, y establecimiento de programas de capacitación. Dentro de esta metodología se consideró que un diagnóstico no equivale a una descripción simple de una situación, sino que constituye una "reconstrucción analítica, sintética e interpretativa de la realidad de un contexto dado en que se requiere o pretende realizar una transformación (Niremberg, 2006). En este sentido, fue importante la recolección de datos respecto a procesos empresariales que se llevaban en los negocios, como los mencionados con anterioridad, pero además llevar a cabo un análisis reflexivo desde la perspectiva de la formación profesional de los estudiantes participantes para dar a ese Diagnóstico el enfoque necesario y tomar decisiones para proponer posibles soluciones a las problemáticas identificadas.

El padrón de hoteles y restaurantes fue proporcionado por la Dirección de Turismo de Pátzcuaro, Michoacán, en el cual se incluyeron 126 negocios tomado como universo de estudio y entre los que se incluían hoteles (hoteles mesones, hosterías, posadas, hoteles-spa, hoteles-trailer y cabañas), restaurantes y cafeterías.

Para la aplicación del Test de Diagnóstico se emplearon métodos estadísticos en la determinación de una muestra representativa y al azar de 77 empresas. El nivel de confianza se manejó del 95% con un margen de error de 7%. La fiabilidad del instrumento de recolección de datos se realizó con la medida alfa de Cronbach a través del Software estadístico SPSS Statistics versión 21. El valor estadístico encontrado fue de .603 considerando alcanzar una consistencia interna válida para investigaciones exploratorias (Rositas, 2014).

La aplicación y análisis del test se llevó a cabo con apoyo de estudiantes de las carreras de Ingeniería en Desarrollo Comunitario e Ingeniería en Gestión Empresarial del ITSPA. Se conjuntó la información y a partir de su estudio, se determinaron ciertas áreas de oportunidad, fortalezas, debilidades y amenazas del sector Turístico para plantear soluciones factibles de implementar. A la par de la aplicación del test, se procedió a la concientización del grupo empresarial de qué a partir del reconocimiento de las necesidades detectadas, se podría generar una intervención o participación por parte del ITSPA impartiendo algunos cursos o talleres de capacitación (incluyéndolos en un Catálogo que se generaría) como estrategia para impulsar la mejora de sus negocios y de la propia organización del sector empresarial señalándoles la importancia de su participación como actores directos en aras de impulsar el desarrollo local.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

En el siguiente Tabla de Análisis FODA se muestran algunos de los resultados que se identificaron como claves para integrar una propuesta de solución a las problemáticas diagnosticadas en el sector empresarial de la localidad de Pátzcuaro, Michoacán.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Más del 50% de las empresas cuentan con suficientes empleados fijos. Más del 50% de las empresas que cuentan con Misión y Visión establecidas, las enfocan a la satisfacción de sus clientes y a la mejora continua.	La cobertura de mercado es nacional en un poco menos del 50% de los negocios y es posible la expansión al mercado internacional. La mayoría de los negocios concede una importancia de regular a muy alta a la participación de un consultor externo que apoye la planificación y toma de decisiones estratégicas en la empresa. El 33.09% de las empresas cuenta con personal con formación de nivel bachillerato, por lo que la implementación de cursos o talleres en el área comercial sería una propuesta de solución para contribuir a la mejora de los procesos empresariales requeridos. Más del 50% de las empresas está dispuesto a involucrarse en procesos de capacitación empresarial e inclusive a pagar por ello.
DEBILIDADES	**AMENAZAS**
Menos del 50% de los negocios tiene definidas su misión y visión empresarial. Solamente el 48.80% de los negocios elabora una Planeación Estratégica que les permita detectar amenazas y oportunidades de negocio en el entorno. Más del 50% carece de una Web Corporativa por lo se podría impulsar su implementación como instrumento de difusión y estrategia mercadológica.	Menos del 50% de los negocios no lleva a cabo estudios de mercado en el que involucre al personal de ventas, por lo que, no se establecen estrategias encaminadas a las demandas del mercado. Menos del 50% de los negocios no realiza un análisis del entorno competitivo

Figura 2. Tabla de Análisis FODA de resultados de Diagnóstico Empresarial
Fuente: Elaboración propia

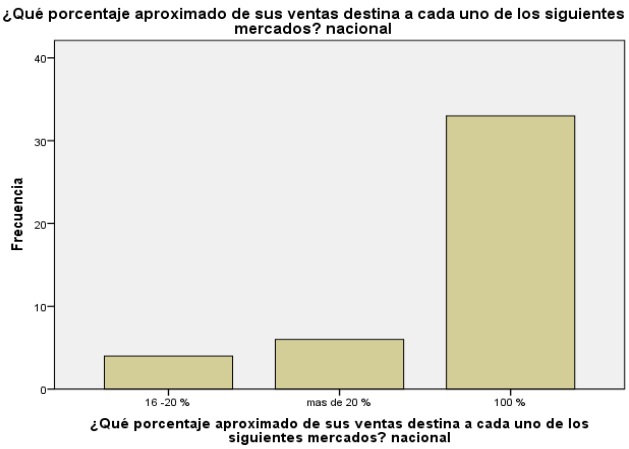
A partir de la recolección de datos en el Diagnóstico empresarial turístico, fue posible que los estudiantes involucrados, realizaran un análisis FODA en el que de manera reflexiva categorizaran los resultados en Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para determinar cómo podrían incidir en la resolución de los problemas identificados desde su formación profesional.

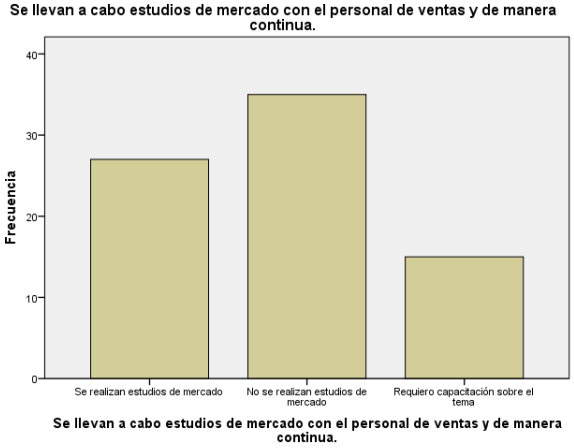
La mayoría de los negocios encuestados presenta carencias en la aplicación de los procesos administrativos necesarios para asegurar su buen desempeño empresarial y contribuir al desarrollo de la localidad, y dado que la mayoría de los encuestados manifestaron ser conscientes de la falta de capacitación, se determinó desarrollar la propuesta de elaborar un catálogo de cursos y talleres diversos en los que se abarcaran diversas áreas

 ISSN 2007-8102

empresariales y en los cuales fueran factible que tanto en el diseño e impartición se involucraran los estudiantes participantes en el proyecto.

A continuación, se presentan solamente algunas de las gráficas de resultados obtenidos con la recolección de datos en el Diagnóstico aplicado y que llevaron a conformar la estructuración de la tabla de Análisis FODA anteriormente descrita.





Figuras 3 y 4. Porcentajes de mercado nacional e inclusión del personal de ventas en estudios de mercado

En las gráficas se muestra los porcentajes obtenidos de los negocios que atienden mercado nacional, destacando que es posible buscar las estrategias que apoyen la expansión al mercado internacional. En la segunda gráfica se observa que el porcentaje de negocios que involucra al personal de ventas en los estudios de mercado es muy bajo, menos del 50% por lo que también se infiere que es posible establecer estrategias en las que las organizaciones incluyan a dicho personal en este tipo de análisis y acciones de mejora mercadológica. Ambos resultados son parte de las debilidades y oportunidades que se consideraron importantes incluir en el análisis FODA.



Figura 5. Porcentaje de empresas que tienen establecidas su Misión y Visión empresarial

El establecimiento de la Misión y Visión en los negocios muestra un porcentaje mayor al 50%, factor que se consideró como una fortaleza y que sin embargo es factible impulsar una mejora al respecto en cuanto al uso de una Web Corporativa que les apoye a difundir estas y otras estrategias mercadológicas

Trabajo a futuro

Derivado de los resultados de esta investigación, a partir del test aplicado se ha detectado la oportunidad de proporcionar apoyos de capacitación al sector empresarial de la Localidad de Pátzcuaro, para ello, se ha propuesto la elaboración de un catálogo de Cursos-Talleres relacionados con los procesos administrativos necesarios para impulsar el desarrollo local en la comunidad, en los cuales, para su diseño e impartición, se puedan involucrar los estudiantes de ambas carreras en el afán de aplicar los conocimiento de su área de formación profesional. Con los resultados derivados de estas capacitaciones se puede valorar el diseño de nuevas estrategias que complementen la metodología propuesta para contribuir en las áreas de oportunidad que sean detectadas.

Conclusiones

Con esta propuesta de práctica educativa el Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro se hace partícipe de la estrategia exitosa de Desarrollo Local, a través de la conformación de una red de colaboración entre los agentes económicos y sociales para el desarrollo de acciones encaminadas a la resolución de problemáticas del contexto. Para lograrlo, el docente involucra en las dimensiones de su practica las necesidades socioeconómicas y ambientales, ampliando la posibilidad de adquisición de nuevos conocimientos que aporten al perfil profesional de los alumnos involucrados.

La aplicación de un test de diagnóstico es una herramienta útil y factible para identificar las necesidades sociales, económicas y ambientales de una comunidad e involucrar a las Instituciones de Educación Superior en el planteamiento de soluciones que impulsen el Desarrollo Local y Empresarial del objeto de estudio.

En el sector empresarial turístico de la localidad de Pátzcuaro, Michoacán, existe la necesidad de: fortalecer el área de planeación estratégica de mercado; análisis de oportunidades de negocio; capacitación y organización para el establecimiento de Misión, Visión y Objetivos empresariales que sirvan de guía para su mejor desempeño.

El docente debe transformar su práctica educativa reconstruyendo su actuar en el aula, modificando su forma de enseñar y fomentando en sus alumnos una formación profesional en la que generan su conocimiento a partir de su actuación en las problemáticas de su entorno.

Referencias

1. Cabrero, B., Loredo, J. y Carranza, G. (2008). Análisis de la Prácticas educativa de los docentes: pensamiento, integración y reflexión. Revista electrónica de Investigación Educativa. Número especial. UNAM, México
2. Campos, Nelson (2007) Diccionario razonado de Filosofía de la Educación. FCB, Santiago
3. Chauca, M. P. (2016). Actores, sistema productivo y Desarrollo local en México: El caso de la industria textil y de la confección en el Municipio de Morelia, Michoacán. Planificación Territorial, desarrollo sustentable y geodiversidad. 525 Aniversario del Encuentro entre Dos Mundos Huelva-América Servicio de Publicaciones de la Exma. Diputación de Huelva.
4. Cauqueva, A. J. (17 de Mayo de 2007). Cauqueva. Recuperado el 23 de abril de 2018, de http://www.cauqueva.org.ar/archivos/gu%C3%ADa-de-diagn%C3%B3stico.pdf
5. Espinoza, E., Pérez R. (2007) Calidad en la educación superior en México. Gestión y Estrategia. No. 10 Edición de Aniversario. UAM-A. México.
6. Fernández, José Ma. (2010), Obstáculos o dificultades a la Participación e Implicación de todos los alumnos en las actividades escolares. Un estudio sobre la percepción del profesorado. Educación y diversidad. 4 (1) enero-junio. Dpto Didáctica y Organización Educativa. Universidad de Sevilla. España.
7. López P.R.; Chauca M. P. (2004). Actores Empresariales y Gestión Pública en la Perspectiva del Desarrollo Local en México Convergencia. Revista de Ciencias Sociales, vol. 11, núm. 34, enero-abril, 2004, pp. 275-297 Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México

8. Martínez R. Ma.A. (2000): "Pobreza, exclusión social y cultura de paz". En J. A. Díaz y M". J. Salvador (Coords.): Nuevas perspectivas de los Servicios Sociales. UNED. Madrid. 315-344.
9. Monereo, Carlos (2009) ¡Saquen el libro de texto! Resistencia, obstáculos y alternativas en la formación de los docentes para el cambio educativo. Facultad de Psicología. Revista de Educación 352. Departamento de Psicología Básica, Evolutiva y de la Educación. Barcelona, España
10. Niremberg, O. (2006) El diagnóstico participativo local en intervenciones sociales. Cuaderno No. 44, Editado por el Centro de Apoyo al Desarrollo Local. p.4
11. Pastor, S.E. (2004). La Participación Ciudadana en el ámbito local, eje transversal del Trabajo Social Comunitario. Revistas-Alternativas. Cuadernos de Trabajo Social, No. 12. p.104
12. Vázquez B. A. (2000). Desarrollo económico local y descentralización, en Andrés Solari V. y Martínez Aparicio J. (Comp.) Desarrollo local, textos cardinales. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Economía, 33-68.

Prácticas Predominantes y Emergentes de la Ingeniería Industrial en México: El Ecosistema como determinante.

MC. C. Mesinas Cortés[1], Ing. Antonio Torres[2], Careaga Brisbania[2], Gil Luis[2], Lugo Dulce[2], Rembau Elizabeth[2]. [1]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N Col. El Sahuaro, C.P. 83100, Hermosillo, Sonora. [2]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Hermosillo.*

*cmesinas1776@hotmail.com www.ith.com.mx

***Área de participación**: Investigación Educativa.*

Resumen.

En este escrito se identifican las prácticas predominantes y emergentes de la ingeniería en México, especialmente de la ingeniería industrial. El método de comparaciones constantes o análisis vectorial permitió revelar la evolución de la ingeniería en el periodo 1980-2050. Los resultados muestran que, todas las ingenierías, habrán desaparecido y en su lugar quedarán nuevas ingenierías orientadas al macroingeniero. Esos cambios ya iniciaron, en función de prácticas emergentes relacionadas con la revolución de la electrónica y los sistemas computacionales de la última década del presente siglo. Lo cual se constata en el uso de teracomputadoras con posibilidad de procesar miles de millones de datos por segundo, en conexión, con la comunicación satelital y el uso de sistemas cibernéticos. Si bien las prácticas emergentes dependerán del grado de sistematización de la ingeniería convergente, éstas dependen de cambios en el ecosistema macro-micro-meso-meta que condiciona el ciclo de vida de productos, empresas y naciones.

Palabras claves: Prácticas predominantes y emergentes, Análisis Vectorial, Macroingeniero, Ingeniería convergente.

Abstract.

This paper identifies the predominant and emerging engineering practices in Mexico, especially industrial engineering. The method of constant comparisons or vector analysis allowed to reveal the evolution of engineering in the period 1980-2050. The results show that all engineering will have disappeared and in its place will be new engineering oriented to the macroengineer. These changes have already begun, based on emerging practices related to the revolution in electronics and computer systems of the last decade of this century. This is evidenced in the use of teracomputers with the possibility of processing billions of data per second, in connection with satellite communication and the use of cybernetic systems. Although emerging practices will depend on the degree of systematization of convergent engineering, they depend on changes in the macro-micro-meso-meta ecosystem that determines the life cycle of products, companies and nations.

Keywords: Predominant and emerging practices, Vector Analysis, Macroengineering, Convergent Engineering.

1. Introducción

Podemos iniciar estableciendo las diferencias entre prácticas. Las prácticas predominantes (PP) son actividades de trabajo profesional determinadas por las exigencias actuales de las organizaciones económicas, sociales, nacionales y mundiales, a lo cual llamamos ecosistema. Mientras las prácticas emergentes (PE) son actividades de trabajo profesional determinadas por las exigencias recientes y futuras del ecosistema. Ambas prácticas están orientadas por trayectorias tecno-científicas en contextos paradigmáticos. Por tanto, las prácticas del ingeniero industrial (II) están relacionadas directamente con la recolección de información, análisis de datos para

rec 06/ago/2019, acc. 13/sep /2019

determinar los requerimientos de procesos de producción. A demás supervisa, mide, diseña métodos de trabajo y planifica procesos logísticos empresariales y de sectores económicos.

En ese sentido, los objetivos que se persiguen en esta investigación son:

- Identificar las PP y PE de la II en cuatro momentos históricos, a través de los cambios paradigmáticos de tipo económico, social, tecnológico y ecológico.

- Demostrar que el ecosistema determina el cambio en las PP y PE, pero, valorar las aportaciones del ingeniero al ecosistema en contextos de incertidumbre.

Por tanto, en el escrito se plantea que la evolución de las prácticas se explican en cada uno de los vectores de análisis: económico, social, tecnológico y ecológico. De esta forma, iniciamos presentando las PP en un contexto de avance de la economía industrial de los años 80 del siglo XX, hacia una economía de innovación de los años 90 del mismo siglo. Enseguida, presentamos la transición de PP hacia PE en el periodo de 2000- 2050. Periodo caracterizado por la revolución tecnológica de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (NTIC), así como de la electrónica digital y del avance de la sistematización de la ingeniería convergente.

Se enfatiza, que hacia el año 2050 habrán desaparecido todas las ingenierías y su lugar será ocupado por el macroingeniero que tendrá la capacidad de utilizar supercomputadoras de tamaño pequeño, usará diversos softwares integradores que controlan el ciclo de vida de los productos, empresas y mercados, así mismo se ayudará de sistemas cibernéticos y de equipo y maquinaria digitalizada, Se concluye estableciendo el siguiente postulado: si bien las PE dependerán del grado de sistematización de la ingeniería convergente, ésta, depende de cambios en el ecosistema macro-micro-meso-meta, que en definitiva, condiciona el ciclo de vida de productos, empresas y naciones.

2. Metodología.

Ante estos retos de investigación, la metodología utilizada siguió una hermenéutica especial. Por un lado se localizó fuentes de información relacionadas con los cambios paradigmáticos económico, social, tecno-científico y ecológico, de diversas universidades y organismos internacionales. Por otra parte, el método de comparaciones constantes entre categorías o análisis vectorial permitió tomar la información mencionada para identificar las PP y PE DE LA II.

Dicho método no es de carácter lineal, pero la categoría central, que congrega otras subcategorías, se explica en diversas trayectorias, lo cual lo convierte en análisis vectorial de tipo cualitativo. Por ello, Carrillo et Ali (2011, p: 2) menciona "… Para el análisis de los datos cualitativos, este método recomienda tres momentos para su desarrollo. En el primero, de naturaleza mayormente descriptiva, se realiza la codificación abierta para identificar categorías. Strauss y Corbin definen las categorías como aquellos *"conceptos que representan fenómenos"*.[5] En el segundo momento analítico, se relacionan las categorías con las sub-categorías por medio de la codificación axial y en el tercero se completan las descripciones, se refinan las categorías, se integran y se identifica la categoría central a través de la codificación selectiva.[3,5] Las sub-categorías son aquellos conceptos clarificadores incluidos dentro de una categoría,[5] mientras que la categoría central, con mayor carga conceptual y de abstracción, recoge las características comunes de las categorías.[1] En otras palabras, la categoría central posee un poder analítico fruto de una mirada transversal, permitiendo al investigador formar un todo explicativo…". Obsérvese la figura 1.

El modelo de análisis vectorial incluye cuatro categorías: **PPEII = CEt + CSt + CTt + CEt**

Donde PPEII son las prácticas predominantes y emergentes de la ingeniería industrial; CEt es el vector de cambio económico en el tiempo; CSt es el vector de cambio social en el tiempo; CTt es el vector de cambio tecnológico en el tiempo y CEt es el vector de cambio ecológico en el tiempo.

 ISSN 2007-8102

En dicho modelo se intenta contestar: ¿Cuáles son las categorías específicas y centrales de cada vector?, las cuales deben explicar la trayectoria de las prácticas futuras de la ingeniería.



Figura 1. Fases del Análisis Cualitativo

Fuente: Tomado de Carrillo et Ali (2011, p: 3)

3. Resultados y discusión: el ecosistema como determinante de las prácticas de la ingeniería industrial.

Vector de cambio económico en el tiempo.

Permítasenos iniciar presentado los siguientes datos, servirá para comparar el grado de avance económico entre el siglo XX y el siglo XXI. Tomando en cuenta datos del Banco Mundial, encontramos que durante el periodo de 1950-1973 la economía mundial se caracterizó por el crecimiento hacia adentro con gran presencia del gobierno, reducido comercio internacional y un crecimiento promedio del producto mundial bruto (PIB) del 6%, indicadores que configuraron el desarrollo estabilizador, modelo que se replicó en México con mucho éxito.

En ese contexto, las PP de la II transitaron de la administración organizacional centrada en los procesos de trabajo a la ingeniería de manufactura, especializándose en estudios de la calidad de productos y procesos, así como de los estudios de fatiga y por ello el nacimiento de la ergonomía. Esos cambios se explican porque la II tenía, como herencia, el sentido de ingeniería y administración organizacional como lo determinaron Frank Gilbreth (1885), Lilian Gilbreth (1895), Frederick Taylor (1903), Henri Fayol (1916), Henry Ford (1920) los cuales constituirían la primera oleada de pioneros de la II. Una segunda oleada inició con la idea de la mejora de la industria por medio de la calidad: a la trilogía de los fundamentos de la calidad norteamericana Shewhart-Deming-Juran, acerca del plan de acción y el control estadístico de la calidad se unió la trilogía

japonesa de la calidad Ishikawa-Taguchi-Ouchi acerca de la calidad total y la mejora en el equipo y recurso humano.
Sin embargo, todo cambiaría cuando las crisis económicas condicionaron al ecosistema. Los altos precios internacionales del petróleo en 1973 deprimieron, entre otros aspectos, el mercado mundial, dando origen a la crisis, fenómeno que abrió el camino hacia la transición. Touraine (1969) y Bell (1973) ya advertían el cambio en las siguientes décadas, explicaron que el capitalismo industrial estaba transitando a una economía de servicios, a la cual le nombraron la sociedad postindustrial.

Ese paradigma cobró fuerza en la década de los 80, de la economía industrial, cuando se le dio impulso extraordinario a la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), lo cual permitió reducir costos y mejorar calidad a base de mejoras técnicas y tecnológicas. Ello, provocó el posicionamiento mundial de las empresas monopólicas y el impulso hacia la globalización de los mercados. En ese contexto nacieron nuevas y mejoradas PP relacionadas con los sistemas de trabajo Toyotistas; Las 5 y 9 eses; Círculos de calidad; Calidad total; Costo de calidad pobre (COPQ); Mejora continua (Kaizen); Justo a tiempo (JIT); Sistemas de control de producción basados en tarjetas (KANBAN); Seis-sigma; Sistema a prueba de fallas (Poka-Yoke); Estrategias Hoshin Kanri y matriz de Saaty; Manufactura lean; Manufactura automatizada en conexión a telecomunicaciones satelitales y el uso intensivo de bienes electrónicos e informáticos.

Debido a los avances en I+D+i, en la década de los 90 se experimentó la transición hacía una economía de la innovación. Así, se empezó a conformar bloques regionales: los de América del norte, la Comunidad Europea y el bloque Asiático para desplegar prácticas globalizadoras bajo tratados de libre comercio. En ese sentido, las empresas mexicanas tuvieron que adaptarse al cambio tecnológico impulsado por la globalización. Ello dio como consecuencia la creación de una economía altamente competitiva y productiva, cuyo resultados fueron convertir al país en una nación altamente exportadora, pero también la desaparición de cientos de miles de empresas que no sobrevivieron a la política industrial y comercial, traducida en tratados comerciales entre naciones. Por lo tanto, las PP tuvieron que cambiar y adaptarse al nuevo ecosistema.

A finales de los noventa e inicio del siglo XXI, otro paradigma se impuso, economía del aprendizaje la llamaron Lundvall y Johnson (1994). Debido a las incesantes crisis económicas del capitalismo, Mandel (1996), la llamó la nueva economía y nuevo ciclo industrial. La OCDE (1996) empezó a comunicar el advenimiento de una sociedad basada en el conocimiento, Foray (2000) confirma esa nueva tendencia mundial, que es el paradigma y tendencia actual. Las PP relacionas con la Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Industrial y Geofísica se transformaron a PE en Biotecnología, Biomédica, Telecomunicaciones, Genética y Mecatrónica. Esto es, las ingeniería tradicionales de la década de los noventa, tendieron a la especialización de acuerdo a los avances de la tecnología urgidas por los mercados, pues el desplome de la demanda de productos provocaba inestabilidad en las organizaciones empresariales y sociales (Rodríguez, 2009).

En ese sentido, la II, tendrían que desarrollarse sobre la transición de la especialidad a la convergencia tecnológica (Vega, 2011). Así, el control-computo-comunicaciones, sistemas expertos y de cómputo mainframe, representó para la II, desarrollar prácticas basadas en la implementación de la planeación de la producción asistida por computadora (CAPP); manufactura asistida por computadora (CAM) y diseño asistido por computadora (CAD), e incursionar en otras áreas del conocimiento científico y tecnológico, como en la Biotecnología y nuevos materiales. A pesar de esos avances, las crisis de 1985, 1995, 2001 y 2009 habrían creado nuevas condiciones de convergencia tecnológica para orientar a las PE hacia el logro de bajos costos, aumento de calidad y ampliación de mercados.
El contexto actual de la economía está caracterizada por la desaceleración de las cadenas de valor, ello se evidencia en bajas tasas de crecimiento del PIB, por ejemplo, Estados Unidos crece al 3%, la Unión Europea 1.5%, Japón 1.2%, México 2%. Algo muy diferente sucede en China e India quienes crecen al 7%, países que han incursionado en la producción de todos los productos que se fabrican en el mundo, que orientan su economía hacia el mercado interno, los dos países representan al mercado más grande del mundo, 2769 millones de habitantes contra 330 millones

de Estados Unidos, además, participan en el mercado mundial en forma importante. China ya es la primera economía del mundo y la India es la sexta potencia económica mundial. Sin duda, las PE de la II no se desenvuelven de la misma manera a nivel internacional, en México las PE seguirán los patrones establecidos por las cadenas de valor mundial, pero ante el nuevo gobierno, se abre una esperanza para orientar las PE, en convergencia tecnológica, hacia el mercado de 125 millones de mexicanos.

Vector de cambio social en el tiempo.

Durante el periodo del desarrollo estabilizador mexicano, los índices de progreso social, como, educación, alimentación, ingreso per cápita y salud mejoraron sustancialmente. Sin embargo, en distintos territorios esos satisfactores, simplemente, no llegaron. Entonces el crecimiento del desempleo y la pobreza, así como el descontento social se fueron incrementando década tras década. La violencia y la inseguridad no tardaron en hacer acto de presencia. Importantes cambios sucedieron en las décadas de los 80 y 90. En esas décadas el crecimiento de la población escolar a nivel superior creció aceleradamente. Así el gobierno tenía que incrementar la oferta educativa y crear nuevas carreras que tuvieran pertinencia con la economía orientada al exterior.
En ese contexto de incertidumbre social, las PP de la II se dirigieron a especializarse para trabajar con empresas ensambladoras de autos y empresas maquiladoras en forma prioritaria. Y en forma complementaria para atender a empresas nacionales que trabajaban para el mercado interno.
Así, la globalización, la transición hacia la innovación tecnológica y el crecimiento de las exportaciones, permitieron mejorar la productividad y competitividad nacional (Brown, 1989; Carrillo, 1996).

En el nuevo siglo ese contexto se profundizó pero se contuvo en cada crisis. A las crisis de1985, y 1995 le continuaron las crisis de 2001 y 2009, a partir de la cual, el mundo ya no se recobraría, pues las tasas de crecimiento promedio del PIB mundial no superaría el tres por ciento. En ese sentido la sociedad mexicana tendió a transitar los siguientes caminos:

1. Empresas, sociedad y gobierno están presionados por la desaceleración económica mundial y la protección de los mercados, poniendo, a los tratados comerciales, como mecanismos alternativos para conseguir el desarrollo. Las crisis de 2014, 2016 y 2019 están presionando al mundo a defender y proteger sus mercados.
2. En ese sentido, las PE de la II dependerán cada vez más de la determinación de la política nacional para concretar los mecanismos para alcanzar el desarrollo avanzado. En ese sentido, las políticas actuales del gobierno y las empresas privadas tienden, forzadas por el contexto arriba mencionado, a reorientar la economía por el crecimiento hacia adentro sin oponerse a los procesos de globalización que no pasan por buen momento.
3. Por ello, las PE de la II deberán prepararse para mejorar la competitividad y productividad de la economía interna, sin desatender a las empresas globales.
4. Queda pendiente, la solución a diversos problemas que tienen que ver con el desempleo, la economía informal e ilegal, la emigración forzada, la pobreza, y finalmente, una solución radical a los escenarios de inseguridad social.

Vector de cambio tecnológico.

Desde que el ingeniero Carlos Babbage (1822) construyó una calculadora mecánica para tabular funciones poli-nómicas, una máquina analógica para calcular y medir estándares de trabajo y producción, imprimió la tendencia tecnológica del futuro. Hoy se puede usar una petacomputadora para operar procesos automatizados y robotizados a escala mundial.

En ese sentido, la prospectiva de las PE de la II es revisada por el Instituto Politécnico Nacional (González, 2004) y la Universidad Nacional Autónoma de México (Vega, 2011), sus principales propuestas son las siguientes:

- Hacia el año 2050 todas las ingenierías habrán desaparecido y en su lugar quedarán nuevas ingenierías orientadas al macroingeniero.

- Esos cambios ya iniciaron, en función de PE relacionadas con la revolución de la electrónica y los sistemas computacionales de la última década del presente siglo.
- Las perspectivas de las PE de la II se basan en un ingeniero polivalente con capacidades multidisciplinarias, ello le permite intervenir en el desarrollo tecnológico en áreas como producción, transformación de energía, robótica, diseño mecánico, transportes, bioingeniería, biogenética industrial, inteligencia artificial, infraestructura urbana, control y seguridad, industria química, nuevos materiales, sistemas informáticos, electrotécnica, abastecimiento de agua, organización industrial, electrónica y gestión de empresas.
- Tendencia hacia la integración de sistemas a través de la conceptualización multidimensional, o, Campos Sistémicos de la Ingeniería Industrial (CSII) con sistemas electrónicos, informáticos y de comunicación satelital. Un ejemplo de esta tendencia es la manufactura concurrente que permite la conjunción en tiempo real de la Planificación-Desarrollo-Implementación de bienes, servicios y procesos. En ese contexto, la optimización, gestión del conocimiento y la innovación de nueva generación enriquecen las PE. González, 2004 presenta los grandes retos o metas fundamentales que determinó la Comisión sobre Retos Visionarios en Manufactura para 2020, establecida por la Junta del Consejo Nacional de Investigación sobre Ingeniería y Manufactura de Estados Unidos:
  •" Lograr la concurrencia en todas las operaciones. • Integrar recursos humanos y técnicos para mejorar la satisfacción y el cumplimiento de la fuerza de trabajo. • Transformar instantáneamente la información reunida desde un conjunto extenso de fuentes en conocimiento útil para hacer decisiones efectivas · Reducir el impacto ambiental del producto y el desperdicio de producción a cerca de cero · Reconfigurar las empresas de fabricación rápidamente con respecto a oportunidades y necesidades cambiantes · Desarrollar procesos de fabricación innovadores y productos con un enfoque en escala dimensional decreciente".
- Reducir los tiempos y costos de procesos sistémicos empresariales controlados digitalmente, por ejemplo: "• Costos basados en actividades (ABC). • Costos basados en manufactura ágil (LEAN Accounting). • Uso innovativo de recursos o procesos. • Grupos efectivos de trabajo en alta tecnología de manufactura. • Benchmarking de procesos de manufactura (MPB). • Teoría del análisis del ciclo de vida. • Administración del ciclo de vida de productos (PLM) • Evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA). • Principios del cambio sostenible. • El ciclo PHVA del desarrollo sistemático. Administración de operaciones enfocado a: Planeación, desarrollo e implementación en paralelo. • Estándar para el intercambio de datos del producto, STEP (Standard for the Exchange of ProductModel Data) • Modelado de capacidad de sistemas. • Metodologías de diseño flexible y modular; procesos de fabricación, equipamiento flexible y materiales y procesos adaptables. • Manufactura: ágil, sincrónica, flexible, celular, justo a tiempo, etc. • Análisis: AMEF (del modo y efecto de falla), RCA (de causa raíz), HAZOP (de operatividad y riesgo). • Conceptos de conservación y confiabilidad como Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). • Teoría de Restricciones (TOC). • Sistema Tambor, reserva, cuerda (DBR). • Sistemas de planeación avanzada (SAP). • Sistemas de administración de mantenimiento computarizados (CMS). Análisis de riesgo de puntos críticos de control (HACCP). Logística y administración de la cadena de suministro. Tecnología de nano fabricación (nanomaquinado, fabricación molecular. Ingeniería genética de polímeros de proteína a través de procedimientos biosintèticos. Procesos autoensamble. Ingeniería de Tejidos. Producción de agentes cibernéticos.

Vector de cambio ecológico.

Desde finales de los años 80 se hacía hincapié en la implementación de tecnologías limpias y sustentables, dado los impactos negativos que se estaba causando la economía industrial a los ecosistemas del planeta (Brundtland, 1987). De esta forma la comunidad mundial se comprometió a que todas las actividades industriales debían ir en línea directa con el desarrollo sostenible y sustentable. Las PE trabajan en la implantación de rutinas de trabajo de calidad relacionada con el reúso y el reciclaje de residuos industriales, así como el diseño para el ambiente (DFE) y la Ecoeficiencia. A pesar de esas alternativas, el incremento de la contaminación de diversos gases

 ISSN 2007-8102

derivados de la actividad industrial basada en materias primas de origen petrolero, así como los desechos en agua y tierra, han puesto en evidencia el fracaso de la actividad productiva mundial. Como resultado, hoy, tenemos un planeta con altos índices de calentamiento, y por ello una variación climática que vulnera la vida entera del planeta, obsérvese la figura 2 donde se condensan todas las categorías centrales de análisis como determinantes de las prácticas de la II:

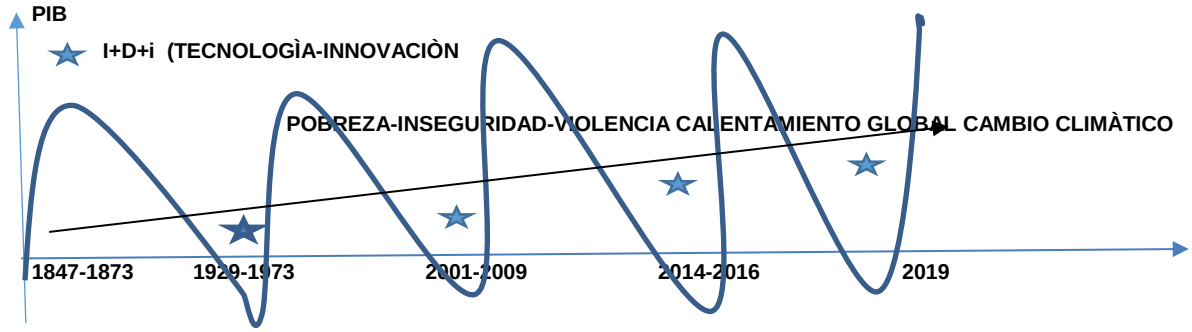


Figura 2

CONTEXTO DETERMINANTE (ECOSISTEMA) DE LAS PRACTICAS PREDOMINATES Y EMERGENTES DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL

4. Trabajo a futuro.

Se espera realizar una investigación descriptiva que permita diagnosticar el grado de avance sectorial de la industria mexicana relacionada con la digitalización de sus procesos en la perspectiva del Aprendizaje Organizacional. Por medio de e-industria4.0 que es una herramienta que analiza el potencial actual de la digitalización industrial en base a 160 indicadores congregadas en 7 áreas de análisis: Estructura organizativa y estrategia; Gestión corporativa, Procesos de fabricación y producción avanzada; Logística; Diseño de productos; Promoción y comercialización e innovación, así como procesos de control ecológico.

5. Conclusión.

Como se evidenció, en tiempo y espacio, las PP y PE han tenido que adaptarse a los incesantes cambios económicos, sociales, tecnológicos y ecológicos. En un contexto de desaceleración económica mundial, traducida en crisis y bajo crecimiento de la producción, así como el crecimiento del desempleo, pobreza, violencia e inseguridad, calentamiento global y cambio climático, pareciera que sólo la categoría tecnológica podría resolver la problemática mencionada. Sin embargo, la tecnología, las PP y PE de la II dependen de los cambios políticos, económicos, sociales y ecológicos que permitan lograr el desarrollo centrado en calidad de vida de personas y ecosistemas. De esta forma es como se puede lograr imprimir una trayectoria alternativa sustentable y sostenible a las prácticas emergentes del futuro.

Referencias

1. Bell, Daniel. 1973. El advenimiento de la sociedad posindustrial. Madrid, Alianza Editorial.
2. Brown, F. (1989). Nuevas tecnologías en la industria maquiladora de exportación Revista Electrónica de Comercio Exterior, vol. 39, núm. 3. pp.: 4-5. Colegio de Ciencias y Humanidades-UNAM. Recuperado de: http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/172/4/RCE4.pdf
3. Carrillo Pineda, Marcela et allí. 2011. En Index Enferm vol.20 no.1-2 Granada ene /jun. 2011, en http://dx.doi.org/10.4321/S1132-12962011000100020
4. Carrillo, J. 1996. Maquiladoras de tercera generación. El caso de Delphi-General Motors. Revista de Espacios. Vol. 17. Edición (3).pp.: 7- 8. El Colegio de la Frontera Norte. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/27294318_Maquilladoras_de_Tercera_Generacion_El_caso_Delphi-General_Motors

5. Davat, Alejandro. 2002. "Globalización, capitalismo actual y nueva configuración espacial del mundo". En Basave, Jorge et al., Globalización y alternativas incluyentes para el siglo XXI. Porrúa, UNAM, CRIM, IIEc, DGAPA, UAM.
6. Domínguez, H. (2016). Las prácticas predominantes y emergentes de la ingeniería industrial en el contexto internacional, nacional y local. Fuente tomada de: https://prezi.com/fo_6w8mozxal/las-practicas-predominantes-y-emergentes-de-la-ingenieria-in/
7. Foray, Dominique. 2000. Economics of Knowledge. The MIT press.
8. González Zúñiga, Domingo. 2011. Prospectiva de la Ingeniería Industrial hacia el 2020. UPIICSA XII, V, 36, 2004, 27. En: https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/5323/4/36-4.pdf
9. Juran, J. 1996. Ediciones Díaz de Santos. Ilustrada. Juran y la calidad por el diseño. 1 a 625 páginas. V.1, Recuperado de:https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=fURB60QH1RYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=%22aplicaci%C3%B3n+a+la+planificaci%C3%B3n%22+ingenier%C3%ADa+industrial&ots=RponY8iGkV&sig=X3Gs7Cm_mZsFzsuaWAhfrgXW9yY#v=onepage&q&f=false
10. Kalpakjian, S. 2002. Manufactura, ingeniería y tecnología. Pearson Educación. México. 2002. Página 2-4. Recuperado de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gilYI9_KKAoC&oi=fnd&pg=PR19&dq=LA+INNOVACION+TECNOLOGICA+Y+SU+IMPACTO+EN+LA+INGENIERIA+INDUSTRIAL&ots=mp7LtUtsKE&sig=zgKI1Ajt3IZTS3M5T5HbW7z0h9A#v=onepage&q&f=false
11. López, E. 2007. Historia de la Ingeniería Industrial. Recuperado de: Nahmias, S. 2007. Análisis de la producción y las operaciones. México: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de: http://maryperez.galeon.com/analisis_prod.pdf
12. Mandel, Michel J. 1996. "The Triumph of the Emergence of a New Economy". Business Week, December, web.
13. OCDE. 1996. The Knowledge-Based Economy, Paris, web.
14. Palomo Garrido, Aleksandro. 2012. Apuntes teóricos para el estudio de la Globalización desde la perspectiva de las Relaciones Internacionales. En: CONfines vol.8 no.16 Monterrey ago. /dic. 2012, En http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35692012000200004
15. Rodríguez Vargas, José de Jesús. 2009. Crisis económicas. Definiciones, metodología y comparación histórica. Dimensión Económica, Revista Digital, Instituto de Investigaciones Económicas, Vol. 1, núm. cero, mayo-agosto/2009. En http://www.revistas.unam.mx/index.php/rde/article/view/19312/18304
16. Santiago, M. & Urbina, A. 2014. Estudio del desarrollo de su profesión y su estado actual, noviembre 4, 2018, de Instituto Tecnológico Superior de Naranjos. Fuente tomada de : https://www.academia.edu/10779282/Unidad_1_fundamentos
17. Touraine, Alain. 1969. La sociedad post-industrial, Barcelona, Ariel
18. Vega González, Luis. 2011. Un esbozo sobre el futuro inmediato de las carreras de ingeniería en México a partir del cambio científico- tecnológico. Revista logos ciencia y tecnología, ISSN 2145-549X. Vol. 3, N. 1, Pp. 12-23. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4166161
19. http://cursos.aiu.edu/Introduccion%20a%20la%20Ingenieria%20Industrial/PDF/Tema%205.pdf
20. https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG
21. https://www.eoi.es/blogs/mtelcon/2013/02/15/la-gestion-del-ciclo-de-vida-del-producto-plm/
22. https://www.infochannel.info/siemens-plm-lanza-programa-gratuito-para-digitalizar-pymes-mexicanas
23. https://www.metaindustry4.com/es/diagnostico-industria-40/
24. http://pueaa.unam.mx/blog/tendencias-economicas-de-india

Integración de Tecnología Educativa para sensores ambientales, hacia ciudades inteligentes en escuelas de zonas urbanas.

A. Pérez Gómez[1], J. Jiménez Gómez[1], P. G. Gamboa Rodríguez[1]*
[1]Tecnologico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos
Instituto Tecnológico, Carr. Anti. Mina-Coatza s/n, CP 96370, Coatzacoalcos, Ver., México.
**aperezg@itesco.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El presente artículo aborda temas de relevante importancia para nuestra sociedad, como es la educación ambiental y los espacios educativos integrando la tecnología educativa, particularmente cuando estos elementos se conjugan, provocando conectividad y tópicos de ciudades inteligentes (Smart Cities) y el internet de las cosas (IoT) ayudando a crear un mundo más ecológico, el monitoreo de estos sensores puede ser transmitido a diversos usuarios con mayor facilidad involucrando a la sociedad mediante las instituciones educativas a colaborar con objetivos en común. Una serie de sensores sincronizados bajo una plataforma central, tecnologías de radio, redes privadas y públicas, que permiten tomar decisiones sobre el manejo de sensores en escuelas de zonas urbanas, en conjunto con un modelo DMAIC de diseño de experimentos y la interacción a través de dispositivos IoT, incorporadas a la Red de Sigfox para agilizar la medición y predicción de variables al medio ambiente en zonas urbanas.

***Palabras clave**: Educación Ambiental, IoT, Ciudades Inteligentes, DMAIC.*

Abstract

This article is about two very important and trend topics to our society, environmental education and educational areas that integrate Educational Technology, when these elements connect; other topics as smart cities and internet of things (LoT) rise up. They can help to create a greener world, sensors can monitor and transmit information easily to different users involving society through educational institutions to take part and share common goals. Sensor series can be synchronizing under a central platform and their information can be sent to the radio, private and public net which are going to help to take better decisions about sensor usages in schools located in urban areas with a DMAIC model and the interaction of loT device, using sigfox net to speed up measure and predict variables in the environment in urban áreas

***Key words**: (Environmental education, loT , Smart cities, DMAIC).*

Introducción

Esta globalización de las problemáticas ambientales y de la extinción en masa de un gran volumen de biodiversidad exige un cuestionamiento exhaustivo a las tradiciones jerárquicas y a las prácticas sociales que subsisten en nuestra sociedad. En consecuencia, podemos hacer notar que existimos en una situación de sumo apremio, caracterizada por toda una serie de graves problemas estrechamente relacionados como son: la contaminación y detrimento de los sistemas naturales, el empobrecimiento de los recursos naturales, el aumento de la población mundial, la coexistencia con una serie de desequilibrios inadmisibles por el progreso de los procesos manufactureros, la disminución de la diversidad biológica, como también aquella de orden cultural que se suscita en la sociedad. Este perturbador inconveniente enfrentado por la sociedad humana, en relación con el deterioro y la creciente contaminación ambiental, sabemos que proviene de la búsqueda permanente que existe, al interior de esta, de tratar de elevar el nivel y la calidad de vida del ser humano.

 ISSN 2007-8102

Por este motivo, es urgente comenzar, mediante la educación como proceso totalizador e integral que permite desarrollar a todo ser humano, a encontrar el dispositivo que conceda reexaminar el comportamiento y las prácticas sociales llevadas a cabo que atentan contra las condiciones ecológicas y culturales de la sustentabilidad ambiental (Leff, 2004).

La gestión de las diferentes aplicaciones ambientales en la actualidad es variada, pero la gran mayoría requieren de un monitoreo constante para su observación y desarrollo de estrategias que sensibilicen la necesidad de reflexionar y repensar el correcto uso de las tecnologías en el ámbito ambiental y asociarlas en las instituciones educativas en particular creando un conocimiento de sociedad en red.

Se Planteo la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) utilizando las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) para crear pequeños esquemas bajo el concepto de sociedad del conocimiento, haciendo más interactivos los medios tecnológicos, como parte de una instrucción o educación universal hacia la humanización de las sociedades actuales.

Así, este prototipo pretende un cambio de paradigma educativo y abre un diálogo que estimula las nuevas oportunidades que las herramientas de la información y el conocimiento nos brindan creando nuevas experiencias y situaciones, tanto en la vida social, como en la personal y educativa.

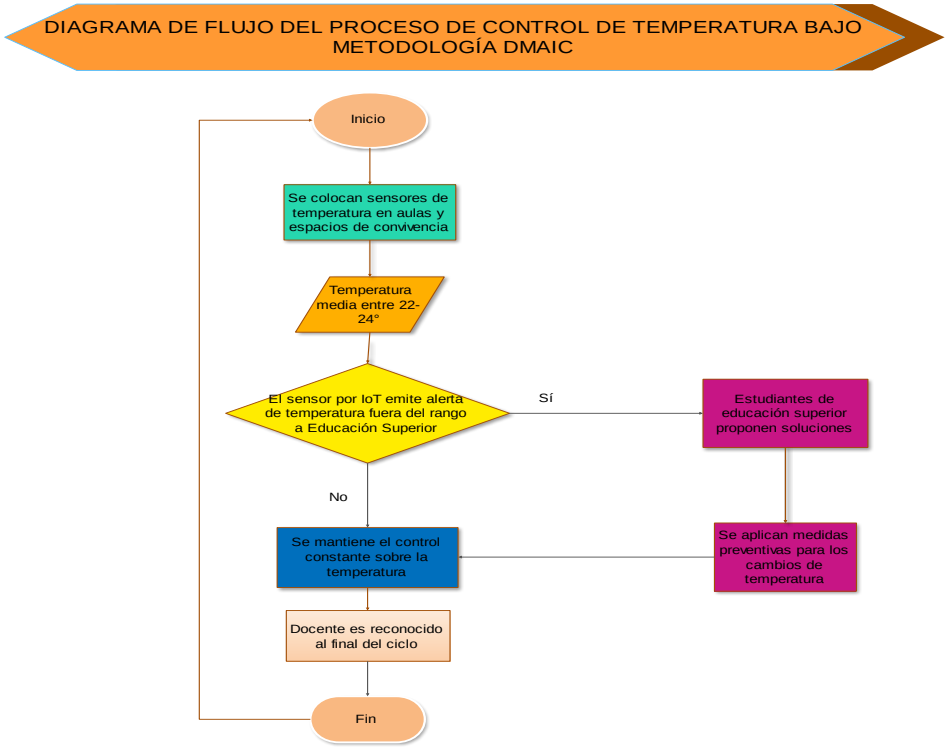


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de monitoreo para el control de temperatura.

Metodología

En la actualidad, el ser humano se enfrenta a diversos retos para la sustentabilidad del medio que lo rodea, producto de la destrucción que sí mismo se ha causado. El modelo de desarrollo económico actual ha traído como consecuencia una serie de problemas ambientales como la pérdida de suelos, de recursos hídricos, contaminación de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, contaminación visual, cambio climático, deforestación y pérdida de la biodiversidad, los cuales han afectado gravemente a los ecosistemas del planeta. De no afrontarse este deterioro a corto plazo, se pueden tener dificultades de escasez de los recursos naturales renovables y no renovables. [Rodríguez y Hernández, 2012]**.**

 ISSN 2007-8102

El descubrimiento y la actualización diaria de las herramientas tecnológicas que se han creado ha dotado al mundo de grandes beneficios para la facilitación de tareas. La tecnología se ha instalado en nuestras vidas, es algo que todos de una forma u otra hemos ido asumiendo, cada uno en función a sus necesidades.
Por lo tanto, el manejo de la tecnología para los profesionales de distintos ámbitos del conocimiento, hombres y mujeres que se preocupan por un correcto uso de las tecnologías, dentro y fuera del sistema de Educación Superior, de edades muy diferentes, desde alumnos recién egresados hasta profesores eméritos universitarios. Independientemente de todas estas variables, las tecnologías forman parte de sus vidas, ya sea para aprender o para enseñar, desde lo presencial o en la distancia.

Es por esto que ahora es el momento ideal de hacer uso de la tecnología y pensar cómo se puede mejorar a nivel macro el entorno que lo rodea, promoviendo que involucre a la sociedad en general, desde los más pequeños hasta las personas más adultas que deben ser los más responsables en promover la sustentabilidad del medio ambiente; facilitando todo con ayuda de las TIC'S con las que ahora se cuentan buscando el bienestar de la población y la sostenibilidad del medio ambiente, lo que en automático a su vez, lleva a que si se logra esta fusión de tecnología en apoyo del medio, se puede lograr el concepto de ciudades inteligentes, que es uno de los objetivos que se tienen en distintas partes del mundo.

Desarrollo de metodología:

Basándonos en el entorno trabajado se llevó a cabo un análisis de las posibles variables a observar y manipular para así generar el sistema de monitoreo de este, siendo los sensores ambientales más idóneos los de humedad, temperatura y presión. El funcionamiento del sistema se basa los elementos de la figura 2

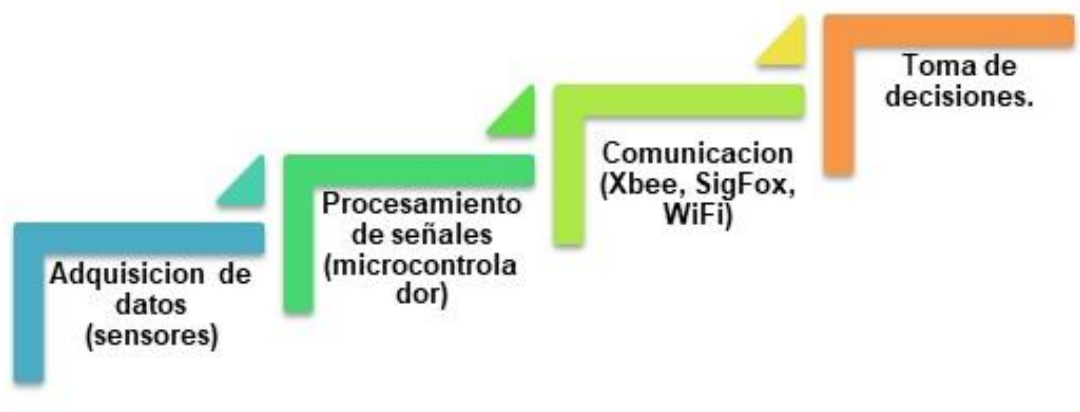


Figura 2. Diagrama del proceso del monitoreo de los sensores ambientales.

Adquisición de datos(sensores):

El sensor a implementar fue el DHT22 que es un sensor de temperatura y humedad para el censado de este dato se requirió del diseño de la placa de la figura 3, dicha tarjeta está conformada por los sensores que se enlazara la tarjeta principal como son el caso de la IMU GY-86 que nos proporcionara el dato de presión, y el DHT22 entre otros fue diseñada para una óptima adquisición de datos con un consumo muy mínimo de energía.

ISSN 2007-8102

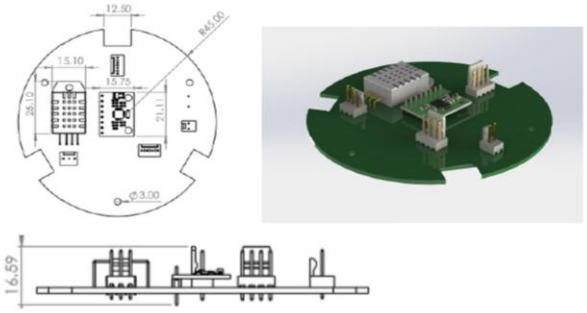


Figura 3. Diseños de la placa implementada para la adquisición de los datos de temperatura, humedad y presión con los sensores DHT22 Y IMU GY-86

Procesamiento de señales y comunicación:

Todo el procesamiento de la adquisición de los datos se llevó por medio de una placa propiamente diseñada, dicha placa es un hibrido que se compone de un microcontrolador compuesto esencialmente por un Atmega 2560, un módulo XBee, un módulo SigFox. En la figura 4 se muestra el diseño de la placa.

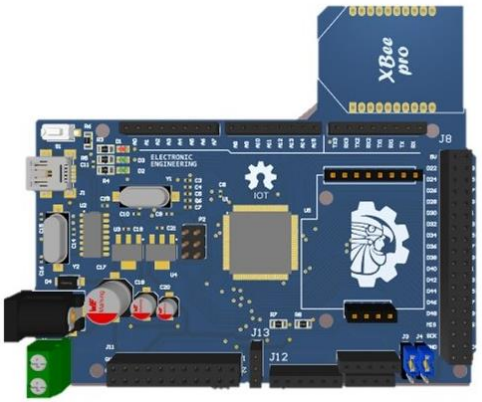


Figura 4. Placa de comunicación con Microcontrolador Atmega 2560 con interfaces SigFox y radio XBee S2

Para entender el funcionamiento de la placa mostrada en la figura 4 procederemos a explicar cada uno de los conceptos antes mencionados. La placa diseñada es la implementación de la famosa IoT. The Internet of Things (IoT) es un paradigma de comunicación reciente que visualiza un futuro cercano, en el que los objetos de la vida cotidiana estarán equipados con microcontroladores, transceptores para comunicación digital y pilas de protocolos adecuadas que les permitirán comunicarse entre sí. y con los usuarios, convirtiéndose en una parte integral de Internet. El concepto de IoT, por lo tanto, tiene como objetivo hacer que Internet sea aún más inmersiva y dominante. Además, al permitir un fácil acceso e interacción con una amplia variedad de dispositivosni como, por ejemplo, electrodomésticos, cámaras de vigilancia, sensores de monitoreo, actuadores, pantallas, vehículos, etc., IoT fomentará el desarrollo de una serie de aplicaciones que utilizan la cantidad y variedad potencialmente enorme de datos generados por dichos objetos para proporcionar nuevos servicios a ciudadanos, empresas y administraciones públicas. (Zanella, Bui, Castellani, Vangelista, & Zorzi, 2014).

El microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo. (MCI electronics, s.f.).

ISSN 2007-8102

La telemetría de la placa antes mencionada se lleva acabo por medio del módulo XBee y SigFox. La XBee de acuerdo a Digi, los módulos XBee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBee es propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBee son módulos inalámbricos fáciles de usar. (XBee.cl, s.f.).

Las aplicaciones de IoT tienen requisitos específicos como largo alcance, baja velocidad de datos, bajo consumo de energía y rentabilidad. Las tecnologías de radio de corto alcance ampliamente utilizadas (por ejemplo, ZigBee, Bluetooth) no están adaptadas para escenarios que requieren mucho tiempo gama. Soluciones basadas en comunicaciones celulares.(p. ej., 2G, 3G y 4G) pueden proporcionar una mayor cobertura, pero consumen una energía excesiva del dispositivo. Por lo tanto, los requisitos de las aplicaciones IoT han impulsado el surgimiento de una nueva tecnología de comunicación inalámbrica: la red de área amplia de baja potencia (LPWAN). Las redes LPWAN está ganando cada vez más popularidad en las comunidades industriales y de investigación debido a sus características de comunicación de bajo consumo, largo alcance y bajo costo. Proporciona comunicación de largo alcance hasta 10–40 km en zonas rurales y 1–5 km en zonas urbanas. Además, es altamente eficiente desde el punto de vista energético (es decir, más de 10 años de duración de la batería) (Kais Mekki, 2019).

Con relación a lo antes mencionado es que se decidió incorporar esta tecnología al proyecto para así tener un sistema de monitoreo de los sensores ambientales más optimo y como logramos esto con la ayuda de la XBee obtenemos los datos y los almacenamos de manera local y por otro lado con la ayuda de la red SigFox almacénanos la información en una red privada

Resultados y discusión

Implementación del sistema:

Para la aplicación del sistema de monitoreo diseñado, fue requerida una serie de pasos, los cuales mostraremos a continuación.

Desarrollo de las placas:

El diseño y la estructura de las placas fue desarrollado en SolidWorks, este software permite simular esfuerzos mecánicos con diversos tipos de materiales. Para el diseño de la parte electrónica del sistema se utilizó PCB con acabado tipo HASL. La ventaja de esto es que se evita la corrosión del cobre, tiene una excelente soldabilidad, permite períodos de procesado muy largos, permite múltiples ciclos de soldadura y es relativamente económico. En la figura 5 se muestra el diseño de la placa en PCB.

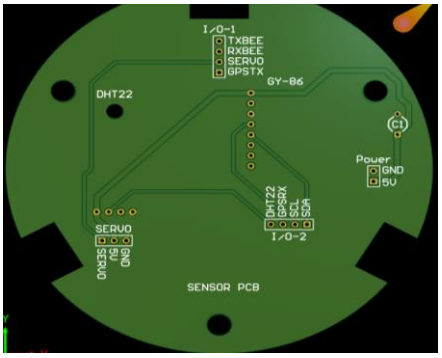


Figura 5. Diseño en PCB

ISSN 2007-8102

En la figura 6 se muestra el diagrama de la placa en PCB con los componentes (sensores) utilizados, estos sensores fueron elegidos para poder realizar el censado de la temperatura, presión y humedad. El control fue realizado por un microcontrolador, este microcontrolador envía los datos con un protocolo serial al circuito de envió (XBee Pro S2). Y a su vez manda los datos a la red SigFox.

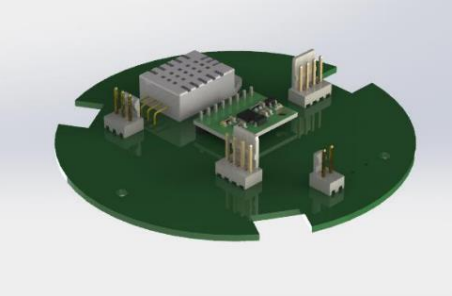


Figura 6. PCB ensamblado

Para el Analís de los datos de manera local por medio de la XBee se desarrolló utilizando la interfaz USB a Serial basado en XBee con USB. Dicho elemento estaba enlazado a la PC por medio del Software que se diseñó, en el programa se observa por medio de graficas el comportamiento de los sensores ambientales seleccionados para el proyecto, todos estos datos fueron almacenados en un archivo con extensión (.xls) perteneciente a Excel. En la figura 7 se muestra la arquitectura del sistema.



Figura 7. Arquitectura del sistema

Resultados obtenidos:

Tabla 1. Tiempo, presión, temperatura y humedad de las primeras muestras tomadas de la plataforma de sigfox bajo la metodología DMAIC enfocadas hacia la educación ambiental de ciudades inteligentes en escuelas urbanas

TIEMPO	PRESION	TEMPERATURA	HUMEDAD
0.160793	740.80	38.6	20.3
0.402588	741.36	38.7	20.3
0.654399	741.92	38.7	20.3
0.915269	742.47	38.7	20.3
1.176139	743.03	38.7	20.3
1.437008	743.59	38.7	20.3
1.697878	744.15	38.7	20.3
1.958747	744.71	38.7	20.3
2.219617	745.27	38.7	20.3
2.482463	745.82	37.7	20.3
2.75519	746.38	37.7	20.3
3.027917	746.94	37.7	20.3
3.300644	747.50	37.7	20.3
3.573372	748.06	37.7	20.3
3.846099	748.62	37.7	20.3
4.118826	749.17	37.7	20.3

ISSN 2007-8102

4.391554	749.73	37.7	20.3
4.664281	750.29	37.7	20.3
4.937008	750.85	37.7	20.3
5.175399	751.41	37.7	20.3
5.441782	751.96	37.7	20.3
5.708165	752.52	37.7	20.3
5.974548	753.08	37.7	20.3
6.240932	753.64	37.7	20.3
6.507315	754.20	37.7	20.3
6.773698	754.76	37.7	20.3
7.040081	755.31	37.7	20.3
7.306464	755.87	37.7	20.3
7.572847	756.43	37.7	20.3
7.839230	756.99	37.7	20.3
8.105613	757.55	37.7	20.3
8.371996	758.11	37.7	20.3
8.638380	758.66	37.7	20.3
8.904763	759.22	37.7	20.3
9.171146	759.78	37.7	20.3
9.437529	760.34	37.7	20.3
9.703912	760.90	37.7	20.3
9.970295	761.45	37.7	20.3
10.236678	762.01	37.7	20.3
10.503061	762.57	37.7	20.3
10.769444	763.13	37.7	20.3
11.035828	763.69	37.7	20.3
11.302211	764.25	37.7	20.3
11.568594	764.80	37.7	20.3
11.834977	765.36	37.7	20.3
12.101360	765.92	37.7	20.3
12.367743	766.48	37.7	20.3
12.634126	767.04	37.7	20.3
12.900509	767.60	37.7	20.3
13.166892	768.15	37.7	20.3
13.433276	768.71	37.7	20.3
13.699659	769.27	37.7	20.3
13.966042	769.83	37.7	20.3
14.232425	770.39	37.7	20.3
14.498808	770.94	37.7	20.3
14.765191	771.50	37.7	20.3
15.031574	772.06	37.7	20.3
15.297957	772.62	37.7	20.3
15.564340	773.18	37.7	20.3
15.830724	773.74	37.7	20.3
16.097107	774.29	37.7	20.3
16.363490	774.85	37.7	20.3
16.629873	775.41	37.7	20.3
16.896256	775.97	37.7	20.3
17.162639	776.53	37.7	20.3
17.429022	777.09	37.7	20.3
17.695405	777.64	37.7	20.3
17.961788	778.20	37.7	20.3
18.228172	778.76	37.7	20.3

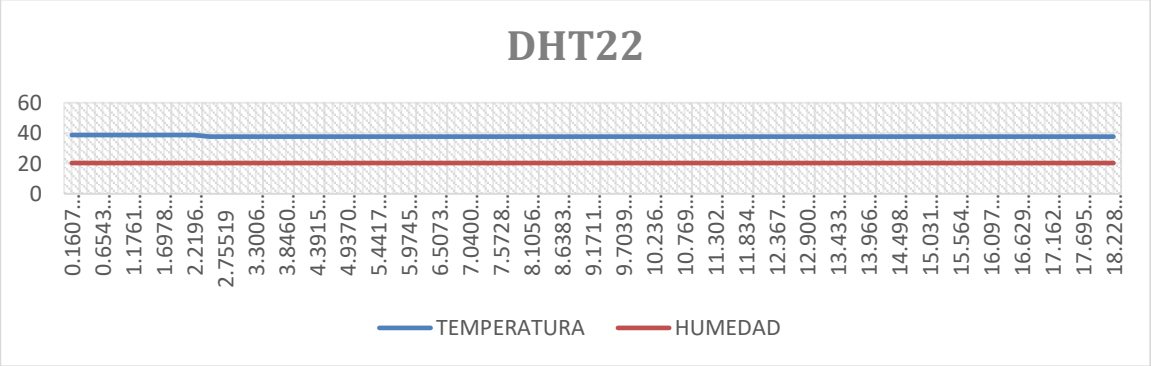


Figura 8. Grafica de valores de los diferentes sensores ubicados en la institución

ISSN 2007-8102

Trabajo a futuro

Proveer acceso remoto en escuelas de zonas urbanas para determinar a través de sensores y machine learning el comportamiento de herramienta de apoyo a la toma de decisiones para la selección de planes de ordenamiento territorial para la educación ambiental.

Conclusiones

A través de la metodología DMAIC se clasifico los procesos tecnológicos en cuanto aquellas características que influirán en el desarrollo de la toma de decisiones de la educación ambiental en las instituciones de zonas urbanas, a partir de los datos que se proporcionan en la etapa inicial. Se logró determinar las variables disponibles en el estudio de los factores que más influyen en los resultados finales del control de las variables críticas a través de TIC´S y formar grupos homogéneos con factores basados en las variables que más influyen en la sociedad.

Se diseñó un mecanismo de clasificación para los nuevos estudiantes que arriban a las zonas urbanas. La metodología planteada puede ser empleada para diagnosticar el comportamiento de las zonas urbanas, pues permite determinar a qué tipo preestablecido de educación ambiental pertenece en cuanto a sus características iníciales en función de las variables del entorno que lo rodea.

Las ciudades enfrentan grandes desafíos debido a la presión económica, ambiental y la urbanización. Las ciudades inteligentes usan el poder de redes integradas, sensores inalámbricos y sistemas inteligentes de administración para resolver los desafíos del presente y el futuro. A través de la concientización de la sociedad a través de la tecnología educativa para el 2020, se espera que estén funcionando más de 28 000 millones de dispositivos IoT. Previendo este crecimiento explosivo, el éxito depende de la capacidad de las organizaciones de transformar las operaciones y la infraestructura TI mediante iniciativas de preparación para el Internet de las cosas.

Referencias

1. Rodríguez E.A. y Hernández F.A.(2012).Educación ambiental escolar y comunitaria en el nivel medio superior, Puebla-Tlaxcala, México. Revista mexicana de investigación educativa, 17(55), 1173-1199.http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66201200400008&lng=es&tlng=es
2. Andrea Zanella ; Nicola Bui ; Angelo Castellani ; Lorenzo Vangelista ; Michele Zorzi (2014), Internet of Things for Smart Cities, IEEE Internet of Things Journal , Volume: 1 , Issue: 1, 22 – 32. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6740844/authors
3. MCI electronics. (s.f.). Obtenido de MCI electronics: http://arduino.cl/arduino-mega-2560/
4. XBee.cl. (s.f.). Obtenido de XBee.cl: https://xbee.cl/que-es-xbee/
5. Kais Mekki, E. B. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. ICT Express, 1-7., https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959517302953
6. Leff, E. (2004). Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder. México DF: Siglo XXI.